



ВИБРАНІ НАУКОВІ ПРАЦІ
АКАДЕМІКА
В. І. ВЕРНАДСЬКОГО

ТОМ 4
ГЕОХІМІЯ ЖИВОЇ РЕЧОВИНИ

Книга 2

*До 150-річчя від дня народження видатного вченого
і мислителя, організатора науки, першого
Президента Української академії наук, академіка
Володимира Івановича Вернадського
(1863–1945)*

*К 150-летию со дня рождения выдающегося ученого
и мыслителя, организатора науки, первого
Президента Украинской академии наук, академика
Владимира Ивановича Вернадского
(1863–1945)*

*Dedicated to the 150th anniversary of the outstanding
scientist, philosopher, institutor of science, first
President of the Ukrainian Academy of Sciences,
Academician Volodymyr Ivanovych Vernadsky
(1863–1945)*



КОМІСІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
З НАУКОВОЇ СПАДЩИНИ АКАДЕМІКА В.І. ВЕРНАДСЬКОГО

КОМИССИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ
ПО НАУЧНОМУ НАСЛЕДИЮ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE COMMITTEE
FOR SCIENTIFIC HERITAGE OF ACADEMICIAN V.I. VERANDSKY

СЕРІЯ «ВИБРАНІ НАУКОВІ ПРАЦІ АКАДЕМІКА В.І. ВЕРНАДСЬКОГО»

Редакційна рада:

Б.Є. Патон, академік НАН України (*голова*); А.Г. Загородній, академік НАН України (*заступник голови*); М.В. Багров, академік НАН України; С.В. Волков, академік НАН України; В.В. Гончарук, академік НАН України; С.В. Комісаренко, академік НАН України; В.В. Моргун, академік НАН України; О.С. Онищенко, академік НАН України; М.В. Попович, академік НАН України; К.М. Ситник, академік НАН України; В.М. Шестоपालов, академік НАН України; Я.С. Яцків, академік НАН України; І.Г. Ємельянов, член-кореспондент НАН України; О.М. Пономаренко, член-кореспондент НАН України; В.О. Ємельянов, доктор геолого-мінералогічних наук; М.В. Сидоренко, кандидат медичних наук; Ф.Н. Пацюк, кандидат хімічних наук; І.Г. Сидоренко, кандидат хімічних наук (*секретар*)

СЕРИЯ «ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО»

Редакционный совет:

Б.Е. Патон, академик НАН Украины (*председатель*); А.Г. Загородний (*заместитель председателя*); Н.В. Багров, академик НАН Украины; С.В. Волков, академик НАН Украины; В.В. Гончарук, академик НАН Украины; С.В. Комиссаренко, академик НАН Украины; В.В. Моргун, академик НАН Украины; А.С. Онищенко, академик НАН Украины; М.В. Попович, академик НАН Украины; К.М. Сытник, академик НАН Украины; В.М. Шестоपालов, академик НАН Украины; Я.С. Яцкив, академик НАН Украины; И.Г. Емельянов, член-корреспондент НАН Украины; А.Н. Пономаренко, член-корреспондент НАН Украины; В.А. Емельянов, доктор геолого-минералогических наук; М.В. Сидоренко, кандидат медицинских наук; Ф.Н. Пацюк, кандидат химических наук; И.Г. Сидоренко, кандидат химических наук (*секретарь*)

SERIES «SELECTED SCIENTIFIC WORKS OF ACADEMICIAN V.I. VERNADSKY»

Editorial Board:

B.Ye. Paton, Academician of the NAS of Ukraine (*head*); A.H. Zahorodniy, Academician of the NAS of Ukraine (*deputy head*); M.V. Bahrov, Academician of the NAS of Ukraine; S.V. Volkov, academician of the NAS of Ukraine; V.V. Honcharuk, Academician of the NAS of Ukraine; S.V. Komisarenko, Academician of the NAS of Ukraine; V.V. Morhun, Academician of the NAS of Ukraine; O.S. Onyshchenko, Academician of the NAS of Ukraine; M.V. Popovych, Academician of the NAS of Ukraine; K.M. Sytnyk, Academician of the NAS of Ukraine; V.M. Shestopalov, Academician of the NAS of Ukraine; Ya.S. Yatskiy, Academician of the NAS of Ukraine; I.H. Yemelianov, Corresponding member of the NAS of Ukraine; O.M. Ponomarenko, Corresponding member of the NAS of Ukraine; V.O. Yemeliyanov, Doctor of geological and mineralogical sciences; M.V. Sydorenko, Candidate of medical sciences; F.N. Patsyuk, Candidate of chemical sciences; I.H. Sydorenko, Candidate of chemical sciences (*secretary*)

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
КОМІСІЯ З НАУКОВОЇ СПАДЩИНИ АКАДЕМІКА В.І. ВЕРНАДСЬКОГО
ІНСТИТУТ ЗООЛОГІЇ ІМ. І. І. ШМАЛЬГАУЗЕНА
ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**ВИБРАНІ НАУКОВІ ПРАЦІ
АКАДЕМІКА В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Т о м 4

ГЕОХІМІЯ ЖИВОЇ РЕЧОВИНИ

К н и г а 2

КИЇВ – 2012

УДК 550.4: 577.1 Вернадський. В. І.

ББК 26.30

26.30 - Геохімія

Володимир Іванович Вернадський. Геохімія живої речовини. Т. 4: кн. 2 / НАН України, Комісія НАН України з наук спадщини акад. В.І. Вернадського, Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України; ред. кол.: Е.В. Собонович (голова), І.А. Акімов, Голубець М. А. [та ін]; уклад.: І. А. Акімов, В.О. Харченко, В. В. Долін [та ін.]. — К., 2012. — 582 с. — (Вибрані наук. пр. акад. В.І. Вернадського, т. 4).

Видання є четвертим томом ювілейної серії «Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського», ініційованої Національною академією наук України та присвяченої 150-річчю від дня народження вченого. Четвертий том серії — «Геохімія живої речовини», в якому вперше об'єднані роботи В.І. Вернадського про біосферу та живу речовину, як предмети біогеохімічних досліджень, представлений в двох книгах.

У другій книзі четвертого тому продовжено публікацію робіт В.І. Вернадського про біосферу та живу речовину, а також включені коментарі ряду членів редакційної колегії тому.

Редакційна колегія тому

Е.В. Собонович, академік НАН України; (голова); І.А. Акімов, член-кореспондент НАН України;
А. М. Голубець, академік НАН України; Д. М. Гродзинський, академік НАН України;
Ю. П. Зайцев, академік НАН України; Г. Г. Полікарпов, академік НАН України;
В. Д. Романенко, академік НАН України; К. М. Ситник, академік НАН України; Я. П. Дідух,
член-кореспондент НАН України; В. М. Єгоров, член-кореспондент НАН України;
І. Г. Смельянов, член-кореспондент НАН України; А.П. Травлев,
член-кореспондент НАН України; Г. Є. Шульман, член кореспондент НАН України;
І. В. Довгаль, доктор біологічних наук; В.В. Долін, доктор геологічних наук,
С. В. Межжерін, доктор біологічних наук; О. О. Протасов, доктор біологічних наук;
В. О. Харченко, доктор габілітований

Автори-укладачі

І.А. Акімов, В. О. Харченко, В.В. Долін, Г. Г. Полікарпов, І. В. Довгаль,
О. О. Протасов, В. М. Єгоров, С. В. Межжерін

ISBN 978-966-02-6469-4 (Т. 4)
ISBN 978-966-02-6471-7 (кн. 2)

© Автори-укладачі, 2012
© Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена
НАН України, 2012
© Державна установа «Інститут геохімії
нарколішнього середовища НАН України», 2012

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
КОМИССИЯ ПО НАУЧНОМУ НАСЛЕДИЮ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ ИМ. И. И. ШМАЛЬГАУЗЕНА
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО**

Т о м 4

ГЕОХИМИЯ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

К н и г а 2

КИЕВ – 2012

УДК 550.4: 577.1 Вернадский В.И.

ББК 26.30

26.30 - Геохимия

Владимир Иванович Вернадский. Геохимия живого вещества. Т. 4: кн. 2 / НАН Украины, Комис. НАН Украины по науч. наследию акад. В.И. Вернадского, Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины; ред. кол.: Э.В. Собонович (председатель), И.А. Акимов, М. А. Голубец [и др.]; сост.: И. А. Акимов, В.А. Харченко, В. В. Долин [и др.]. — К., 2012. — 582 с. — (Избранные науч. тр. акад. В.И. Вернадского, т. 4).

Издание является четвертым томом юбилейной серии «Избранные научные труды академика В.И. Вернадского», инициированной Национальной академией наук Украины и посвященной 150-летию со дня рождения ученого. Четвертый том серии — «Геохимия живого вещества», в котором впервые объединены работы В.И. Вернадского о биосфере и живом веществе, как предмете биогеохимических исследований, представлен в двух книгах.

Во второй книге четвертого тома продолжена публикацию работ В.И. Вернадского о биосфере и живом веществе, а также включены комментарии ряда членов редакционной коллегии тома.

Редакционная коллегия тома

Э.В. Собонович, академик НАН Украины (председатель);

И.А. Акимов, член-корреспондент НАН Украины; А. М. Голубец, академик НАН Украины;
Д. М. Гродзинский, академик НАН Украины; Ю. П. Зайцев, академик НАН Украины;
Г. Г. Полицарпов, академик НАН Украины; В. Д. Романенко, академик НАН Украины;
К. М. Сытник, академик НАН Украины; Я. П. Дидух, член-корреспондент НАН Украины;
В. Н. Егоров, член-корреспондент НАН Украины; И. Г. Емельянов, член-корреспондент НАН Украины;
А. П. Травлев, член-корреспондент НАН Украины; Г. Е. Шульман, член корреспондент НАН Украины;
И. В. Довгаль, доктор биологических наук; В. В. Долин, доктор геологических наук,
С. В. Межжерин, доктор биологических наук; А.А.Протасов, доктор биологических наук;
В. А. Харченко, доктор хабилитованный

Авторы-составители

И.А. Акимов, В. А. Харченко, В.В. Долин, Г. Г. Полицарпов И. В. Довгаль,
А. А. Протасов, В. Н. Егоров, С. В. Межжерин

ISBN 978-966-02-6469-4 (Т. 4)
ISBN 978-966-02-6471-7 (кн. 2)

© Авторы-составители, 2012

© Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена
НАН Украины, 2012

© Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», 2012

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
COMMITTEE FOR SCIENTIFIC HERITAGE OF ACADEMICIAN V.I. VERANDSKY
I.I. SCHMALHAUZEN INSITUTE OF ZOOLOGY
INSITUTE OF ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY

**SELECTED SCIENTIFIC WORKS
OF ACADEMICIAN V.I. VERNADSKY**

V o l u m e 4

GEOCHEMISTRY OF LIVING MATTER

B o o k 2

KYIV – 2012

UDK 550.4: 577.1 Вернадский В.И.

ББК 26.30

26.30 - Геохимия

Volodymyr Ivanovych Vernadsky. Geochemistry of living matter. T. 4: Book. 2 / National Academy of Sciences of Ukraine, Commissions on heritage of academic V.I. Vernadsky, Schmalhausen Institute of Zoology NAS of Ukraine, Institute of Environmental Geochemistry NAS of Ukraine; editorial board: E.V. Sobotovych (Chairman), I.A. Akimov, M.A. Holubets [et al.]; compiled by I.A. Akimov, V.A. Kharchenko, V.V. Dolin [et al.]. — К., 2012. — 582 p. — (Selected scientific works of academic V.I. Vernadsky).

This publication is the forth volume of anniversary series “Selected scientific work of academician V.I. Vernadsky» initiated by the National Academy of Sciences of Ukraine and dedicated to the 150th anniversary of the scientist. The forth volume of the series – “Geochemistry of Living Matter” – is the first joint collection of the Vernadsky’s works on biosphere and living matter as the subject of biogeochemical studies is presented in two books.

In the second book of the forth volume, Vernadsky’s works on biosphere and living matter dealt with the study of chemistry of life and the definition of geochemical energy of living organisms are collected and comments of some members of editorial board for the volume are published.

Editorial board for the volume

E. V. Sobotovich, Academician of the NAS of Ukraine (Chairman);

I. A. Akimov, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; M. A. Holubets, Academician of the NAS of Ukraine; D. M. Grodzinsky, Academician of the NAS of Ukraine; Yu. P. Zaitsev, Academician of the NAS of Ukraine; G. G. Polikarpov, Academician of the NAS of Ukraine; V. D. Romanenko, Academician of the NAS of Ukraine; K. M. Sytnik, Academician of the NAS of Ukraine; Y.P. Didukh, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; V. N. Egorov, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; I. G. Emelianov, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; A. P. Travleev, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; G. Ye. Shulman, Corresponding Member of the NAS of Ukraine; I. V. Dovgal, Doctor of Biological Sciences; V. V. Dolin, Doctor of Geological Sciences; S. V. Mezhzherin, Doctor of Biological Sciences; A. A. Protasov, Doctor of Biological Sciences; V. A. Kharchenko, Doctor Habilitate

Authors-compilers

I. A. Akimov, V. A. Kharchenko, V. V. Dolin, G. G. Polikarpov, I. V. Dovgal,
A.A. Protasov, V. N. Egorov, S. V. Mezhzherin

ISBN 978-966-02-6469-4 (T. 4)
ISBN 978-966-02-6471-7 (book 2)

© Authors-compilers, 2012
© I.I. Schmalhauzen Insitute of Zoology NAS of Ukraine, 2012
© State Insitution «Insitute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine», 2012

ЗМІСТ
(Содержание, Contents)

Живое вещество	11
Два синтеза космоса (вместо введения).....	11
Значение живого вещества.....	19
О живом веществе с геохимической точки зрения.....	50
Начало и вечность жизни	91
Живое и мертвое	160
Живое вещество и особенности его изучения в геохимии	191
Общие соображения об изучении химического состава живых организмов.....	293
Об условиях появления жизни на Земле	318
Океанография и геохимия.....	335
О некоторых основных проблемах биогеохимии.....	358
О правизне и левизне.....	373
О количественном учете химического атомного состава биосферы.....	384
О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы	412
Начало жизни и эволюция видов.....	438
О значении почвенной атмосферы и ее биогенной структуры	445
Биосфера и ноосфера.....	453
О биологическом значении некоторых геохимических проявлений жизни.....	466
Комментарии	473
Г.Г. Поликарпов. Учение академика В.И. Вернадского о живом веществе в биосфере и ноосфере — основа радиозологии, экзобиологии и экоэтики	474
В.Н.Егоров. Учение академика В.И. Вернадского о живом веществе в биосфере и проблема устойчивого развития морских акваторий при антропогенном воздействии загрязняющих веществ.....	490
Г.Е. Шульман. К вопросу о месте видов в биосфере	502
Э.В. Соботович, В.В. Долин. Эволюция биосферы в условиях техногенеза.....	503
Э.В. Соботович, О.Б. Лысенко. Трансформация идей В.И. Вернадского об изменении изотопных смесей при биогеохимических процессах в живом веществе.....	534
И.А. Акимов, А.П. Корж. Оптимизация взаимодействия человека и природы как опреде- ляющая предпосылка дальнейшего существования человечества	538
О.П. Корж. Втрата ємності середовища як основна причина зникнення видів.....	546
А.А. Протасов. Концепции биосферы и живого вещества в приложении к исследованиям жизни в гидросфере	551
И.В. Довгаль. Учение В.И. Вернадского о биосфере и гипотеза геи Дж. Лавлока.....	572

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО¹

ДВА СИНТЕЗА КОСМОСА² (ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ)

*С природой одною он жизнью дышал
Ручья разумел лепетанье,
И говор древесных листов понимал,
И чувствовал трав прозябанье;
Была ему звездная книга ясна,
И с ним говорила морская волна.
Изведен, испытан им весь человек!
Е.А. Баратынский.
На смерть Гете, 1835*

1. *Два синтеза Космоса.* К сожалению, обычно биологи очень мало обращают внимания на явления, связанные с живым веществом, и изучение видовых признаков организмов, выраженных изменением внешней среды, лежит далеко от обычных задач, интересующих современного исследователя. Биологи забывают, что изучаемый ими организм является неразрывной частью земной коры, представляет собой механизм, ее изменяющий, и может быть отделен от нее только в нашей абстракции. Можно получить о нем полное представление только тогда, когда мы при его характеристике к морфологическим или физиологическим свойствам организма присоединим и его геологическое, в частности геохимическое, свойство — изменение его совокупностью химических явлений в биосфере.

Несомненно, просматривая огромный научный материал, сохраненный в архивах науки — прежде всего в биологии, мы найдем не только многочисленные наблюдения, сюда относящиеся, но и многочисленные обобщения. Но наблюдения не систематизированы и не связаны вместе, а обобщения единичны и случайны.

¹ Сборник нескольких незаконченных рукописей В.И. Вернадского, написанных им в начале 20-х годов. Впервые опубликован отдельной книгой «Живое вещество». М.; Л.: Госиздат, 1930. 399 с.; то же. 2-е изд. М.: Наука, 1978. 358 с. Печатается по изданию: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

² Подзаголовок дан редколлегией издания: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

В науке нет до сих пор ясного сознания, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, т.е. планетной, точки зрения, являются проявлением единого процесса.

По условиям научной работы при исторически сложившейся рутине такие обобщения даются и наблюдения отмечаются немногими из тысяч работников биологических наук; они производились и производятся в значительной мере отдельными натуралистами с особыми индивидуальными склонностями. Есть своеобразный склад натуралиста, который ищет синтетического впечатления о Природе, не довольствуется изучением формы или функций организма, а изучает их комплексы.

Можно видеть в представлениях человека о Космосе два синтеза, по существу совершенно разных, находящихся на разных стадиях своего развития и едва ли совместимых между собой.

С одной стороны — отвлеченное представление физика или механика, где все сводится в конце концов на немногие нашими органами чувств и даже нашим сознанием не охватываемые в образной форме представления об эфире, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. В сущности, этот мир Космоса дает нам совершенно чуждое, нас не трогающее впечатление и, очевидно, представляет схему, далекую от действительности даже тогда, когда мы превратим его в своеобразный хаос движущихся без порядка частей, или, наоборот, в своеобразную машину, регулируемую мировым разумом или той или иной формой божества. Эта абстракция является удобной формой научной работы, входит в научное мировоззрение, но не охватывает его всего, не проникает даже все области естествознания, она явно неполна, как неполны по сравнению с природными объектами все отвлеченные и идеальные создания человеческого разума, всегда упрощающие реальные объекты, подлежащие нашему изучению. Эта схема строения Мира слишком рационалистична, проникнута человеческим разумом, подобно религиозным концепциям теологов.

Наряду с этой — физической — картиной Космоса всегда существует другое о нем представление — натуралистическое, неразложимое на геометрические формы, более сложное и более для нас близкое и реальное, которое пока тесно связано не со всем Космосом, но с его частью — с нашей планетой, то представление, какое всякий натуралист, изучающий описательные науки, имеет об окружающей его природе. В это представление всегда входит новый элемент, отсутствующий в построениях космогоний, теоретической физики или механики, — элемент живого. Эти представления о природе не менее научны, чем создания космогоний или теоретической физики и химии, и ближе для многих, хотя они так же неполны, как и геометрические схемы упрощенной мысли физиков, но они менее проникнуты призрачными созданиями человеческого ума и дают нам другие стороны Космоса, оставленные последними вне своих абстрактных построений.

Мы не можем и не должны забывать о существовании этих двух несовместимых представлений о Природе. Наблюдая ход истории научной мысли, необходимо констатировать, что эти два мировоззрения проходят рядом, существуют как-то, не влияя друг на друга, разделяются разными людьми, работающими в значительной

мере независимо друг от друга. Я говорю именно о научных, а не о философских построениях Космоса, которых, может быть, есть и много больше, чем эти два понимания Природы в естествознании. Наблюдая факты истории научной мысли, нельзя не отметить, что ученые, держащиеся натуралистического мировоззрения на Природу, столь же мало в своей научной работе испытывали влияние физического мировоззрения, как мало они испытывали влияние философских упрощений Космоса или мистических о нем представлений вроде сведенборгианства.

И это несмотря на то, что в обычных представлениях, господствующих *tacito consensu* в научном мировоззрении и в культурной среде, именно физическое представление о Море, выраженное в образах математической физики, считается настоящим научным достижением, а натуралистическое миропонимание — более грубым к нему приближением.

С этой точки зрения чрезвычайно интересен и глубоко знаменателен в истории человечества переживаемый нами в XX в. переворот в физических представлениях о Море, создаваемый глубокими проникновениями в окружающее Эйнштейна¹, Минковского² и других искателей, стоящих на почве теории относительности. Несомненно, с принятием представлений о пространстве, времени, тяготении, материи и энергии, отвечающих теории относительности, физическое мировоззрение чрезвычайно приближается к натуралистическому, и мы теперь находимся у предела нового великого синтеза представлений о природе, последствия которого нам сейчас даже трудно учесть при всех условиях нашего проникновения в будущее.

Но сейчас, пока еще идет незаконченная борьба за новый переворот в физическом представлении о Космосе, обычно не учитывается влияние на научную мысль натуралистического представления о Космосе, и главным образом о нашей планете, которое веками было сильно и могущественно в описательном естествознании, хотя оно не вылилось в рационалистические концепции, аналогичные тем, которые со времени Ньютона дали нам в многочисленных образах физики. Оно выражается сейчас в отдельных несвязанных, как будто случайных представлениях и течениях мысли, охватывающих отдельных ученых.

Есть всегда ученые, которые ярко чувствуют и охватывают эту живую, реальную природу нашей планеты, всю проникнутую вечным биением жизни, и для которых это понимание единой Природы является руководящей нитью всей их научной работы. Такие ученые и в тех случаях, когда они сталкиваются с частными отдельными явлениями биологии, ищут более общих их проявлений в едином целом. В частности, исходя из исторически сложившихся привычек работы в биологических науках, они выходят из рутинных рамок и, не ограничиваясь изучением жизни в организме, переходят к изучению ее проявлений в мертвой природе, широко смотрят на задачи биологического исследования, проводя в жизнь то, что логически следует из того понимания живого и жизни, которое сейчас в формулах, но не в научном сознании господствует в науке.

¹ *Einstein A.* Ann. Physique, 1905, v. 17, p. 891-921

² *Minkowski H.* Raum und Zeit. Leipzig, 1908

2. В течение XVIII столетия, когда выросло точное описательное естествознание, и вплоть до нашего времени эта, по существу, случайная, несистематическая работа дала нам ряд наблюдений и данных, осветивших многие стороны влияния жизнедеятельности организмов на окружающую их безжизненную природу. Эти наблюдения только частью сейчас нами признаются, ибо, если всмотреться внимательнее в ту литературу, которую оставили нам отдельные ученые этого типа нередко в дневниках и описаниях путешествий, в популярных статьях, в изложениях своих переживаний, в случайных заметках и добавках к научным работам, вне обычной схемы, мы увидим в ней множество таких данных, рассеянных и никем еще не собранных и потому и не влияющих на нашу научную мысль и на наше научное мировоззрение.

Количество таких наблюдений увеличивается еще тем, что внимание натуралистов обратилось в широкой мере в XIX в. к вопросам социальных сожитий и находжений организмов, когда изучаются их массовые эффекты, причем главным образом выдвинулись вопросы, связанные не с влиянием живых организмов на мертвую окружающую их среду, но с их влиянием на среду живую, на другие организмы. При переходе к таким массовым наблюдениям и в связи с вопросами, занимавшими особенно сильно мысль натуралистов за последние десятилетия, с теорией эволюции видов и их геологической историей обратили на себя внимание явления, связанные с влиянием внешней среды — живой и мертвой — на организмы.

В связи с этим были созданы такие отрасли знания, как география животных и растений или экология растений, невольно направившие мысль натуралистов на влияние жизнедеятельности организмов на окружающую их среду, т.е. на влияние живого на мертвую природу.

В конце концов мы получили в науке ряд наблюдений и достижений, которые указывают на огромное значение организмов в земной коре, в частности в химических ее процессах, и которые давно заслуживают систематической сводки и научной обработки с точки зрения общего проявления свойств живого¹.

Целый ряд таких данных дал нам XVIII в., и в XIX в. они были только расширены. Среди них на первое место должны быть поставлены работы ботаников и химиков над газовым обменом зеленых хлорофилльных растений. Эти исследования имели вообще огромное значение для истории человеческой мысли и вызвали расцвет химии и физики, так как были связаны с открытием газов и их свойств, выяснили природу атмосферы. В конце века около этой проблемы в связи с питанием зеленых растений начались работы Пристли, Лавуазье, Кавендиша, Сенебье, Ингенгауза, де Соссюра. Де Соссюр в начале XIX столетия достиг современного понятия о питании растений. В связи с выяснением питания растений сейчас же

¹ Блестящим доказательством связи организма с окружающей средой является работа А.П. Виноградова «Химический элементарный состав организмов моря» (Труды Биогеохимической лаборатории АН СССР, 1935, вып. III; 1937, вып. IV; 1944, вып. VI). В настоящее время определилось несколько научных направлений, связанных с системой взаимной связи между организмом и окружающей средой, например геохимическая экология (Ковальский В.В. Геохимическая экология. М., «Наука», 1974), геохимия ландшафта (Перельман А.И. Геохимия биосферы, М., Изд-во АН СССР, 1963).

перед человечеством встали во всей силе разница между животными и растениями и тот круговорот вещества, который вызывается на нашей планете их совместным существованием. Эта мысль возникла, по-видимому, независимо у очень многих натуралистов. И уже немедленно после опытов Пристли президент Лондонского Королевского общества шотландский врач Прингл в 1779 г. в речи своей ярко нарисовал ту своеобразную картину равновесия, которая существует между животными и зелеными растениями, но которая, как мы теперь знаем, представляет собой лишь побочный круговой процесс, идущий только за счет части кислорода — «жизненного газа», как называл его Лавуазье, выделяемого зелеными растениями.

Но этот частичный круговорот не позволял химически резко отличать растения и животные. Такие лишенные хлорофилла организмы, как грибы, по своему питанию, поглощению кислорода и выделению только углекислоты оказались аналогичными животным. Центр вопроса находился не здесь, хотя общее положение животных и хлорофилльных растений в геохимической истории Земли было определено правильно. В первой половине XIX в. общая картина явлений, главный круговорот газов на земной поверхности, вызванный жизнедеятельностью земной живой материи, был выяснен многолетними работами Буссенго и Дюма. Один из них резюмировал этот процесс в яркой форме, рассматривая зеленый растительный мир как привеску атмосферы, так как значительная часть тела растений, т.е. живого вещества, создается деятельностью солнечного луча из газов и паров.

Он воспользовался тем же образом, который уже с XVIII в. охватил натуралистов и философов, проникал натурфилософию Шеллинга. Геохимия — в истории газов в земной коре — показывает нам, что это больше, чем красивый образ. Работа здесь далеко не закончена, и осталось еще много неясного. Эти исследования привели к несомненному выводу, что история кислорода на земной поверхности обусловлена в самых основных своих чертах жизнедеятельностью зеленых растений. Мы знаем в земной коре тысячи химических процессов поглощения кислорода, перехода его в связанное состояние в химических соединениях. Их изучила минералогия. Им противостоит единственный из доныне найденных процесс выделения в атмосферу свободного кислорода, производимый хлорофилльными организмами¹. Если бы их не было, то в немногие относительно тысячелетия изменился бы состав нашей атмосферы и остановились бы все те многочисленные минеральные процессы, которые идут в коре выветривания благодаря нахождению в атмосфере и соприкасающихся с ней водах свободного кислорода. Одного этого факта достаточно для того, чтобы понять то огромное значение, какое приобретает живое вещество в геохимических процессах. Но жизнь зеленых растений не отражается только на происходящих в природе круговоротах — O_2 — CO_2 она сказывается в не меньшей степени и на N, Cl, S и других элементах. Биологи и химики выяснили нам во многих основных чертах эту картину и уяснили связь ее не только с жизнью зеленых растений, но и со связанными с ними другими формами живой материи.

¹ В Верхних слоях атмосферы происходит фотодиссоциация воды, но геохимическое значение этого процесса в настоящее время очень невелико по сравнению с фотосинтезом растений.

В конце того же XVIII в. в совершенно другой области знаний стало выясняться значение организмов — уже животных — в строении известковых пород, в геохимической истории углерода, кислорода, кальция, отчасти магния. Во время путешествия Кука на коралловых островах Тихого океана открылась перед человеком лаборатория современного образования известняков в жизнедеятельности мелких морских организмов — Anthozoa, водорослей и т.п., до чрезвычайности поразившая по ее грандиозности воображение натуралистов. Форстер, яркий натуралист, проникнутый тем чувством природы, о котором я раньше говорил, спутник Кука, дал нам впервые картину этого явления, которое, очевидно, было известно давно, но не находило пытливого ума, который мог бы оценить его общее значение в истории мироздания. Почти немедленно после опубликования труда Форстера Моне нашел остатки древних коралловых рифов среди известняков Франции и доказал существование тех же процессов в геологически далекие времена в других местах.

Значение морских организмов — раковин моллюсков — для строения известняка было известно и раньше, и уже Линней за 40 лет до путешествия Кука отразил это в афоризме: *omne calx ex vermibus* — весь известняк из червей, понимая под червями всех беспозвоночных, тогда еще столь мало изученных. Но механизм этого образования был неясен. Его начали выяснять итальянские натуралисты XVIII в., исследователи родного Средиземного моря и его берегов — Дженерили, Марсильи, В. Донати, Бальдассари, Кортезе, Спалланцани и др. Они указали, что условия нахождения ископаемых в известняках и мергелистых породах Италии совершенно отвечают нахождению подобных им организмов в современных отложениях морского дна у берегов Италии, и в частности Адриатического моря, и этим индуктивным путем поставили вне сомнения литогенезис известняков из остатков организмов процессами, которые происходят и ныне на дне моря. Особое значение имело выяснение роли микроскопических организмов. В конце века Беккариа открыл в морской грязи Адриатики целый мир микроскопических корненожек, покрытых известковыми раковинами. Значение этих организмов было выяснено Сольдани (1780), причем Сольдани указал, что ископаемые микроскопические организмы встречаются в породах, отвечающих по структуре современному их отложению на дне глубокого моря вдали от берегов.

Через несколько десятков лет после Беккариа немецкий натуралист Эренберг, человек того же типа охвата Природы как целого, как и Г. Форстер, дал нам полную картину процесса, отрывки которого были давно известны. Занимаясь изучением микроскопических организмов, он выяснил на строении мела и всех известняков роль микроскопических организмов, указанную Беккариа, и развивал идеи Линнея, доказав органическое происхождение ряда железных руд и слоев конкреций кремния и кремнистых сланцев. Им открыт был тот путь исследований, который только теперь начинает систематически обрабатываться. Через почти 50 лет после Эренберга в работах С.Н. Виноградского видим мы дальнейшее яркое нахождение новых путей в этой области. Виноградский открыл организмы (автотрофную живую материю 2-го рода), независимые от энергии Солнца, получающие энергию для жизненных процессов из минералов, и указал на значение

их в истории азота, железа и углерода в земной коре. Область явлений, указанная Виноградским, открывает в геохимии широчайшие горизонты, требующие настойчивой работы и до сих пор едва початые научной мыслью и научным трудом¹.

Третья огромная область участия организмов в геохимических процессах Земли открылась перед нами в истории горючего — углей, торфов, нефти. И в этой области значение растений и животных впервые выяснилось в XVIII в., но общая грандиозная картина неясна нам и до сих пор, так как эти процессы изучались до сих пор вне их связи с общей историей химических элементов в земной коре.

На этом значение процессов жизнедеятельности организмов, выясненных при участии биологов, не кончилось. Мы найдем многочисленные другие указания, например в истории фосфора в роли экскрементов животных (гуано) и их костей, но все это указания случайные. Систематического, полного проникновения в эту область не было сделано, и общая картина нам до сих пор неясна².

Это все части единого космического процесса, идущего в земной коре. Работа над его выявлением необходима, ибо без этого мы напрасно будем подходить к пониманию явлений жизни, великой тайны, веками возбуждающей мысль ученых работников. Современная биология пока бессильна, ибо биологи в своей вековой работе дают нам лишь одну сторону создаваемого в земной коре жизнью, живым веществом великого процесса, другая сторона которого нам известна все еще в несвязанных обрывках.

В XVIII в. изменений, производимых в земной коре организмами, касались геологи, минералоги, физикогеографы. Мы находим их уже в трудах Бюффона, Сведенборга, Валлериуса или Ломоносова, и в яркой форме они проявляются в первых научных сводках геологии у Гоффа, Прево и главным образом Лайеля. Позже эта задача вошла целиком в тот отдел геологии, который получил развитие в динамической геологии. В нем геологи использовали значительную часть указанных достижений биологических наук и прибавили много своих новых наблюдений.

В конце концов в эмпирическом материале, строящем геологию, собрался огромный ряд фактов, выражающих влияние организмов на геологические процессы. Он охватывает целые главы динамической геологии. Но этот материал до сих пор никогда не подвергался влиянию какой бы то ни было обобщающей идеи. В самых лучших сводках динамической геологии, там, где говорится о влиянии организмов на геологические процессы, организмы являются как *deus ex machina*, как что-то стороннее земной коре, с ней не связанное. И только у старых натуралистов, стоявших в стороне от господствующего течения науки, видим мы более правильное понимание связи организмов с геологическими, и в частности с геохимическими, процессами. Но это понимание связывалось с ложными представлениями или получало такие формы проявления, которые противоречили даль-

¹ В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по установлению роли микроорганизмов в образовании и разрушении пород, в образовании ряда рудных процессов.

² Роль организмов в образовании торфов, углей, нефтей теперь достаточно доказана, установлена также роль органического вещества во многих геохимических процессах. (Манская С.М., Дроздова Т.В., Геохимия органического вещества. М., «Наука», 1964).

нейшему ходу развития геологии и потому не только оставались в стороне, но даже дискредитировали ту правильную идею, которая в действительности лежала в основе мысли этих исследователей.

Эти идеи можно проследить далеко в глубь XVIII в. в связи с изречением Линнея: *omne calx ex vermibus*, а вся «глина» из растений. Их ярко, например, выражал Де Малье, несомненно, излагавший воззрения, мало проникавшие в науку, но живые в ученой среде его времени и отражавшие те настроения, под влиянием которых шла научная работа.

Среди таких ученых конца XVIII — начала XIX столетия выделяются два выдающихся крупных исследователя, являвшиеся не только учеными, оставившими след в науке своего времени, но и философами, и характерными яркими личностями. Это были Стеффенс и Ламарк. Работы Ламарка в этой области знаний обратили на себя внимание — его «Гидрогеология» была переведена на немецкий язык, а первая и единственная книга Стеффенса, касавшаяся этих вопросов в 1801 г. и излагавшая его идеи, имела крупный успех. Тем не менее судьба ее была та же, что и трудов Ламарка, который несколько раз возвращался в течение своей долгой жизни к их изложению, Работы обоих исследователей были забыты, ибо их труды были проникнуты фантастическими построениями натурфилософии и научными ошибочными гипотезами. Так, и Ламарк и Стеффенс ввели в изложение своей мысли ложное и странное для нас теперь положение о создании организмами своей жизненной силой химических элементов во время жизненного процесса. Но эта идея была живой в их время. Ее высказывал уже в 1766 г. Валлериус, обобщая мысли Ван Гельмонта и опыты Дюамеля. Она господствовала еще в начале XIX столетия, когда ее систематически обосновал Шрадер (1800). Нельзя забывать, что еще через 60 лет после Ламарка эти вопросы серьезно интересовали ученых. Еще в 1820-х годах такие химики, как Ж. Дюма, а в 1840-х — Тэйлор, тратили силы и время на опровержение гипотезы о создании химических элементов в курином яйце жизненным процессом. Эти гипотезы учитывались в научной литературе как научные достижения. Они были опровергнуты окончательно лишь в 1840-х годах, когда Шпренгель и Либих выяснили значение зольных частей зеленых растений и точно уяснили их происхождение.

Оставив в стороне эти заблуждения Ламарка и Стеффенса, мы найдем в их работах широкий взгляд на живую материю как на основу всех геохимических процессов биосферы и даже более глубинных слоев Земли — метаморфической оболочки (ф. 518, оп. 1, крымский текст, д. 49, л. 81-86).

Складывая проявления всех однородных живых веществ — совокупностей неделимых одного и того же вида для всех видов, мы получим общее проявление организмов в земной коре, то явление, которое сказывается нам в биосфере (ф. 518, оп. 1, крымский текст, д. 49, л. 80).

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЗНАЧЕНИЕ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

Геохимическое изучение живого вещества

3. Подходя к научному изучению природы, мы никогда не должны и не можем забывать, что оно всегда неизбежно связано с практическим значением его в жизни человечества, несмотря на историческую важность постоянно возникающих стремлений противоположного характера, протеста против узкого понимания прикладного значения науки; это является указателем реального хода развития науки. «Наука для науки» так же мало может существовать, как искусство для искусства. Знание искалось и ищется в науке для получения силы, для овладения природой, для практических приложений к жизни. Вся история естествознания и математики насквозь проникнута сознанием могущества, которое приносит человеку знание.

Особенно это должно чувствоваться, когда мы касаемся вопросов геохимии, где культурная жизнь человечества является могучей силой, меняющей химические явления нашей планеты. Очевидно, что изучение хода развития роста геохимического значения человечества должно повести за собой и большее проникновение человека в понимание прикладного характера научной работы.

Как во всех новых научных вопросах и новых отраслях науки, мы далеко не всегда можем заранее уловить, что окажется для человека нужным и важным. Поэтому сейчас можно указать лишь немного, что можно предвидеть в начале работы.

4. Совершенно ясно, что применения геохимического изучения живого вещества могут идти в разных направлениях.

Прежде всего таким применением должно служить использование живого вещества в качестве источника тех или иных необходимых для человека элементов. Этот вопрос являлся предметом обсуждения в связи, например, с изменениями сложившихся экономических соотношений во время мирового потрясения 1914-1920 гг. Таковы вопросы о добыче йода, брома, калия, фосфора и т.д. Из всех этих химических элементов наибольшее значение до сих пор имеет добыча йода из золы некоторых водорослей, которая во многих местностях конкурирует с добычей его из чисто минеральных отложений (из некоторых озер, отложений селитры в Чили). Но и его минеральные отложения генетически связаны с живым веществом, ибо

только одни организмы, по-видимому, собирают йод из его рассеяний: минеральные образования йода с окончательным разрушением живого вещества. Йод добывается из живого вещества, связанного с морем, главным образом из водорослей. Однако весьма вероятно, что и среди морских продуктов могут быть найдены более выгодные его источники (например, губки), то же надо ждать и для наземных организмов. Здесь заслуживают серьезного количественного изучения мхи, грибы и продукты изменения — молодые торфы. Точно так же заслуживает серьезного систематического изучения нахождение калия. Но, помимо этого, изучение и других химических элементов стоит на очереди. Человек захватывает для своих потребностей все элементы. Постепенно количество таких захваченных им элементов все растет. Это правильный путь захвата сил природы и использования ее средств. Очевидно, при геохимическом изучении живого вещества должно такое использование пойти еще энергичнее и правильнее, так как при этом не только улучшается наше понимание распределения и концентрации элементов в земной коре, но и открываются их новые концентрации. Этого можно ждать для Zn, Cu, V, редких земель и, надо думать, для очень редких элементов, вроде галлия или индия.

Другим возможным приложением геохимического изучения элементов является их применение во *врачебных целях*. Сейчас в этой области трудно сказать что-нибудь определенное, но совершенно ясно то огромное значение, какое имеет для врачебных целей использование тех или иных химических соединений элементов или самих элементов ввиду огромного влияния на самые разнообразные проявления жизни. Мы знаем, какое огромное значение приобрели в этом отношении соединения Hg, Bi, As, P, J, Fe, Br и т.п. Еще недавно Кохер указал на важность с этой же медицинской точки зрения кремния и его соединений. Нельзя сомневаться, что человек находится только в начале своих достижений в этой области. А так как геохимическое изучение химических элементов связано с выяснением функции всех элементов более полным и точным, чем мы это знаем сейчас, то, очевидно, в результате такого изучения явятся многочисленные приложения геохимии живого вещества к медицине, гигиене, ветеринарии и к дезинфекционной борьбе с вредителями (каково, например, теперь значение соединений меди в плодоводстве). Уже сейчас геохимическое значение этих применений элементов к жизни огромно и связано с добычей и рассеянием. Очевидно, увеличивая свое знание в этой области и его применение, человек только делает более интенсивной ту самую работу, которая является для него с роковой неизбежностью ходом процессов химии земной коры.

Третьей областью работ этого порядка сейчас становится развитие учения о плодородии со всеми его многочисленными применениями в науках как агрономических, так и зоотехнических. Здесь я хочу лишь отметить этот вопрос, к некоторым сторонам которого я вернусь ниже, в главе о количестве живого вещества в земной коре. Надо иметь в виду, что вся научная постановка вопроса о плодородии, о количестве создаваемого жизненными процессами вещества на данной площади земли может быть правильно поставлена только на почве геохимических явлений. До сих пор этот вопрос ставился только ощупью, в узкой форме, без учета всех элементов создаваемого человеком при этом культурного сгущения. Он

приводил при этом к такого рода обобщениям, в которых играл большую роль очень изменчивый экономический фактор; в числе таких обобщений является так называемый закон о прогрессивном уменьшении плодородия почвы по мере роста техники. Но вопрос о плодородии ставился с узкочеловеческой точки зрения: о получении продуктов, необходимых человеку. Это задача частная. Она может быть правильно поставлена и решена только тогда, когда выяснится основной вопрос: есть ли предел количеству вещества, которое может быть захвачено живой материей и введено ею в состав составляющих ее организмов на определенной площади земли? Чем обусловлен этот предел, если он есть, и как количественно меняется в разных культурных сгущениях и при разных физико-географических условиях? Не связан он с предельной величиной энергии солнечных лучеиспусканий, может ли быть это использование увеличено? Может ли быть, и в какой мере, увеличена полезная для человека часть максимального плодородия земли? Очевидно, при таком изучении плодородия само понятие его меняется, оказывается не связанным с антропоцентрическими представлениями.

Но можно ждать влияния геохимического изучения живого вещества не только в связи с изменением общих представлений о плодородии. Несомненно, это влияние скажется и в отдельных частных вопросах, отчасти уже ныне поднятых. Так, в последнее время подымается вопрос о влиянии на урожайность разных растений следов разных элементов, значение которых связано не с их вхождением в состав живого вещества в качестве частей их тела, а с влиянием их следов в качестве катализаторов. Так, марганец в разведении 1:10 млрд уже явно влияет на урожай *Sterigmacystis*. Прибавляя на десятину небольшие количества таких элементов, можно значительно поднять урожайность того или иного растения. Ибо разные элементы влияют при этом на различные растения. Уже сейчас выяснено такое стимулирующее влияние Zn, Mn, S, Cu, F, Li. Но очевидно, мы находимся здесь при самом начале наших достижений, и, должно быть, человек в конце концов сумеет комбинировать эти свойства для всех элементов и для всех растений. Это может быть достигнуто только тогда, когда связь живого вещества со свойствами элементов будет нами изучена с точки зрения создания живой материи, т.е. с геохимической точки зрения.

Очевидно, могут быть выдвинуты и другие приложения изучения геохимии живого вещества — но те или другие должны быть выдвинуты при самом начале научной работы в этой области, так как они свяжут ее с жизнью и тем самым увеличат интенсивность и мощность работы, привлекут к ней силы и средства (ф. 158, оп. 1, д. 53, л. 55-57).

5. Из этих вопросов (ввиду их значения) я считаю необходимым коснуться двух-трех, хотя мы можем их только поставить, но не решить. Для быстрого улучшения научных знаний о них важно помнить.

Первым вопросом является химический состав *биосферы* и те различия, какие наблюдаются между составом *земной коры* и, в частности, биосферы и составом живого вещества. Как известно, мы довольно точно в общих чертах знаем состав земной коры до глубины 20 км, но при исчислении этого состава не приняты во

внимание те количества химических элементов, которые сосредоточены в организмах, т.е. в живом веществе. При огромном весе слоя земной коры в 20 км, может быть, ошибка от такого исчисления и не будет очень большой, хотя точно мы этого утверждать не можем. Дело меняется, когда мы переходим от земной коры к поверхностной ее пленке — к биосфере. Здесь мы не можем пренебрегать теми количествами химических элементов, которые сосредоточены в живом веществе, и поэтому мы не можем исчислить состав биосферы с той точностью, с какой исчисляем состав всей земной коры до 20 км мощностью. Кларк пытался исчислить средний состав осадочных пород, но от такого исчисления до состава биосферы еще далеко, и числа Кларка, очевидно, дают нам отдаленное понятие о составе биосферы.

Точно так же мало уточнено наше исчисление химического состава *гидросферы*, так как для анализа берется состав морской воды, в значительной мере лишенной организмов, процеженной через фильтры, задерживающие большую часть представителей морской жизни. И очевидно, этот состав неверен.

Для того чтобы определить состав *биосферы* (и гидросферы — ее части), нам необходимо прежде всего знать химический состав проникающего ее живого вещества, т.е. отложить ответ на данный вопрос до систематического подбора правильным образом выбранного для анализа вещества — однородного живого вещества, постоянных и подвижных его сгущений.

Если бы мы знали этот состав и необходимое для этого количество живого вещества в земной коре, мы сразу могли бы охватить весь химический процесс, связанный с жизнью.

Мы скорее догадываемся, чем знаем, что и с химической точки зрения живое вещество производит огромную дифференциацию химических элементов в земной коре. Его состав не может быть равен составу биосферы. Так, например, мы знаем, что отношение Са:Mg в земной коре¹ почти равно 1. В биосфере — в коре выветривания — это отношение, должно быть, сохраняется, хотя во многом для нас явления, здесь наблюдаемые, неясны, и, может быть, Са здесь больше. По отношению к растениям мы теперь из опыта знаем, что оптимальные условия их роста связаны с отношением СаО:MgO, далеким от 1.

Очевидно, то же самое должно проявляться и в природных условиях, и растение не может брать Са:Mg в отношениях, отвечающих тем, которые господствуют в мертвой природе. То же самое мы наблюдаем и для других элементов, и давно уже замечено, что хлорофилльные растения берут из почвы калий в количествах, резко меняющих обычное в литосфере отношение К:Na, близкое к 1. Сложный механизм растения и в других случаях берет элемент из земной коры в иных пропорциях, чем это наблюдается в мертвой природе, причем разные живые вещества относятся к этим процессам различно. Они приспособляют разные элементы для одной и той же цели сообразно своей индивидуальности. Очень резко это видно из следующего примера. Скелетную часть растительного организма, поддерживающую организм, составляя склеренхима, в значительной степени уже мертвая ткань. Среди химиче-

¹ Я беру здесь отношения в земной коре, так как по указанным только что условиям состав биосферы не может быть для нее исходным.

ских элементов, которые растение использует для ее построения, господствующую роль играют Ca и Si. По-видимому, разные живые вещества используют их различно. Так например, в золе коры некоторых растений содержатся:

	Дуб	Hêtre ¹	Слива
CaO	93,46	80,87	44,74
O ₂	0,95	1,48	21,30

К сожалению, в этой интересной области явлений мы почти не имеем исследований и потому в очень смутной форме можем уяснить себе общий геохимический эффект такой избирательной работы живого вещества.

По-видимому, в живом веществе мы видим такой механизм в земной коре, который извлекает из нее и концентрирует некоторые химические элементы, как раз те, которые носят название органогенных, — O, H, N, S, P и т.д. Концентрация водорода, по-видимому, отсутствует для гидросферы.

Другой задачей, связанной с выяснением химического состава живого веществ является определение того значения, какое имеет живое вещество в истории отдельных химических элементов земной коры. Зная процентный состав биосферы земной коры, мы, зная их вес, можем определить вес каждого из сосредоточенных в них химических элементов. Несомненно, например, что для азота огромная часть всего его запаса захватывается живым веществом, находится постоянно в биогеохимическом обмене; вероятно, оно значительно для фосфора и серы. Уже для кислорода и водорода захвачена значительно меньшая их часть по весу. Но вся картина этого явления, очевидно не случайная, может нам выясниться только после того, как будет определен состав живого вещества, и этот состав будет изучен во всей его массе и всех его частностях.

С этой точки зрения чрезвычайно важно проследить историю химических элементов в тех ценобиотических сгущениях и разрежениях, на которые распадается наша биосфера. По-видимому, мы имеем здесь не только морфологически, но и химически различные области. В этих областях идут совершенно закономерные передвижения химических элементов, полностью для нас закрытые вследствие недостатка точных данных. А между тем они постоянно повторяются периодически точно и правильно. Так, при созревании в поле собираются определенные химические элементы — K и P — в зерне и исчезают из листьев; железо и кальций сосредоточиваются в наших лесах в наружных слоях коры и затем с ней рассеиваются в окружающей среде. В лиственных лесах нашей Северной и Средней России ежегодно осенью совершается интересный процесс разделения калия и кальция. Листопад есть выделение кальция, а рядом с этим в многочисленных покрывающих почву и растущих среди гниющей и падающей листвы шляпочных грибах концентрируется живое вещество, не заключающее кальций или содержащее его следы, но богатое калием. В планктоне озер и прудов весной и осенью начинается массовое скопление диатомовых водорослей, т.е. идет сезонное колебание количества кремния.

¹ Бук (франц). — *Ред.*

Таких примеров можно привести множество. Мы их не знаем только потому, что до сих пор мало обращалась мысль исследователей в эти области и нет достаточного количества наблюдений.

6. Несомненно, все эти вопросы имеют не только геохимический, но и биологический интерес.

Но есть такая область вопросов этого рода, в которой биологический интерес стоит на первом месте, и тем не менее данные для его решения — точные химические анализы — не собираются.

Из числа таких вопросов я остановлюсь на одном, который интересует одинаково и биолога и геохимика, — на образовании специальных однородных живых веществ в связи с определенными свойствами химической среды, в которой они живут.

Мы увидим ниже, что для правильного охвата геохимических проблем надо было бы идти дальше вида, принимать во внимание меньше, чем вид или раса, группы организмов. Биологические, экологические и элементарные группы играют огромную роль в геохимической реакции организма, причем для нас исчезает то исключительное значение, которое биолог придает наследственности изменений, важна лишь их неизменность при наличии данных условий.

Образование этих разностей зависит от различных причин как внешней среды, так и внутренних свойств организма, но среди них, несомненно, имеет большее значение и химический состав вида, различный в разных местностях. Едва ли можно сомневаться, что таких указаний немного лишь потому, что явление мало изучено. Ясно, что это явление общее, и не будет ошибочным утверждение, что химический состав таких разностей отличается очень резко от химического состава воды, взятого в целом. Так, например, в старых интересных работах Вебера (1873-1875) над лиственницей и буком приведены данные резкого изменения как количества золы, так и ее состава для этих деревьев, растущих на горах и в низинах, причем ход изменения различен для обоих видов растений. Для лиственницы по мере перехода ее в низины увеличивается количество золы и в ней калия и фосфора. Для бука количество золы при этих условиях тоже возрастает, но калий, сера и фосфор уменьшаются, а кремний и кальций — по крайней мере в листе — увеличиваются. В этих нагорных и равнинных разностях мы видим пример экологических разновидностей, причем геохимически совершенно неважно, что эти различия не передаются наследственно.

Другим, еще более ярким примером может явиться вопрос об образовании новых видов под влиянием химического состава той почвы, в которой живут данные растения. Сейчас мы имеем такие указания для растений, но едва ли можно сомневаться и в значении этого процесса среди насекомых, к объяснению форм которых этот процесс не прилагался. А между тем именно здесь можно ожидать широкого проявления этих взаимосвязей, и, может быть, именно этим объясняется необычайное количество видов этих организмов, превышающее число видов всех других организмов, растительных и животных, вместе взятых.

Среди растений мы имеем случаи образования видов, богатых Mg, Zn, Ca, которые выросли на почвах, богатых этими соединениями, и которые поглощают

эти элементы, вводя их в свой состав. В некоторых случаях удалось вернуть эти виды путем культуры в те, которые являются для них исходными. <...>

Эти немногие примеры невольно заставляют относиться чрезвычайно внимательно к составу золы растений и к химическому характеру биологических видов, разновидностей и т.п. Вид, приспособляющийся к особым химическим условиям среды, всегда меняется морфологически, даже тогда, когда он не сохраняет особые полученные им морфологически отличия путем наследственной передачи.

Становится очень вероятным, что значительная часть видов организмов, в частности растений, являются морфологическими видами, созданными благодаря химическим особенностям той среды, на которой они живут, и того состава, какой они при этом получают (ф. 518, оп. 1, д. 35, л. 33 об.-38).

Космические проблемы в связи с геохимией живого вещества

7. Необходимо остановиться еще на одном вопросе, который недостаточно обращает на себя наше внимание.

Среди множества различных противоречий и несвязностей нашего научного мировоззрения невольно бросается в глаза противоречие между тем значением, какое имеет живое и все с ним связанное, и тем малым и ничтожным его проявлением, какое мы видим в окружающем нас Космосе, как только мы удаляемся в нашем научном его изучении от явлений и процессов, связанных с Землей.

В обычной научной работе и реальном научном мировоззрении, с ней связанном, жизнь является как бы исключительно земным явлением, но с этим не может примириться ни наша научная логика, ни философия, ни религия и поэтическое творчество и вообще искусство, которое так сильно влияет на все построения нашего разума.

И чувство этого противоречия есть явление новое в истории мысли. Его не было раньше, когда, с одной стороны, не было правильного представления о размерах Космоса и Земли, а с другой — не сознавалась резкая грань между живым и мертвым. Только при наличии этих обоих условий, когда размеры Земли и Космоса были узнаны и когда принцип Реди получил свой современный облик, могло оно выявиться в полной своей мере.

И вместе с тем, по-видимому, это впечатление преходяще. При углублении в понятие Вселенной и при охвате жизни в геохимическом масштабе оно заменяется новым представлением, значение и характер которого только сейчас начинают перед нами выясняться, и неясно, к какому новому синтезу оно приведет.

Долгое время — в эпоху эллинской и средневековой цивилизации — земной мир казался слишком великим по сравнению с окружающими его небесными сферами. Земля отождествлялась с центром Вселенной, и небеса были близки к человеку и к жизни. Земля являлась вполне соизмеримой с окружающими ее небесными сферами.

Только отдельные мыслители древности подымались до понимания настоящих размеров Космоса. У пифагорейцев и эпикурейцев могли появляться представления о незначительности жизни в безжизненном Космосе, но эпикурейцы,

учение которых нам более известно, решали эти вопросы в смысле всюдности жизни в мировом пространстве, ибо они не видели резкой разницы между живым и мертвым, подчиняя все единообразным законам атомистического представления о жизни¹ и о гетерогенезе как обычных явлениях в мировой жизни.

Жизнь и сущность человека не резко отходили от остального живого и не вызывали тех смущающих и тревожащих вопросов, какие возникли в христианском мировоззрении в ту эпоху, когда в XVI и XVII столетиях успехи научного знания вновь поставили — уже перед всем человечеством — вопрос о колоссальных размерах и величии Космоса и ничтожности той пылинки, какую в нем представляет наша Земля.

В это время на первое место выдвинулся человек, тогда как все остальное живое отнюдь не отделялось от мертвой материи, было с ней тесно связано. Изменение положения Земли в Космосе резко нарушило сложившееся, связанное с религией и всем укладом жизни вековое мировоззрение. Здесь новые научные достижения вступили в конфликт с религиозными и философскими идеями, тесно связанными с признанием огромного значения сознания, одной из форм жизни во Вселенной. Идеи христианских, мусульманских, иудейских теологов и мыслителей, теснейшим образом связанные с антропоцентрическими представлениями, всеми своими корнями уходили в древние представления о Земле и Космосе как соизмеримых единицах. Ничтожность Земли подрывала все понимание мировой истории и то значение, которое в религии придавалось проявлению божества на Земле. Этим в значительной мере была вызвана та суровая борьба, которую пришлось вынести новой нарождавшейся астрономии и которая привела к трагической кончине Джордано Бруно и тяжелой судьбе Галилея.

Наметившийся в конце XVII в. перелом в представлениях о гетерогенезе, провозглашение принципов Гарвея и Реди поставили в совершенно новую обстановку, уже с научной точки зрения, и вопрос о распространении жизни во Вселенной. Ограничена ли жизнь, резко отделенная в своем происхождении от мертвой материи, живое, всегда возникающее из живого — *omne vivo e vivo*, только нашей Землей, или же она является мировым, вселенским явлением? Не случайно, но в связи с новыми идеями Гарвея и Реди семнадцатый век широко поставил вопрос о нахождении жизни в бесконечных мирах, больших, чем Земля и, может быть, Солнце, которые раскрылись перед человечеством. В 1688 г. вышли в «*Entretiens sur la pluralité des modes*»² очерки ученого секретаря Парижской академии Фонтенеля, своеобразного житейского мудреца того времени и хорошего ученого, которые обратили на себя общее внимание, были переведены на разные языки, переиздавались в течение всего XVIII и даже в начале XIX столетия. Фонтенель проводил в этих очерках идею о тождественности явлений, в том числе и жизни, во всем мироздании. Эта идея была проведена в еще более научной форме глубоким ученым Гюйгенсом в самом конце XVII з. Гюйгенс пытался доказать, что миры должны быть обитаемы и формы жизни должны быть близки во всех проявлениях Мира. Человек, животные и растения должны везде и всюду иметь одни и те же существенные

¹ Здесь начато слово «сущее...» и брошено. Из оставшихся букв вырисовывается как будто слово «жизнь» Ред. живого вещества и биосферы

² Беседы о множественности миров (фр.).

черты. Законы Мира одинаковы — одна и та же геометрия должна господствовать всюду. Высказываемые немногими, эти идеи, несомненно, проникают все научное мировоззрение человека нового времени и получают все большую и большую почву и опору по мере движения и роста нашего научного знания. Идея «вездесущия» жизни проникала философию Лейбница, и едва ли можно сомневаться в том, что через нее она многообразным путем все время сохранялась и жила в той среде, в которой творилась научная работа человечества. В своей «Теодицее» Лейбниц даже пользуется идеей всемирности жизни для того, чтобы оправдать свою веру в отсутствие в Море злого начала. Земная жизнь, по его мнению, не охватывает всей мировой жизни, и, взятые в целом, жизнь и судьба живого не являются столь тяжелыми и печальными, какой казалась столь многим на Земле жизнь человечества.

Идеи XVII столетия о всемирности жизни еще глубже охватили XVIII в., живо заинтересовали умы, могущественным образом отразились на всем мировоззрении. Мы можем различать здесь, особенно к середине века, два течения, во многом противоположные. К этому времени, когда окончательно начало побеждать новое представление о Вселенной и фактически теряли влияние старинные идеи о значении Земли, ярко выдвинулась в общем сознании идея малого значения в Море жизни, живого, тесно связанная с разрушительной критикой основ христианских представлений о Космосе. Для Земли допускались, например в космогонии Бюффона, длинные периоды существования, когда на ней не было жизни. Идею ничтожности по сравнению с огромными безжизненными небесными пространствами развивал Вольтер.

Религиозные мировоззрения всегда — кроме, может быть, некоторых форм буддизма — ставят в центр своего миропонимания человека и проявления жизни. Человек и Земля стоят в центре всякого христианского мировоззрения, — идея о ничтожности Земли и всей жизни подрывала его в самом корне. Но эта идея не являлась в такой форме научным достижением, она была проникнута гипотетическими представлениями, ибо возможно было мыслить об особом значении Земли и человека и при бесконечности Мира. Сюда направилась мысль философов и теологов, она отразилась и на научном мировоззрении, так как могла быть в этой едва затронутой нашей научной мыслью области основываема исключительно на научной почве. Уже в том же конце XVII, начале XVIII столетия мы видим проявление этих идей у Лейбница, а в конце XIX — начале XX в. та же идея особого значения Земли и человека в мироздании обосновывалась — без яркого противоречия с суммой научных знаний — учеными и философами, например А. Уоллесом или Н. Страховым.

Как и надо было ожидать, теснейшим образом связанное с глубочайшими проявлениями человеческого бытия религиозное понимание Мира нашло себе здесь исход и форму выражения и при признании космического ничтожества Земли, жизни, человека.

Но оно удовлетворяло немногих. Наряду с ним получило новые формы и усилилось то настроение неудовлетворенности краткотечностью жизни, которое временами охватывало широкие слои общества и никогда не исчезало у отдельных личностей. И если раньше это чувство, так ярко проникающее Гомера, было связано с краткотечностью земной жизни, которая в своем значении представлялась величайшим благом, в новых настроениях начинает играть роль новое созна-

ние ничтожности этой жизни самой по себе в холодном и бесстрастном космосе. Ярko сказываются эти переживания в различных произведениях художников всех народов нового времени, после нового астрономического представления о Мире — например, в стихотворениях в прозе Тургенева.

Почва для таких настроений особенно упрочилась, когда в конце XVIII столетия, в значительной мере усилиями В. Гершеля и его сестры, К. Гершель, Мир раздвинулся до таких размеров и принял такие формы проявления, которые превысили все представления после времени Галилея. В первой половине XIX в. работами Аргеландера, Бесселя и Струве была создана звездная астрономия и получены первые числовые данные о размерах Вселенной. Казалось, жизнь совершенно исчезла в грандиозной картине развернувшихся космических процессов. Одновременно с этим представлением в том же XVIII в. развилось и другое течение, переносившее жизнь и живое на всю Вселенную. Оно получило разные формы и вначале не имело того глубокого влияния на научное мировоззрение, какое благодаря сложности процесса развития идей получило представление о малом значении жизни и духовного начала в мироздании. Но мне кажется, присматриваясь к истории идей, можно заметить глубокое проникновение этих представлений и увеличение их реального значения в научной мысли. В XVIII в. эти идеи с одной стороны, ярко сказались в спиритуалистической космогонии Свенденборга, связанной с новой попыткой религиозного творчества, а с другой — к концу века привели к гилозоистическим представлениям натурфилософии, в частности к представлению о мировой душе Шеллинга, приведшей в конце концов к чрезвычайной абстракции понятия жизни, лишавшей ее, как указывалось ранее, всякого значения для научной работы.

Но это следствие не было заметно современникам. Шеллинг в этих вопросах вновь восстанавливал мысль Лейбница и, согласно нашим современным научным представлениям, признавал основами понимания Природы единство физических сил и единство жизни. Жизнь есть всеобщее явление, она распространена по всему Миру, она есть «всеобщее дыхание Природы». Это обобщение оказалось бесплодным в науке не потому, что оно было неверно, но потому, что в то время, хотя из него можно было сделать — и были сделаны — все логические выводы, приведшие к чрезвычайному абстрагированию и расширению понятия жизни, в науке не было никаких путей для изучения космических проявлений жизни.

Не имея путей для исследования проявлений жизни в Космосе, натуралисты перестали принимать во внимание ее в нем существование.

К концу XVIII в. в области научных идей стали господствовать представления о безжизненности Космоса. Они получили особое значение благодаря росту значения в научном мировоззрении новых космогоний, широко распространенных в ту эпоху. Новые космогонии были охвачены математическим анализом и механикой и были приведены в связь с теми отраслями научного знания, которые пользовались теми же понятиями. Явления жизни оставались вне этого движения. В связи с этим, стоя в согласии с научными достижениями века, они дали картину Мира, игнорируя существование в Мире жизни и живого. Этим одним научные космогонии очень резко отличаются от более ранних космогоний мифотворческого периода, всегда проникнутых жизнью или пытающихся объяснить ее происхождение. В общем такой характер кос-

могонию сохранила до самого последнего времени даже и космогония Аррениуса, где жизнь принята во внимание. Несомненно, и сейчас есть космогонии иного характера <...> связанные с теистическими представлениями о мироздании (например, космогонии новотомистов и т.п.), но они не влияют на ход научного мышления, хотя иногда и стоят на уровне современного научного знания. Они не меняют общую картину.

Ввиду значения научных космогоний в научном мировоззрении, непрерывно принимавшихся за научные достижения, в науке постепенно зародилось сознание, что малое значение жизни в мироздании является выводом из научных исследований. Нетрудно убедиться, что наука не дает нам ни малейших указаний для подобного рода заключений. Космогонии всегда представляют экстраполяционные формы мышления, ибо из множества происходящих явлений они принимают за существенные и действенные лишь немногие. Из них они строят Мир и делают выводы из комбинации одновременного существования выбранных ими явлений. Если бы они приняли во внимание некоторые из тех явлений, которые ими оставлены в стороне, все выводы, ими достигнутые, получили бы совершенно иную форму и дали бы нам другие представления о Мире. Совершенно ясно, что представления о Мире, в которых отсутствует проявление сил электрических, как это имеет место почти во всех космогониях, не могут давать нам верную картину мироздания. То же надо сказать и о представлениях, в которых отсутствуют проявления жизни и живого. Они не приняты космогониями во внимание не потому, что наука доказала их малое значение в мироздании, а потому, что человеческая мысль не умеет придать им для этого удобную форму изучения, как явлениям электрическим или магнитным.

Наряду с космогониями и связанным с ними научным миропониманием к тому же самому приводит натуралиста и господствующая сейчас форма механистического миропонимания, рассматривающая Вселенную как результат столкновения слепых сил — явлений Случая. Это мировоззрение имеет корни своих представлений более глубокие, чем идеи научных космогоний, — оно основывается на той картине Мира, его материальной пустынности, которая перед нами раскрывается при индуктивном изучении окружающей нас природы.

Недавно, незадолго до своей смерти, ярко выразил эти верования крупный, недостаточно оцененный ученый-мыслитель Н.А. Умов (1846-1915). Я говорю «верования», ибо и это мировоззрение Случая всецело основывается на экстраполяции, подобно тому, что мы указывали как характерную черту всех космогоний. Больше того, подобно космогониям, оно не выходит за пределы нашего современного знания и возможного, нами не предвиденного его расширения в будущем.

Учитывая материальную пустынность Вселенной, Умов (1912) считал, что вся Земля составляет $1/300000$ планетной системы, а вся планетная система материально занимает не более $1/10$ всего планетного пространства, считал, что в этой $1/300000$ планетного пространства жизнь занимает ничтожную долю по весу и по объему. Все остальное пространство безжизненно.

На этом основании он предполагал, что жизнь есть событие Вселенной, имеющее ничтожно малую вероятность возникновения. «В этом мы находим объяснение неуловимости в мертвой материи тех признаков, редким сочетанием кото-

рых творится жизнь». Взятая с точки зрения Космоса, «жизнь вообще, тем более жизнь неделимого, есть *qualité négligeable*. Жизнь есть пасынок Природы».

Это представление существует только при признании проявлений мироздания как простого столкновения однородных и независимых, случайных явлений. Кто может научно утверждать, что такое миропонимание, которое, может быть, можно подвести к научно известному нашего времени, является реальным выражением нас окружающего?

8. Для того чтобы ответить на этот вопрос, надо <...> попытаться — не строя широких теорий и не делая предположений раньше изучения подлежащих наблюдению фактов — попытаться изучить явления космического проявления жизни, если они существуют, так же как мы изучаем ее проявления на Земле.

До последнего времени это сделано не было. Лишь во второй половине XIX в. к вопросу о жизни вне Земли начали подходить в научных изысканиях. Но интерес к нему еще очень слаб, и можно сказать, что весь вопрос почти всецело остается областью, в которой царит философия и примыкающая к ней, не менее чем к науке, научная космогония. В огромном большинстве случаев, когда этого вопроса касаются в науке, мы видим скорее проявление отражений философских или религиозных верований и космогонических достижений, чем результатов точной научной работы. Из философии и из космогоний получают ученые материалы для суждения о жизни вне нашей Земли, и такими элементами проникнуто научное мировоззрение.

Мы имеем лишь в двух областях знания сейчас попытки научной работы в этой области, независимые от философских или космогонических воззрений. Одна связана с энергетикой живого вещества, другая с планетологией.

При изучении планет встретились на Марсе с явлениями, для объяснения которых, помимо каких бы то ни было философских или религиозных воззрений, возникало представление, как научная гипотеза, о существовании жизни на Марсе. Эти явления главным образом связаны с нахождением на Марсе атмосферы, содержащей пары воды, и с изменением облика его поверхности в зависимости от положения его по отношению к Солнцу, указывающее на таяние и выпадение снега¹. Впервые в 1867 г. Гюйгенс наблюдал в атмосфере Марса спектральные линии воды, и эти работы были подтверждены Жансеном и Фогелем. Фогель указал, что атмосфера Марса схожа с атмосферой Земли и богата водой². Но все эти наблюдения получили значение только после работ Скиапарелли (1870-1880), объяснивших изменение вида околополярных стран Марса в разные времена года выпадением и таянием снега. Наблюдения Скиапарелли обратили внимание на каналы Марса, открытые впервые Доусом в 1864 г., и в связи с ними подняли вопрос о существовании на Марсе организмов, одаренных разумом и способных производить гидротехнические работы. Под влиянием этих идей в культурной истории человечества изучение Марса составило любопытное и своеобразное течение, которое отразилось на новом типе работ, например в обсерватории Ловелла и др.,

¹ Сейчас считают что этот снег состоит из твердой углекислоты.

² Атмосфера Марса имеет давление около 6 миллибар и содержит ничтожные следы водяного пара (такие, как земной воздух при морозе в 50-60° С).

привело к художественным воспроизведениям жизни на Марсе, например, столь противоположным, как романы Уэллса и Лассвица, и, наконец, вызвало стремление вступить в контакты с жителями Марса, возбудило работу изобретателей в этом направлении, отразилось на сознании человечества. Во всем этом движении любопытно одно бессознательное течение, которое проходит через всю сложную историю этих исканий, — сознание единства живого вещества, предпосылка, что те организмы, которые населяют Марс, одного типа с земными организмами, подобно тому как однороден химический состав небесных тел с составом Земли.

Для Марса вопрос идет не об однородности только соединений, но и об однородности химических планетных оболочек и ее соединений, по крайней мере для атмосферы.

Одно время большой шум наделали наблюдения Слайфером хлорофилльных полос в спектре атмосферы Марса. Эти наблюдения казались правильными таким биологам, как Тимирязев, Белерини, но дальнейшие работы не подтвердили этих утверждений (Арциховский, 1912). Совершенно в связи с этим направлением мысли идет и предположение о существовании разумных существ на Марсе. Предполагается возможность контакта с ними, так как строение их разума должно быть идентично со строением разума человека, одна должна быть у них наука и одни должны быть понимания окружающего. На этом основном предположении строятся все соображения о возможности сношений с разумными обитателями Марса.

Мы видим здесь, что, приступив во второй половине XIX столетия к конкретному изучению космической жизни, наука сразу стала на ту точку зрения, которая так ярко была указана как научно правильная на 200 лет раньше в «Космотеоросе» Гюйгенсом.

Хотя мы до сих пор не имеем неопровержимо точных доказательств существования жизни на Марсе, не только разумной, но даже жизни вообще, все же мы чрезвычайно близко подошли к ее признанию. Существование жизни на Марсе очень вероятно¹. Здесь, несомненно, наука подошла вплотную в конкретном случае к вопросу о проявлении жизни вне Земли, и ясно, что этот вопрос уже не сойдет с научного горизонта. К чему он приведет в конце концов, мы не знаем, но нельзя не отметить, что есть научные попытки искать проявления жизни и на других планетах, например Венере, может быть, Нептуне и Уране, у которых предполагается существование воды. Другими словами, упрочается идея, что жизнь есть определенная стадия эволюции планет, как это, например, ясно высказывает Ловелл.

Нельзя сомневаться в плодотворности этой идеи и отрицать, что она стоит в согласии с одним из возможных способов понимания явлений, открываемых геохимией.

9. Гораздо более общее значение имеет распространение жизни вне Земли в связи с углублением в энергетику живого. К этим вопросам мы подошли почти одновременно, немного, может быть, позже, чем с проявлением жизни на Марсе. Для Марса вопрос встал в конкретной форме в 1888 г. — после того как Скиапарелли опубликовал свои наблюдения над каналами, хотя еще и раньше периоди-

¹ Космические исследования не подтвердили существование каналов на Марсе и показали невозможность существования жидкой воды на его поверхности в настоящее время. Это резко уменьшило вероятность наличия даже бактериальной жизни на нем, однако поиски жизни продолжаются.

ческие изменения цвета поверхности планеты вызвали к жизни гипотезу о существовании на Марсе растительности.

Явления энергетики жизни обратили на себя внимание в связи с тем движением мысли, которое связано со значением второго принципа Карно, и с теми последствиями, какие имеет для мироздания энтропия Клаузиуса. Медленно входило в сознание натуралистов и физиков представление, что в жизненных процессах мы имеем одни из немногих процессов в Природе, которые совершаются всегда в сторону, противоположную энтропии Мира. В XX в. из этого положения вывел не только земные, но и космогонические последствия Бергсон, а вскоре на этом явлении Ауэрбах попытался создать теорию жизни, создав понятие эктропии, обусловленной жизнью, — противоположной энтропии сущности Вселенной¹.

Не только с философской, но и с научной точки зрения ясно, что такой резко противоположный всем остальным физическим процессам Природы энергетический характер жизненных процессов не может быть связан только с Землей — он должен иметь мировое значение. Жизнь — при этих условиях — должна быть космическим явлением. Она не может быть делом случая.

10. Эти первые достижения лишь начало проникновения человечества в новую область знания. Они еще пока мало повлияли на научную мысль. Но они заставляют нас внимательно присматриваться к проявлениям космической жизни — искать их везде, где есть для этого малейшая возможность.

До сих пор малые успехи в этой области в значительной мере зависят не только от трудности научной работы, но и от того, что мысль исследователей не привыкла считаться с этими явлениями. Она проходит мимо них, их не видя, оставляя их всецело в удел философам и мечтателям.

И очень вероятно, что будущий историк мысли увидит в некоторых оставляемых нами без внимания мечтаниях и идеях, которые имеют место в человеческом сознании, другое, чем видим мы. Может измениться, например, понимание идей сведенборгианцев или Ш. Фурье в XIX столетии о влиянии обитателей других миров на человеческую жизнь или тех следствий, которые выводят из изучения психических явлений такие ученые, как Лодж. Очень возможно — как это не раз наблюдалось в истории науки — в этих нам чуждых и нами отбрасываемых как ненужные искания больше приближения к знанию будущего, чем в нашем обычном научном мировоззрении.

Но, оставляя в стороне эти крайние и резко нас поражающие возможные проявления закрытой для современников работы научного творчества, в целом ряде научных областей мы, несомненно, подходим к постановке той же самой проблемы. К числу таких областей относится и геохимия.

В ее проблемах мы подходим к необходимости признания существования космической жизни, причем этот подход неизбежно вызывается учением о живом веществе. В научных попытках считаться с космической жизнью, указанных раньше, мы видим проявления двоякого рода. С одной стороны, при изучении

¹ См.: Ауэрбах Ф. Эктропизм или физическая теория жизни. СПб., 1911.

Марса мы сталкиваемся с конкретным изучением проявления этой космической жизни. С другой — в учении об энергии мы видим проявление тех свойств живого, которые связаны с живым как с комплексом явлений, охваченных статистическими законами.

Оба эти проявления космической жизни вытекают из изучения геохимических процессов.

Необходимость признания космичности жизни вытекает из того положения, что живое является необходимым звеном в цепи минеральных процессов в земной коре, и в частности, в истории всех химических элементов.

Нельзя сомневаться, что состав земной коры не является случайным явлением, единичным фактом в истории Земли. Этот состав и образующиеся в земной коре и на Земле минералы являются по крайней мере *планетным явлением* и должны как таковые повторяться и в других местах пространства.

На это указывают однообразно столь разнородные явления, как: 1) характер самого валового химического состава земной коры, 2) характер элементарного состава небесных тел, открываемый изучением их спектров, 3) состав метеоритов и космической пыли и 4) наблюдения некоторых планетных явлений, как указанных раньше для Марса.

Все они приводят однообразно к одному и тому же выводу, что химический состав земной коры, а следовательно, и происходящие в ней геохимические процессы не являются единичным явлением, свойственным нашей Земле, но представляют проявление общих свойств если не Вселенной, то по крайней мере планетной системы¹.

Странный элементарный состав земной коры обращал на себя внимание немедленно после того, как он был установлен. Его пробовали связать с геогеническими воззрениями и космогониями, так как в нем явно преобладают, за исключением железа, да и то не очень тяжелого, легкие элементы — элементы первых строк периодической системы элементов. Но эти наблюдения мало давали указаний на связь состава земной коры с какими-нибудь такими общими явлениями, которые выходили бы за пределы земной жизни. Такая связь была выявлена только после того, как стало нам ясным значение атомного числа для понимания свойств химических элементов.

Гаркинс (1917) впервые установил факт, что в составе земной коры резко преобладают химические элементы с четным атомным числом. Объяснить это преобладание какими бы то ни было земными явлениями мы не видим возможности, тем более что в еще более резкой форме эта особенность проявляется в составе метеоритов, согласно указанию того же Гаркинса.

Мы можем объяснить, таким образом, состав земной коры только тем, что он связан с составом небесных светил, одним из которых является наша Земля. А в тесной связи с этим составом и неразрывным звеном во всех перемещениях в земной коре химических элементов является живое вещество. И оно благодаря

¹ Сейчас представляется непонятной установленная космическими исследованиями исключительная обводненность Земли среди других планет. Вода как основа жизни ставит Землю в особое положение.

этому, очевидно, не может быть только земным явлением.

На то же указывает и химический состав небесных светил. Он оказался идентичным по составляющим его элементам с составом Земли. Окончательно это выяснилось работами Хеггинса в 1860-х годах. Отсюда мы можем заключить и о том, что химические явления, происходящие на нашей Земле, не имеют характера чего-то особенного и единичного. На то же самое указывает и то, что наша Солнечная система по своему химическому характеру входит в определенную группу звезд, обладающих одинаковым спектром, т.е. одинаковым химическим составом, и связанными с этим законностями.

Изучение космической пыли и метеоритов, несомненно, при большом различии указывает и на многие аналогии и сходства. Первые впечатления были такие, что мы здесь имеем минералы, которые не встречаются в земной коре. Однако сейчас почти все минералы, характерные для метеоритов, найдены и в земных условиях. Едва ли можно сомневаться, что в конце концов будут найдены и все остальные, так как все нас убеждает, что метеориты по своему минералогическому характеру отвечают или глубоким частям земной коры, или даже слоям Земли, лежащим ниже земной коры, которые мало изучены на Земле и появляются в ней редко. Эти идеи Добре, мне кажется, приобретают все большее значение, после того как впервые Норденшельд доказал земное происхождение никелистого железа с о-ва Диско. Изучение метеоритов (и так называемой космической пыли), таким образом, как будто указывает нам на общую закономерность геохимических явлений и их повторяемость в разных планетах. Несомненно, эти доказательства все еще недостаточны, так как мы видим многие черты строения метеоритов (например, хондровое строение), которое до сих пор не наблюдалось в земной коре, еще существуют гипотезы — хотя и очень мало поддерживаемые — о внепланетном происхождении метеоритов или, наоборот, о их связи с прошлой историей Земли. Но эти гипотезы связаны не с научными, а с космогоническими указаниями. Изучение реальных факторов сближает метеориты с Землей, но не дает оснований видеть в них в той или иной форме земные продукты.

Наконец, мы имеем некоторые указания на тождественность химических процессов и в наблюдении планетной астрономии.

Поэтому все, что мы можем вывести о значении живого вещества в геохимических процессах Земли, мы можем в значительной степени вероятности считать правильным и для космических пространств того же химического состава и аналогичных физических условий.

Из изучения геохимии вытекает, как мы увидим дальше, с совершенной ясностью, что живое вещество является не случайным, а необходимым фактором в очень многих геохимических реакциях, в истории всех химических элементов. Все эти процессы шли бы совершенно иначе, если бы живого вещества не было, причем такая необходимость участия живого вещества наблюдается на протяжении всей геологической истории. Имея в виду, что жизнь теснейшим образом связана с проникновением лучистой солнечной энергии на поверхность нашей планеты, мы должны, мне кажется, логически вывести из всего этого, что она не

есть единичное явление на нашей планете, но отвечает планетному явлению, и таким же будет ее необходимое участие в геохимии всех химических элементов.

В законах геохимии мы имеем проявление законов планетной химии. Аналогично атмосфере и биосфера не есть принадлежность только одной нашей планете.

Исходя из этих соображений является настоятельно необходимым обращать внимание на значение живого вещества в истории тех минералов и их ассоциаций, которые наблюдаются в космических телах, приходящих к нам из небесных пространств. По-видимому, мы до сих пор имеем дело с самыми отдаленными продуктами жизни, связанными с биосферой — если они связаны — очень сложным путем. Однако задача эта до сих пор не была охвачена в целом, и, может быть, ее систематическое изучение приведет и к другим выводам.

Еще более данных должно дать нам изучение живого вещества по отношению к эктропии и вообще к энергетической проблеме жизни. Ибо до сих пор эта проблема не могла быть сколько-нибудь систематически затронута, ибо до сих пор не было учтено значение живого вещества, взятого в целом в геофизике земной коры. Мы впервые подходим к этому в геохимических проблемах. Только после того как это будет сделано, мы сможем оценить жизнь как фактор, меняющий мировую энергию, наряду с теми факторами, которые действуют в противоположном направлении.

11. Сейчас выясняется еще одно космическое проявление жизни, тесно связанное с геохимическим изучением живого вещества, которое до сих пор не обращало на себя внимания.

Оно тесно связано с тем изменением картины Вселенной, которое мы сейчас переживаем.

Сейчас, несомненно, рушится в человеческом сознании то представление о ничтожности земной пылинки в мироздании, на значение которого с точки зрения изучаемых явлений я только что указывал. Это изменение нашего мировоззрения происходит для нас совершенно неожиданно под влиянием тех изменений, которые претерпевает наше понимание пространства, времени, тяготения, когда новые идеи Эйнштейна (1905-1914) начинают все глубже проникать нашу научную мысль и сказываться в нашей научной работе.

«Пустынность» Вселенной, так поражающая нашу мысль и наше чувство по отношению к весомой материи, и еще большая пустынность по отношению к жизни существуют только тогда, когда существуют абсолютное пространство, абсолютное время, эфир, отличный от весомой материи, и резко отличная от материи энергия в ее разнообразных проявлениях.

Но как только реальное существование этих независимых друг от друга и как бы могущих существовать отдельно составных частей, на которые наша научная мысль разлагает сейчас Вселенную, окажется поколебленным, исчезнуть должно и основанное на них чувство ничтожности нашего земного Мира в безграничной Вселенной и в ней едва рассеянного еще меньшего значения жизни, живого вещества.

Сейчас очень трудно дать выражение тому новому взгляду на Мир, какой перед нами начинает складываться. Для этого еще нет слов и нет связанных с ними представлений. Мы имеем скорее отрицательные указания: нет эфира, который

заполнял в нашем представлении пустоту, занимавшую почти все пространство, нет пространства, независимого от времени и нет времени, независимого от пространства, нет всемирного тяготения как силы или как формы энергии, всякая геометрия имеет реальное основание, а не является идеальным созданием нашего разума. Меняется понятие бесконечности и безначальности, и относительные размеры и относительные промежутки времени — большие и малые — теряют в Космосе то значение, какое придает им антропоцентрическое мировоззрение современной науки. Но нельзя не отметить, что это антропоцентрическое представление не совпадает с тем реальным выявлением Космоса, который охватывается научной работой и научной мыслью исследователя Природы.

Нельзя отрицать, что новое мировоззрение, вносимое теорией относительности в понимании Эйнштейна, ближе к реальным представлениям, которые составляют содержание наук о природе, чем те отвлеченные представления о Мире, которые выработаны физиками. Несомненно, теория относительности в этом смысле является поворотом в сторону того понимания Космоса, которое проникает научную работу натуралистов-эмпириков, и разрушения того, что основывалось на вековой работе физиков XVII-XIX столетий, и связанных с ним построений математической физики. В этом ее глубокий интерес и с точки зрения исторического хода человеческого мышления.

Мир является для нас реальным объектом как целое, свойства которого могут в известной степени познаваться геометрией — наукой, основанной на эмпирическом проникновении в реальную природу. Он представляет нечто единое, и свойства его зависят от места, в нем изучаемого. Его проявлениями являются радиация, материя и энергия, разделение которых друг от друга так же мало возможно, как и разделение абсолютных пространства и времени друг от друга. Радиация, материя и энергия — и, возможно, проявления жизни, если подтвердится ее космическое значение, — заполняют все доступное нам окружающее Реальное — космическое пространство и связанное с ним время.

До сих пор мы изучали небольшую часть Космоса и в ней встретились с чрезвычайно характерной особенностью, что она в своих геометрических свойствах приближается к той геометрии, законы которой были выведены Евклидом, если только мы примем и время за одну — четвертую — координату этого геометрического представления. Это является следствием того, что мы нигде не встречали до сих пор больших скоплений материи, которые нарушали бы те явления, которые мы изучаем в Космосе. И постольку, поскольку в нем нет больших скоплений материи, можно безопасно изучать окружающее Реальное как проявление евклидовой геометрии. Но наше убеждение, что в Космосе не встретится таких случаев, когда евклидова геометрия перестанет отвечать его свойствам, основывается исключительно на том, что мы до сих пор таких мест не встретили, — но мы нашими методами научного искания охватили лишь ничтожную часть Вселенной. Может быть, в ней найдутся места, где нельзя будет с точностью современной научной работы руководствоваться этой геометрией, а надо будет искать или применять иные геометрические представления.

В некоторых научных вопросах мы уже с этим встретились, но в формах, очень

мало отклоняющихся от евклидовой геометрии. Этот подход к реальным противоречиям с нашей обычной геометрией и представляет ту характерную черту, которая придает нашему веку глубочайшее значение в истории человеческого сознания.

12. Отсутствие больших концентраций материи во Вселенной является реальным фактом, сохраняющим все свое значение, как мы видим, и при переходе на путь, открытый человечеству Эйнштейном.

Однако отсутствие таких концентраций отнюдь не отвечает нашим обычным идеям о пустынности Вселенной. Эта идея о пустынности Вселенной, по видимому, является следствием того материала, который доставляет нам астрономия. Мы знаем, например, какой пустыней с этой точки зрения представляется нам звездный мир, но в нем мы можем изучать лишь ничтожное количество заполняющих его тел, дающих более или менее яркий свет. Пустынной, хотя в значительно меньшей степени, представляется нам и наша планетная система (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 57-70).

13. В таком астрономическом представлении о Мире мы оставили в стороне огромное количество мелких тел — газообразных, жидких и твердых, переполняющих пространство и не улавливаемых ни инструментами, ни методами работы астрономии.

Материя обладает чрезвычайно характерным свойством занимать пространство, распадаясь и расплываясь — она испаряется, диффундирует в окружающее пространство, и едва ли есть место в Космосе, где бы мы не встретили эти частицы материи, причем те изменения, какие сейчас претерпевают наши воззрения о материи, указывают на то, что при такой дезагрегации материи выделяются не только материальные частицы — молекулы или атомы, но и энергетические частицы — электроны или тому аналогичные образования.

Все пространство ими проникнуто, причем можно различить по характеру их образования и их свойств две формы материальных частиц, если мы оставим в стороне частицы электричества — твердые и жидкие (пыль) и газообразные.

Пылевые частицы по своим размерам дают нам все переходы от планетных тел, изучаемых в астрономии, до мельчайших обломков, переходящих в размеры, приближающиеся к размерам больших молекул. По мере того как увеличивается наше знание, увеличиваются и наши представления о значении этих мельчайших частиц в структуре мироздания, всего мироздания, а не только Солнечной системы. Мы вынуждены признавать их всюдность и их чрезвычайное количество. Из всех космогоний впервые только, кажется, космогония Аррениуса приняла в достаточной мере во внимание существование этих мелких частиц и сделала из него соответствующие выводы. Но значение, какое придавал им Аррениус, еще более увеличивается в новых указаниях, которые получают сейчас в связи с явлениями радиоактивности и новыми строениями материи, например в космогонических набросках Перрена (1919-1920) в связи с космогонической историей химических элементов.

Уже одна эта космическая пыль совершенно меняет все наши представления о пустынности Вселенной. Но не меньший удар им наносит другая сторона материального строения Космоса, проясняющаяся только с конца второй половины XIX столетия.

Это те новые указания, какие дают нам изучение атмосферы вокруг небесных светил и связанные с ними космогонические представления о передвижении газов. Для них выясняются непрерывно происходящее передвижение газовых частиц в Космосе, их переходы от одного светила к другому, потеря одних атмосфер и рост других. Эти идеи о газовом обмене между планетами, развитые впервые, кажется, Стонеем, имеют в геохимии такое значение, что с ними приходится считаться в истории легких элементов, например водорода или гелия. Постоянное образование в земной коре гелия и водорода радиохимическими процессами заставляет нас еще более считаться с этим явлением. Ибо мы не можем не обращать внимание на чрезвычайное распространение этих газов в звездных мирах.

Эти мельчайшие части материи, рассеянные во всем Космосе, получают особое значение с точки зрения новых идей, входящих в наше сознание благодаря обобщению Эйнштейна. Ибо на их границах идут особые проявления и радиаций и энергии, составляющие для нас реальность Мира. И в то же время распыление материи противодействует ее концентрации, нарушающей евклидову геометрию Вселенной.

На этом явление не кончается. Мир переполнен не только осколками молекул — атомами, но и осколками атомов — ионами, электронами. Весьма вероятно, что мы имеем в нем и такие тела, как те ядра водорода с одним электроном, которые, по предположению Резерфорда (1920), обладают таким свойством прохождения через материю, которое делает невозможным их удержание в каком бы то ни было сосуде. Для нас они будут частью пустоты!

И газовый обмен Земли с другими планетами, и проникающая небесные пространства космическая пыль не являются безразличными с точки зрения геохимической истории живого вещества. На Земле одним из важнейших источников водорода являются биохимические процессы. Организмы же связывают и переводят в соединения поступающий на Землю водород. Явления газового обмена между планетами мало до сих пор разработаны, но тем более они заслуживают сейчас нашего внимания.

Вероятно, еще большее значение имеют организмы для космического обмена в форме твердой пыли, и, таким образом, как мы увидим ниже, «живая материя» является тем агентом земной коры, который приводит твердую материю в наибольшее распыление. Очень вероятно, что значительное количество теряемой нашей планетой пыли могло на ней образоваться только благодаря живой материи.

Она же задерживает на земной поверхности — благодаря растительности и характеру почвы, зависящему от ее свойств в самой сильной степени, — постоянно падающую на Землю космическую пыль.

Таким образом, мы видим, что эти отношения должны изменяться в сторону меньшей пустынности в значительной мере в связи с увеличением космического значения живого вещества.

Но это не означает, чтобы «пустынность» Вселенной не существовала, ибо очень вероятно, что отношения материи и пустоты Вселенной того же порядка, как отношение пустоты к атомам материи или электричества в химических элементах, строящих всю материю, в том числе и живую.

Пустынность исчезает в другом смысле — в том смысле, что жизнь не является случайным явлением в мировой эволюции, но тесно с ней связанным

следствием. В этом смысле мы можем проследить в новейших работах физиков и астрономов намеки на новые, будущие построения Космоса. Сейчас они не имеют еще вполне обработанного выражения, но высказываются в печатных работах случайно и между прочим. В действительности эти случайно брошенные выражения указывают нам на происходящее сейчас большое изменение мысли.

Они связаны с тем, что эволюция космических миров связывается с эволюцией химических атомов как химических элементов, причем образование химических элементов, строящих организм, получающееся в результате этого процесса, рассматривается как подготовка жизни. Ярко выразил эту мысль на съезде Британской ассоциации осенью 1920 г. Эддингтон: «В звездах материя претерпевает первоначальное брожение для изготовления большего разнообразия элементов, которое необходимо для мира жизни». Ту же, по существу, мысль о значении космического процесса для будущих явлений жизни — в другой форме — провозглашают Перрен и другие (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 70-72).

Человечество как часть однородного живого вещества

14. При том способе изучения биогеохимических явлений, который нами положен в основу нашей работы, очевидно, не требует особых разъяснений необходимость включения человечества, всех людей, как равного явления со всеми прочими проявлениями жизни, в круг изучения живого вещества.

Будем ли мы рассматривать совокупность всех людей как одно видовое однородное живое вещество, разделим ли мы его на расовые однородные живые вещества — все равно несомненно, что вещество, захваченное человеком во время его размножения и жизни, входит как часть в общую геохимическую работу животных организмов. К нему применимы все те законности и все те правильности, которые найдены для других — растительных или животных — однородных живых веществ.

Если тем не менее я считаю необходимым остановиться здесь на этом включении в цикл других явлений и всей совокупности людей, то делаю это потому, что благодаря историческому ходу развития мысли натуралист нередко выключает человека из других явлений природы, привыкает противопоставлять природу и человека и благодаря этому в значительной степени искажает то представление о природе, которое лежит в основе его научной работы.

В то же самое время, включая человечество в состав живого вещества, геохимически меняющего процессы, идущие в земной коре, мы, несомненно, сталкиваемся с новыми, ранее нам неизвестными свойствами живого вещества.

Этим до известной степени объясняется проявляющееся иногда бессознательно стремление исключить человека из той картины природы, которая охватывает натуралиста во время его научной работы.

Это стремление есть явление новое в истории культуры. Человек на прежних ступенях развития не отделял себя от остальной живой природы. Он теснейшим образом чувствовал свою генетическую, неразрывную связь со всем остальным

органическим миром, и это чувство охватывает некоторые из глубочайших проявлений религиозного творчества — религии древней Индии, и в частности одну из наиболее высоких форм человеческого достижения в этой области — буддийские религиозные построения.

Им охватывались отдельные мистические и глубоко религиозно настроенные люди и других религий — христианства, мусульманства, языческих религий. Глубоко проникнут им был св. Франциск Ассизский, называвший всех животных, даже малейших, братьями и сестрами и их таковыми чувствовавший.

Веками и поколениями, сложным долгим историческим путем, который мы в значительной мере можем проследить, выработал в себе отчуждение от остальной живой природы культурный человек Передней Азии и Западной Европы. Из построений религии, философии, из созданий поэтического творчества это настроение охватило и его научную работу. Но оно не вытекало из его научных достижений, не связано с его научными обобщениями, дающими нам картину Космоса, оно является в научном мировоззрении чуждым и ненужным. И культурный человек, человек науки, постоянно теряет его, отходит к извечным навыкам человечества, неразрывно связывающего себя с остальными проявлениями жизни.

В ряде великих поэтических произведений выявляется точная связь всего живого, в описаниях переживаний окружающей природы, сделанных учеными исследователями много раз в красивых и ярких образах, выходило наружу это древнее чувство, охватывающее натуралиста, противоречащее привычному взгляду на природу и на человеческое как на чуждые, могущие быть противопоставленными сущности. Это чувство мы находим не только в образах великого поэта и натуралиста Гете, видим его в превосходных картинах тропической природы Гумбольдта и в тысячах других произведений художественного и научно-художественного творчества. Мы все его переживаем. Всякий, кто сталкивался с природой, стремясь проникнуть в ее проявления, переживал это теснейшее чувство связи человека со всем живым, являющееся бессознательным отражением реального явления. Среди роскошной природы юга или холодных стран севера, в пустыне, на берегу великой реки или океана, или вдали жилья в степи, лесу или среди воды — всегда, когда человек оказывается одиноким, его неизбежно охватывает чувство своего сродства со всем живым, он противопоставляет себя и человечество не со всей природой, но с мертвой материей. Бесконечны оттенки и проявления этого чувства, как бесконечны проявления жизни, и могущественно, хотя и не осознано их влияние, реально существующее, хотя и невысказываемое публично во всем научном творчестве человека.

Удивительным образом — хотя со второй половины XIX в. благодаря победе трансформистских идей в биологии это сознание неразрывной связи человека со всей остальной тварью явилось одним из краеугольных камней, стало *stredo* современного ученого — оно не отразилось в такой мере, как можно это было думать, на его текущей научной работе, и все еще слаба связь достижений и обобщений наук гуманитарных и наук естественноисторических. В частности, это сказывается в том, что человеческая культура в ее историческом развитии до сих пор не сознается как естественноисторическое проявление жизни на нашей планете,

и то видное всем и бросающееся в глаза изменение Лица Земли, которое сейчас производится человеком, не учитывается как одно из проявлений геологической истории Земли, того же самого в основе своей характера, как явление денудации, горообразования или выветривания. Измененная культурой земная поверхность не есть что-то чуждое природе и в ней наносное, но есть естественное и неизбежное проявление жизни как природного процесса.

Включение человечества в круг других однородных живых веществ и является выражением в научной форме этого убеждения, которое кажется мне неизбежным по отношению к геохимическим процессам.

При этом мы сразу сталкиваемся здесь с новыми последствиями. Эта новая форма однородного живого вещества — человеческого однородного живого вещества — резко отличается от всех остальных однородных живых веществ, во-первых, интенсивностью все увеличивающегося с ходом времени своего геологического эффекта и, во-вторых, тем влиянием, какое им производится на все остальные живые вещества.

При изучении геохимического значения человечества как однородного живого вещества не может сводить его целиком к весу, составу и энергии. Мы сталкиваемся с новым фактором — *человеческим сознанием*.

Я вернусь к этим явлениям и к выяснению геохимического значения человечества в одной из следующих глав; здесь же необходимо вкратце остановиться на том изменении, которое человек производит своей деятельностью в структуре остального живого вещества, поскольку это сказывается в геохимических процессах.

15. До сих пор мы почти оставляли в стороне те изменения, которые вносятся в обмен природы, в том числе и в характер ее живого вещества, человеком¹.

А между тем это изменение, резко сказавшееся со времени создания им земледелия и скотоводства, все увеличивается за последние 10-15 тыс. лет, и темп такого изменения становится всё более и более быстрым и глубоко проникающим в строение природы.

Облик земной поверхности сделался благодаря влиянию человека неузнаваемым. Очевидно, исходным предметом изучения геохимии должен делаться именно этот, измененный человеком, облик природы, а не тот, который существовал до начала цивилизации человека, в даунский или близкий к нему период четвертичной эпохи, ибо тот облик мы не сможем изучать непосредственно. Я уже касался этого вопроса, когда говорил о культурных сгущениях живого вещества на земной поверхности. При образовании культурных сгущений меняется и характер живого вещества. Деятельностью человека уничтожено — прямо или косвенно — огромное количество видов, разновидностей, может быть, целых родов животных и растений. Вместе с тем созданы новые виды животных и растений, частью до него не существовавшие, — расы домашних животных и

¹ Особенно четко этот раздел выражен В.И. Вернадским в его статье «Несколько слов о ноосфере», впервые вышедшей в свет в 1944 г. (См.: Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., «Наука», 1965, с.323).

культурных растений.

Едва ли можно сомневаться, что человеком охвачены были в этих изменениях только такие виды животных и растений, которые уже в природе своей обладали необходимыми для этого свойствами, были пластичны или состояли из многих совместно находящихся элементарных видов. Несомненно, влияние человека в создании новых рас ограничено, и очень вероятно, что основные и главнейшие признаки расы не вызваны человеком, появились вне его влияния и лишь поддерживаются им в искусственной среде измененной его культурой природы.

Эти вопросы, однако, не имеют геохимического значения. С геохимической точки зрения важно лишь то, что культурные расы могут существовать в природе только при участии человека, при применении им для этого энергии. Предоставленные сами себе, они вымирают или вырождаются, т.е. переходят в обычные природные формы, нередко резко отличные от культурных морфологически, а следовательно, и химически.

В том, что они поддерживаются в нужной для человека форме искусственно, легко убедиться, взглядываясь в историю человечества. При падении цивилизации в той или иной местности, при оставлении заселенных мест в том или ином уголке земного шара или ослаблении в нем культурной работы они вновь захватываются «дикой природой». Облик страны меняется, она возвращается в прежнее, естественное состояние. Нарушенное человеческим гением равновесие восстанавливается в прежнем виде, и относительно скоро не остается никакого или почти никакого следа прежнего облика страны¹. Большинство рас домашних животных и культурных растений погибает, немногие сохраняются, более или менее быстро восстанавливая те формы, которые отвечают их дикому состоянию.

Из этой постоянно повторяющейся картины нам ясно, какую огромную работу производит в этой области гений человечества.

Количество рас животных и растений, им охваченных, невелико по сравнению с количеством всех их видов, на миллионы видов мы имеем несколько десятков тысяч рас. Но их влияние на геохимию земной коры во много превышает это отношение, и постепенно, по-видимому, мы наблюдаем все больший и больший охват живого вещества этой живой материей, измененной человеческой волей.

Рассматривая эти расы с точки зрения явлений живого вещества, мы можем убедиться, что к ним приложимо все, что сказано нами по отношению к естественным видам и подвидам. Мы имеем и здесь тоже проявление социальной структуры живого вещества, также имеем однородные живые вещества, их разнообразные смеси и тоже половые, возрастные, социальные различия.

Морфологическое изменение облика биосферы, благодаря им происходящее, несомненно, сопровождается химическими изменениями. Однако, как уже указывалось выше, отнюдь не является логически неизбежным, чтобы этим путем менялась общая картина геохимического процесса. Возможно, что валовой химический состав культурных рас отвечает валовому химическому составу естественных ви-

¹ В век научно-технической революции человек внес ряд необратимых явлений в биосферу, и вопрос об охране окружающей среды сейчас стал одним из важнейших вопросов международного сотрудничества.

дов, ими замененных в природе, и что при этой смене химия земной коры в своих основных чертах не изменялись. Это новый вопрос, который раньше не ставился, так как понятие живого вещества не было охвачено человеческой мыслью.

Ввиду этого особенно интересно изучение расового живого вещества¹. При этом необходимо по возможности отличать и подрасы. В случае образования рас путем скрещивания имеет большое значение изучение живого вещества скрещиваемых разновидностей и их продуктов. Значение чистых линий, выведенное в значительной мере на культурных организмах, особенно здесь сильно. Так как в этой области возможен опыт, то и область работы сильно увеличивается. Однако с геохимической точки зрения, очевидно, имеют значение только те расы и сорта, которые заметно входят в природный обмен, так как существуют в значительных количествах.

При изучении расового живого вещества мы должны принимать гораздо более во внимание историческое его изменение во времени, чем мы это имели для видового живого вещества. Там мы могли в общем не принимать во внимание изменения, происходящие в видах с ходом времени. Эти изменения накапливались медленно и сказывались лишь в течение геологических периодов. Но для расового живого вещества изменения наблюдаются в течение тысячелетий, отвечают не геологической, а человеческой истории. Картина культурных сгущений постоянно меняется в связи с историей цивилизации. Меняется ли при этом и геохимическая работа человечества?

Так как расы поддерживаются без изменения в природе только усилием и трудом человека, то они меняются с их изменением благодаря непрерывно идущему изменению исторической обстановки. Постоянно создаются новые расы и вымирают старые. Из старых остаются немногие.

Однако несомненно, что некоторые наши — европейские — сорта фруктовых деревьев имеют многотысячелетнюю давность. Некоторые из них с большей или меньшей достоверностью могут быть прослежены до времен Древнего Рима, к временам, близким к нашему летосчислению, и пережили, сохранившись в разных местах после падения Римской империи. Это верно даже для мелких сортов, по-видимому мало менявшихся во времени, не говоря уже о группах сортов. Так, новые исследователи (Шевалье) считают, что *Malus dasycphylla* Borch уже с глубокой древности разводилась в Средиземноморье. Прилежащие к этому виду расы (*M. mitis*, *M. astracana*, *M. neidzwetzkyana* и др.) уже были известны при 19-й династии в Египте, разводились в римских и галлоримских садах. Из Испании этот сорт проник в Нормандию в XI в. и между XIV-XVII вв. укрепился там, явившись основой сидрового производства. Для отдельных сортов — рас, у нас есть и непрерывные исторические свидетельства их неизменного существования. <...>

Едва ли можно сомневаться в тысячелетней длительности существования некоторых культурных сортов других растений (например, розы) или домашних животных. Все указывает на то, что есть расы растений и животных очень древние, имеющие многотысячелетнюю давность, пережившие древнейшие цивилизации

¹ Сейчас принято избегать слова «расы» в связи с изуверским использованием этого термина фашиствующими расистами. Его заменяют словом «сорт», «порода», которые как синонимы употребляет и В.И. Вернадский.

Азии. Их, однако, немного среди десятков тысяч культурных рас, заселяющих в каждый данный момент земную поверхность, и они представляют небольшой остаток из огромного числа рас, закончивших свое земное существование.

Старинные расы всегда составляли и теперь составляют небольшую часть культурных типов организмов данного времени, их мало среди половой живой материи, все более и более занимающей поверхность нашей планеты. При создании рас человек производит огромную геохимическую работу, но она остается для нас совершенно неизвестной, так как расы химически не изучаются, а между тем выяснение ее особенно интересно ввиду быстрой изменчивости морфологического характера рас. Уже ввиду этого имеет огромное значение геохимическое изучение расового живого вещества.

Мы можем целиком перенести к созданным человеком расам, к новой живой природе все явления, указанные для живого вещества дикой природы, выясненные на видовом однородном живом веществе.

Мы имеем здесь разнообразные механические и органические смеси, социальные и рассеянные расовые живые вещества, различия его периодические, половые, возрастные, социальные. При этом наблюдаются, однако, и новые явления или выступают на первое место такие особенности живого вещества, которые не были ясно выражены в живом веществе, сложившемся вне влияния человека.

Совершенно ясно, например, что человек в расах создает социальные однородные живые вещества в стадах животных, полях растений.

В этих новых созданиях человека мы имеем в истории нашей планеты механические смеси живого вещества, более чистые, с большим преобладанием одного какого-нибудь компонента, одного какого-нибудь однородного живого вещества, чем это было раньше. Наши поля, плантации деревьев, леса, сады и стада дают такие скопления однородных живых веществ, какие никогда раньше в таком масштабе не наблюдались на земной поверхности.

С одной стороны, о поддержании чистоты сгущения заботится сам человек, не допускающий развития сорных трав и т.п., желающий использовать в максимальной степени нужные ему свойства расы. Но, помимо этого, в некоторых случаях мы имеем стремление самих вновь созданных рас держаться отдельно от особей другой расы, как это описывается, например, для овец норфолькской и линкольнширской пород, разделяющихся на разные пастбища и между собой не смешивающихся.

Человек создает, как мы видели, и половые различия, например в стаде коров или овец, в плантациях женских финиковых пальм и т.п.

Но он не только создает расы, аналогичные видам, и способствует их внедрению в природу, и покрывает ими значительные площади земной поверхности. Он создает и более сложные формы их смешений, ранее неизвестные в природе, — новые органические смеси. Такой формой являются, например, характерные насаждения плодовых деревьев, привитых к подвидом другого вида. Сейчас мы имеем многие тысячи квадратных километров земной поверхности покрытыми плодовыми садами, где растут деревья сложного характера: их корневая система и начало ствола принадлежат одному виду, тогда как остальная часть дерева принадлежит другому виду или другой расе. Это сложная система, которую нельзя назвать симбиозом

и которая поддерживается в природе только постоянным приложением человеческого труда, т.е. внешней энергией, не является симбиозом, а совершенно особой формой живой материи, которая без вмешательства человека в ней не существует.

Ее приходится рассматривать как особую форму органической смеси, как такую живую материю, которая охватывает две разные совокупности организмов, одновременно состоящих из подвоя и привоя. Очевидно, этим путем могут происходить любопытные, сложные и глубокие изменения в организме, на что и указывают сложные гибриды, получаемые в садоводстве и плодоводстве. При прививке происходит сильное изменение в обмене веществ, т.е. геохимический эффект в высшей степени меняется, и в то же время индивидуальность двух спящих организмов, по-видимому, не нарушается.

По-видимому, такая работа человечества длится многие тысячелетия, может быть, создалась уже в эпоху каменного века — неолита — Западной Европы.

Можно привести пример совсем недавнего вмешательства человека. После появления филлоксеры в Западной Европе огромные площади виноградников превратились в собрания таких искусственно созданных организмов. Европейские лозы *Vitis vinifera* были привиты на *Vitis riparia* и *Vitis rupestris*, которые не трогает филлоксера.

Но и помимо этого нового типа органических смесей, человек введением культурных форм хозяйства и техники могущественным образом изменяет режим природных органических смесей, например при культуре бобовых, картофеля и т.д.

По отношению к этой части живой природы, созданной или измененной человеком, мы в исследовании ее геохимического эффекта должны идти тем же самым путем, каким идем по отношению к старинной, не тронутой человеком природе. При этом геохимическое значение человеческого сознания быстро увеличивается с ходом времени, так как расовое живое вещество захватывает все большее и большее количество живого вещества нашей планеты, оставшегося, как увидим, неизменным и постоянным до начала культурной деятельности человека.

Остается ли оно таким и после начала деятельности человека, или же человек увеличивает общее количество живого вещества, является неясным вопросом, к рассмотрению которого я вернусь в одной из следующих глав этой книги.

Но и помимо непосредственного создания новых типов расового однородного живого вещества, человек своей культурной работой меняет существующие ее видовые разновидности.

Тут его деятельность вполне бессознательна, хотя и при создании расовых однородных веществ сознание в смысле определенного намерения явилось новым фактором в человеческой истории.

Вся главная работа произведена человеческим сознанием, но не преднамеренно— процесс создания не был осознан. Человек охватывал наиболее способные к изменению, пластичные формы окружающей жизни.

Он меняет этим путем и сейчас видовые живые вещества. Я уже указывал на изменения, производимые им в соотношении между полами птиц и создании половых различий видового живого вещества, благодаря тому, что он вылавливает преимущественно самцов певчих птиц. В местах, захваченных человеческой культурой, чаще появляются гибриды птиц, чем в девственной природе, напри-

мер именно здесь находится *Tetrao medius* — гибрид *Lyrurus tetrix* L. и *Tetrao urogallus* L., так как человек резко нарушает обычное равновесие этих видов птиц.

Таких примеров можно привести много, и влияние созданной сознанием человека новой живой природы сказывается гораздо сильнее и глубже, чем можно было думать. Своим сознанием мы этот процесс во всей его грандиозности еще не охватили.

Живое вещество с логической точки зрения

16. Живое вещество, как видно из всего предыдущего, представляет некоторую совокупность предметов, и его свойства являются свойствами совокупности. Свойства отдельных предметов, составляющих совокупность, сказываются, очевидно, постольку, поскольку они могут проявляться в совокупности. Каждый предмет в отдельности для нас исчезает, и вместо него выступает нечто новое, обладающее такими свойствами и проявлениями, которые незаметны и не существуют для отдельного предмета, составляющего совокупность.

Так как предметом той совокупности, которая называется здесь живым веществом, является организм, то, следовательно, свойства живого вещества отнюдь не являются теми свойствами, которые мы изучаем при исследовании отдельного организма. В совокупности организмов — живом веществе — проявляются новые свойства, незаметные или несуществующие, если мы станем изучать отдельный организм.

Переходя от организма вида к живому веществу вида, мы получаем не только новые данные количественного характера для понимания явлений жизни, но и новые данные качественного характера.

В этом я вижу большое значение включения этих явлений в область изучения не только геологических, но и биологических наук.

Здесь мы встречаемся с новым примером проявления природных процессов, охватываемых человеком статистическим путем, законами больших чисел. В области самых разнообразных явлений, сводимых к этим законам, мы видим совершенно одинаковые законности — законности совокупностей любых предметов. Одинаковы по форме законы человеческих обществ, газовых смесей, песчаных масс, звездных потоков, раз только мы изучаем их как законы совокупностей, они подчинены законам больших чисел. Поэтому в области этих явлений вполне правильно и надежно идти путем научной аналогии и переносить в область мало изученную, подчиненную этим законам, достижения областей знания, с этой точки зрения разработанных.

Поэтому вполне позволительно и удобно воспользоваться и здесь аналогией между живым веществом и газовой массой, законы которой, как совокупности атомов — газовых частиц, изучены точно и являются одной из основ нашего современного научного представления о мироздании.

Наиболее характерной особенностью газовой массы является то, что мы точно знаем законы совокупности газовых частиц и для нас совсем мало известны законы, связанные с движением и свойствами отдельной газовой частицы. Одно, однако, мы можем утверждать совершенно прочно, что выведенные из знания совокупности газовых атомов законности неприложимы к отдельной газовой частице, свой-

ства которой совершенно несхожи со свойствами газа. В частности, мы встречаем здесь впервые приложение одного из глубочайших обобщений естествознания XIX столетия, указывающее, что к отдельным газовым частицам неприменимы такие всеохватывающие обобщения статистического характера, как второй закон термодинамики, принцип Карно. Невозможное в мире совокупностей, согласно этому закону, становится возможным и допустимым для явлений, свойственных и характерных для отдельной частицы. Так, *perpetuum mobile* невозможен в законах, связанных с массовым эффектом этих частиц, но он вполне возможен, когда мы изучаем явления, исходящие и связанные не со всей совокупностью, а с ее частями, с отдельными частицами. Теоретически возможность такого *perpetuum mobile* 2-го порядка признавалась. Максвеллом, Гиббсом, Больцманом. Уже в 1888 г. Гуй указал, что мы видим такой *perpetuum mobile* 2-го порядка в броуновском движении, и в начале XX в. это убеждение проникло в научное мировоззрение.

Сейчас не может возбуждать сомнения, что в свойствах газа мы наблюдаем коренное качественное различие между свойствами совокупности предметов и свойствами составляющего совокупность предмета или предметов.

По аналогии с газом газу отвечает живое вещество, газовой частице — организм. Законы живого вещества, поскольку они выражаются законами совокупностей, могут быть аналогичны законам газа и должны быть, по существу, иные, чем законы организма, отвечающего газовой частице.

Бросающееся в глаза отличие заключается в том, что для нас в природе непосредственно доступны законы — свойства — газа, и лишь путем трудной работы абстракции мы подходим к законам газовой частицы. Она бесконечно мала по сравнению с тем мерилем, какое представляет собой человек по отношению к газовой массе. По отношению к живому веществу нам непосредственно доступны законы — свойства — организма, и путем трудной и долгой абстракции мы можем подняться до понимания свойств их совокупности — живой материи. Человек как масштаб явлений бесконечно мал по сравнению с живой материей и легко подходит к свойствам ее элементов — организмов.

В одной из следующих глав я вернусь еще к этой аналогии и мы увидим, какие возможности открывает она для понимания свойств совокупности организмов, здесь же я хочу остановиться лишь на выяснении законности того пути искания, который вносится в науки о природе логической конструкцией живого вещества.

Можно ясно убедиться, что он является неизбежным выводом из того хода мыслей и исканий в науке о жизни и природе, которые мы наблюдаем за последние научные поколения. К нему приводит ход истории научного знания, законы которого столь же мало зависят от воли человека, как и все другие явления природы. Те обобщения и те направления мысли, которые совпадают с ходом научного развития данного времени, имеют большие шансы на успех и могут оказать влияние на научную работу. Мне кажется, что таковы все стремления, связанные в данный момент с проникновением статистических методов в естествознание.

Недавно один из крупных русских ученых, А.А. Чупров, в яркой и ясной форме показал роль статистического метода в обследовании окружающих нас явлений. Несомненно, проникновение им нашего научного мировоззрения является одним

из характерных проявлений последнего пятидесятилетия. С каждым годом он проникает все глубже в изучение явлений природы, охватывает новые явления; вносит законности и правильности в области, казалось, навсегда закрытые для научного мышления и для точного математического учета и представления. Работа его проникновения далеко не закончена, и значение его для понимания окружающего едва начинает для нас выясняться. Он начинает проникать мировоззрение естествоиспытателя, и недавно умерший крупный русский мыслитель физик Н.А. Умов в широких, красивых образах дал нам цельную оригинальную картину мироздания, всецело основанную на этом приеме мышления и им проникнутую.

Бессознательно статистический метод работы давно проникал естествознание, но сознательно он мог войти в него только после того, как были математически выработаны законы больших чисел, законы Случая, создана теория вероятностей. В область наук о природе его ввел в этой форме впервые во второй половине XIX столетия один из великих физиков нашего времени, Клерк Максвелл, после того, как уже в первой половине XIX столетия, пользуясь теми же математическими представлениями, его приложил к явлениям общественной жизни бельгийский астроном Кетле, углубив этим путем область статистических исследований. Кетле применил к общественным явлениям те приемы, которые много раньше, главным образом в астрономии, употреблялись не для охвата новых явлений природы, но для обработки числовых наблюдений для получения более достоверных результатов. Пути, проложенные Максвеллом, обратили на себя внимание только через 20-30 лет после их первых приложений и в своем значении вошли в сознание натуралистов только после того, когда они получили точную проверку в блестящих достижениях учения о теплоте и теории газов.

После того они проникли в область биологических изысканий, и едва ли можно сомневаться, что здесь открывается широчайшее поле для их применения. Всякий новый шаг в этом направлении, каким является и учение о живом веществе, отвечает неуклонно наблюдаемому проникновению числового учета и геометрических построений в изучение явлений жизни, среди которых методы статистические являются при современном развитии математики основными.

Скрыто образы этого рода уже давно охватили науки о природе, но характер их был долго неясен. В представлениях XVIII и начала XX в. об экономии живой природы, о равновесиях, в ней наблюдаемых, о гармонии, в ней царящей, скрывались по существу статистические подходы к научному изучению этих явлений. Во второй половине XIX в. в учении о борьбе за существование формы статистических законов природы обрели прочную почву в научном мировоззрении. Любопытно, что здесь Дарвин шел тем же путем, как через десять лет позже Максвелл, — он переносил в область наук о природе обобщения наук об обществе, пользуясь выводами Мальтуса, подобно тому как Максвелл пользовался достижениями Кетле. Но и Мальтус и Кетле в конце концов исходили из того же самого, более широкого, но туманного и неосознанного статистического представления о природе, которое было достигнуто в идеях о равновесии, гармонии, экономике Мира. Политическая экономия в своих основах вышла из тех же представлений, как и экономия природы, и сохранила старые свои корни в своем названии. Ее духов-

ные создатели — Кенэ и физиократы — перенесли в область наук об обществе основные идеи экономии природы, ими глубоко понимаемые.

И помимо борьбы за существование, статистическое представление о живом и в другой форме проникает дарвинизм и эволюционное мировоззрение. Это то значение, какое в них получает вид, заменяющий индивид. Это давно уже было прочно установлено и в более широких представлениях о природе как целом, в указаниях, многократно развивавшихся учеными и философами о такой структуре природы, которая связана со стремлением сохранить вид и с отсутствием этого стремления для индивида.

Но с победой механистического эволюционизма более широкие и глубокие представления, чем лежащие в его основе представления о значении вида и борьбы за существование, постепенно были забыты в области наук о природе. Мысль человека пошла по другому пути и оторвала новые научные поколения от старых концепций.

Натуралисты-мыслители вроде К.М. Бэра, проникнутые старыми представлениями, не могли привлечь к ним внимание натуралистов 1860-х годов, несмотря на то что в своей критике дарвинизма они опирались на эти концепции.

В современное естествознание прочно проникло только частное статистическое представление о гармонии природы — в форме борьбы за существование. В связи с его развитием в учении о наследственности и в морфологии начинает со времен Гальтона и Пирсона проникать в биологию статистический метод не только в своих основах, но и в своих приложениях. В биометрике мы имеем первые результаты охвата им явлений жизни.

Оставление в стороне старинных путей искания экономии и гармонии живой природы связано в значительной мере с тем, что в биологии исключительное внимание заняли вопросы, связанные с организмом, и отошли в сторону, захватывались случайно вопросы о его влиянии на окружающую мертвую природу. Я уже указывал на те последствия, какие имел такой ход научной работы для понимания геохимических явлений. Сейчас, когда развитие геологических знаний, в частности геохимии, настойчиво выдвигает на очередь дня выяснение значения организмов для химических процессов нашей планеты, приходится возвращаться — в новой форме — к старым, оставленным путям, по которым шли натуралисты начала XIX столетия. Перед грандиозностью геологических процессов исчезает организм, выступает их совокупность — живая материя. В связи с этим открываются те стороны изучения природы, которые не обращали на себя внимание морфологов и физиологов; в живой материи открываются новые свойства жизни, но они проявляются не на отдельном организме, а среди их комплексов. Старые искания равновесий организмов, установившихся или устанавливающихся, гармонии и экономии живой природы представляются сегодня в новом свете. Но они выступают в другой исторической обстановке при широком развитии математических методов исследования, связанного с законом больших чисел, и при проникновении статистического охвата природы в самые различные и противоположные ее области — от явлений, связанных с корпускулами и атомами, до явлений, создаваемых звездными кучами¹ и системами туманностей (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 135 об.—144 об.).

¹ Термин В.Гершиля по отношению к открытым им звездным скоплениям, как их называют сейчас.

ГЛАВА ВТОРАЯ

О ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ С ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Состояние знания и значение химического состава, веса и энергии организмов

17. Изучая историю химических элементов в организмах, мы встречаемся с двумя различными формами их нахождения. С одной стороны, они встречаются в форме соединений, строящих организм, а с другой — в форме проникающих в организм ничтожных своих следов, своеобразных рассеяний.

Нахождение элементов в форме рассеяний, связанное со сложными физическими процессами и приводящее нередко к распадению системы атома на части, к существованию его осколков, чрезвычайно мало обращало на себя внимание. В сущности, для организмов мы не знаем ничего, кроме того, что такие состояния элементов существуют и играют крупную роль в жизнедеятельности организма. Даже сама эта форма нахождения таких элементов мало обращала на себя внимание. Но в истории отдельных элементов нахождение ничтожных — с точки зрения организма — следов их в живом веществе играет огромную роль, и нам постоянно придется сталкиваться с этим, когда мы будем рассматривать историю отдельных химических элементов в связи с биологией. Точно так же большое значение имеет рассеяние элементов живой материи, как с точки зрения общих процессов биосферы и даже земной коры — для большей интенсификации химических процессов земной коры, так и с точки зрения их связи с космическими процессами. Здесь же достаточно отметить, что в форме рассеяний находится большинство химических элементов в живой материи; это отражается как на валовом составе организма, так и на характере химических проявлений организма.

Валовой состав организма для очень немногих из химических элементов дает нам целые числа, если мы отнесем его к 100, огромное большинство химических элементов выражается в дробных числах. Эти дробные числа сохраняются и тогда, когда мы выразим состав организма в тысячных долях целого. Огромная часть химических элементов, попадающая в эти дроби, находится в организме в форме рассеяния. Таковы, например, As, Вг, Cu, Ti и т.д.

В тесной связи с таким нахождением химических элементов находится и деление их на группы с разной физиологической функцией, различение элементов, строящих тело организма, органогенных в собственном смысле этого слова, и элементов, имеющих значение возбудителей или регуляторов химических реакций. Не касаясь правильности или ложности этих толкований природного явления, можно указать, однако, что во вторую группу попадают как раз элементы, находящиеся в организмах в форме рассеяния.

Оставляя в стороне физиологическое значение рассеяний, выражаемых, например, в так называемых автодинамических явлениях металлов, на которое особенно обратили внимание биологи, нельзя не отметить, что это нахождение составляет особую форму состояния материи. Химический элемент в рассеянии находится не в форме соединений, а в форме или отдельных подвижных атомов, или таких их групп — ионов, которые связаны с нахождением заряженных частей атома¹. С точки зрения современных воззрений такая форма нахождения элемента резко отлична от его нахождения в химических соединениях, тут она связана с своеобразным изменением системы атома, по крайней мере с изменением его наружной оболочки.

Для рассеяний чрезвычайно характерно, что их переход в формы соединений, даже понимая под этим и такие соединения, как растворы, совершается далеко не всегда и связан с особыми законностями и правильностями, которые нам неизвестны даже в самых общих чертах.

Мы знаем, что этот переход для некоторых элементов почти никогда не происходит в условиях земной коры или совершается в исключительных — особых — случаях. Такого рода особым случаем является в земной коре живое вещество, которое концентрирует и переводит рассеянные элементы в соединения. Это мы наблюдаем, например, для йода, брома и других тел. В истории этих элементов такая роль живой материи имеет, как мы увидим, большое значение.

18. Гораздо больше изучено и больше собрано в биологических дисциплинах данных *о химических соединениях элементов в организмах*, причем мы все наши представления об этой форме нахождения сводим для жидких состояний материи к растворам, а для твердых — к определенным соединениям. Никаких данных для такого резкого различия между формами твердого и жидкого состояния в организмах нет, и надо думать, что и в твердом состоянии мы имеем здесь формы растворов. Их изучение в виде определенных соединений связано с их выделением в таком виде при исследовании.

Накопленный огромный материал об определенных соединениях организмов никогда не охватывался в своем значении с геохимической или даже с геологической точки зрения. А между тем всегда в земной коре присутствует огромное количество белков, жиров, углеводов, алкалоидов и т.д., тесно связанных с неорганическими соединениями и совместно с ними участвующих в геохимических процессах. Долгое время, однако, только эти последние принимались во внимание при построе-

¹ Здесь В.И. Вернадский применяет неудачное выражение «осколков элементов», замененное редакцией на «заряженных частей атома». Прим ред. издания Живое вещество и биосфера.

нии химии земной коры; продукты жизни являлись объектом изучения лишь после того, как организмы, их создавшие, умирали, лишь в тот момент, когда своеобразные соединения организмов — при гниении и тлении — начинали превращаться в минералы. Упорно, несмотря на все неудачи, в течение многих десятилетий человечество пыталось создать химию земной коры, исключив из нее живую материю.

Между тем на каждом шагу встречались факты, резко противоречившие этому стремлению.

Ибо количество этих соединений соизмеримо с количеством большинства даже самых распространенных минералов земной коры.

В коре выветривания постоянно находятся и постоянно поддерживаются в своем весе количества белков, сравнимые с количеством медных или свинцовых руд и, может быть, даже их превышающие. С точки зрения химии земной коры белки, гипсы, полевые шпаты, колчеданы, жиры, углеводы, кальциты и т.п. представляют одинаковые проявления геохимической истории химических элементов.

До сих пор они не принимались во внимание только вследствие научной рутины: не изучались минералогией только потому, что не считались минералами. А между тем и биохимия оставляла в стороне их воздействие, на каждом шагу ясное, на окружающую среду, на химические процессы земной коры. В результате многие стороны крупного природного процесса остаются вне научного изучения, и обычно совершенно упускается из виду геологическая роль тысяч химических соединений, которые образуются во время процесса жизни внутри организма.

Правда, в живом организме химические соединения удалены от непосредственного воздействия на окружающую среду в большей степени, чем какой-нибудь гипс, доломит или полевой шпат. Однако это только так кажется, и то только тогда, когда эти минералы находятся в соприкосновении с газообразной или жидкой средой. В тех же случаях, когда минералы находятся внутри пород, они еще более чужды геохимическим процессам, чем, например, белки живой материи, находящиеся в организмах, ибо они находятся в областях геохимического безразличия, а находящиеся внутри организмов живой материи белки входят в многочисленные химические реакции, которые отражаются в земной коре, в частности постоянно вызывают газовые процессы, в ней идущие, имеющие столь большое значение в истории земной коры. Значение живого вещества, тесно связанное с нахождением и образованием в нем белков, в истории газообразных кислорода, азота, водорода и его соединений, соединений углерода (углекислоты) не может быть достаточно переоценено, и нельзя дать истории этих элементов в земной коре, не принимая ее во внимание. Однако и до сих пор не осознано исключительное значение организмов в истории этих газов¹.

Но мы не можем и не должны ограничиваться только этими элементами. Уже сейчас мы видим, что необходимо принимать во внимание определенные химические соединения организмов — и продукты их изменения — в истории P, S, Ca,

¹ В более поздних работах В.И. Вернадский предложил ряд схем круговорота углерода и азота в системе биосфера-земная кора (См. Избр. Соч., т. I. М., Изд-во АН СССР, 1954, с. 221)

Mg, K, Na, Si, J, Fe, Mn и т.д. При этом в истории всех этих элементов имеют значение не только продукты распада соединений, образующихся в организмах, но и химические свойства и состав самих соединений.

Это впервые выясняется геохимией, как только она включает живое вещество в круг своего изучения.

19. Геохимическое изучение элементов должно идти двояким путем; с одной стороны, необходимо изучать распределение их в организме, а с другой — их судьбу в окружающей организм среде после их прохождения через организм¹.

Изучение их распределения внутри организма указывает нам на условия подготовки продуктов, образующихся в организмах, к тем геохимическим процессам, которые будут идти после смерти организма. Неравномерное распределение химических элементов внутри организма давно известно, но изучалось случайно и попутно и никогда не было подвергнуто систематическому обследованию². Для того чтобы уяснить себе концентрацию некоторых элементов внутри организма благодаря его строению и жизни, достаточно обратить внимание на историю J, Ca или Si в организмах.

Мы знаем, что эти элементы сосредоточиваются в организме в определенных его местах, причем для йода этим путем образуются такие его концентрации, которые почти не наблюдаются в других формах его нахождения в земной коре, например концентрация йода в тироидной железе млекопитающих, в йодоспонгине губок или в некоторых водорослях. Кальций сосредоточивается в виде карбоната и фосфатов в раковинах или костях, в скелетных образованиях губок, кораллов, водорослей, в скорлупах ракообразных и т.п. Процесс его извлечения из окружающей среды и сосредоточения в остатках организмов является одним из самых могучих процессов биосферы, и во всем его дальнейшем нахождении решающую роль играет та форма его соединений, которую выработали организмы.

Кремний выпадает в виде конкреций опала в стволах деревьев, фитолитарий в злаках, входит в состав скелетов губок, радиолярий, диатомовых, и хотя в истории кремния роль организмов не так ярка, как в истории кальция, но и здесь без нее история данного химического элемента не может быть нами понята.

Для многих других элементов мы имеем точно такие же концентрации в определенных частях организма, например для Cu, Fe, Mn, Zn, Co, P, S, Cl, Mg, Ba, V и т.п. К сожалению, эта область явлений изучена чрезвычайно мало в значительной мере в результате того, что в науке царит предположение об одинаковом химическом составе организмов и исключительном значении для них органогенных химических элементов³.

¹ Эта мысль В.И. Вернадского получила свое развитие за последние 20 лет. В настоящее время глубоко изучена роль микроэлементов в биохимии организмов и ююгеохимических процессах

² У В.И. Вернадского список элементов пропущен. Из дальнейшего текста можно подумать, что должны стоять J, Si, Cu, V, Mn, P, Ca, Mg, Ba и некоторые другие.

³ Сейчас имеется обширная литература по этому вопросу, который начал у нас серьезно разрабатываться под руководством В.И. Вернадского с 1926 г. в Отделе живого вещества КЕПС АН СССР, преобразованного в 1928 г. в Биогеохимическую лабораторию АН СССР — ныне ордена Ленина Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР.

Все эти химические элементы распределены в организме чрезвычайно неравномерно и концентрируются в определенных его частях. Поэтому можно изучать их нахождение в организме и с привычной для биологов морфологической точки зрения¹. <...>

Можно дать такую же анатомическую картину строения организма, которая получается при изучении распределения в нем его тканей и на основании распределения элементов. Яркая картина такой анатомии элементов получается, например, для позвоночных животных для кальция или фосфора, если мы отметим в организме места, обогащенные или обедненные данным химическим элементом.

Изучение распределения химических элементов внутри организма имеет значение для геохимических процессов в связи с тем, что в *живой материи как бы подготавливается их судьба в будущем в земной коре*: этим путем создаются некоторые из скоплений химических элементов в земной коре, так называемые в геохимии их химические области², в которых количество элемента больше (или меньше) валового среднего его содержания в земной коре или в коре выветривания. Ярким примером такого процесса является образование в земной коре скоплений углерода (химических областей для С и N) — углей и гумуса. Угли и гумус образуются только из тех частей углеродистых и углеродно-азотистых соединений, образовавшихся в организмах, которые очень стойки по отношению к внешним химическим агентам земной коры и получили такое строение уже в организме благодаря его жизненным процессам. А между тем в результате этого процесса идет образование определенных соединений в земной коре, которые иначе в ней не находились бы. Если бы организм для своих целей не создавал клетчаток, древесины, пектиновых веществ, смол, хитинов, не могли бы образоваться в земной коре асфальты, угли, гумусы и вся геохимическая история углерода и азота была бы совершенно иной.

Никакого участия в образовании углей, смол или гумусов не принимают такие организмы, которые не вырабатывают в результате своей жизнедеятельности в своем теле исходных для них чрезвычайно стойких углеродистых, как и азотисто-углеродистых, тел. То же самое верно и для всех других химических элементов, которые концентрируются в организме. Их прижизненная концентрация в неделимых живого вещества определяет их будущую геохимическую историю. Это ясно проявляется в истории P, Ca, Mg, S, Fe и т.д.

Поэтому можно понять геохимические процессы только тогда, когда будут хорошо изучены не только свойства этих образованных физиологическим путем концентраций, но и их количественное содержание в организме и в их совокупности — в живой материи.

Едва ли можно сомневаться в том, что мы имеем здесь дело с проявлением общего процесса — закона природы, сказывающегося, вероятно, для несравненно

¹ Это направление было развито А.П.Виноградовым. См. его работу «Химический элементарный состав организмов моря». – Труды Биогеохимической лаборатории АН СССР, 1935, вып III ; 1937, вып. IV; 1944, вып. VI.

² А.П. Виноградов применил к ним распространившийся в последствии термин «биогеохимические провинции»

большого количества элементов, чем мы это сейчас можем утверждать, может быть, даже для всех элементов. Но недостаток фактов не позволяет нам здесь идти далее, и поэтому необходимо ждать их накопления.

Вопросы эти более интересуют геохимика, чем биолога, и с этим связывается современное состояние наших знаний.

Но значение этих явлений в геохимии еще значительнее. Ибо, как мы увидим ниже, характер соединений, образующихся в организмах, чрезвычайно резко сказывается в явлениях, связанных с временным или длительным выходом химических элементов из биохимического обмена. Значение же этого процесса в истории всех химических элементов, как увидим, огромно.

20. Еще большее значение с геохимической точки зрения имеет другая сторона изучения организмов с химической стороны: точный учет и точный охват судьбы всех химических элементов того жизненного вихря — *tourbillon vital*, который Кювье так правильно счел за самое характерное проявление жизни.

Целый ряд новых очень определенных и нередко важных проблем выдвигается перед нами при таком изучении.

Среди них можно выдвинуть несколько, которые настойчиво требуют немедленного подбора фактов и точного расследования. Мне кажется даже, что они впервые выдвигаются в науке лишь благодаря созданию геохимии, ибо мы напрасно ищем их выражение в летописях прошлого науки. По-видимому, эти проблемы ставятся нами впервые.

Среди множества выдвигающихся задач необходимо на первое место поставить те, которые при большом научном значении в то же время могут быть быстро и точно охвачены силами и средствами современной науки.

В таком освещении вопроса на самое первое место выдвинется задача очень простая по своей логической форме — получение необходимого для всяких выводов в этой области знания и собранного точного материала фактов вне влияния каких бы то ни было теорий и предположений.

Этот материал заключается в точном познании химического состава однородных живых веществ, в знании распределения и количественных соотношений химических элементов, составляющих «жизненный вихрь» каждого вида и расы растений и животных.

Основную задачу работы составляет сейчас точный и полный элементарный химический анализ всех сотен тысяч видов и рас организмов, изученных морфологически.

Как я уже указывал выше, мы находимся здесь в чрезвычайно печальном положении. Хотя на приобретение познания химического состава организмов потрачено много труда, мы не имеем самых элементарных данных для наших заданий, когда мы захотим воспользоваться результатами этой вековой аналитической работы, нам приходится пользоваться чрезвычайно несовершенным и неполным качественно и количественно материалом ¹.

¹ См. комментарий 20.

А между тем именно сейчас изучение элементарного химического состава приобретает для нас особое значение благодаря тому изменению, какое приобретает в нашем научном миропонимании химический элемент. Для нас сейчас химический элемент составлен из определенных резко отличных и характерных для каждого элемента атомов, которые составляют своеобразную систему электронов и ядер атомов. Количество химических элементов отвечает столь же различному количеству таких систем. Элементарный химический анализ дает нам представление о количестве и взаимном соотношении этих систем в живой материи. Присутствие или отсутствие какой-нибудь атомной системы в организме не только не является случайностью, но и связано с разнообразными и важными свойствами и организма и их совокупности — живого вещества.

В геохимии однородное живое вещество может быть сравниваемо в своем проявлении в геохимических процессах с минералом. Очевидно, и для понимания его участия в этих процессах оно должно дать нам те же химические данные о своем составе, какие мы имеем для минерала.

Сравнивая, однако, наши знания о химии минерала и химии однородного живого вещества, мы видим между ними резкое различие.

Наше знание химического состава однородной живой материи по крайней мере на одно столетие отстало от химии минерала. Работая с биохимическими объектами, чувствуешь, что в своем распоряжении имеешь только обрывки необходимых знаний, обрывки, правда, стоящие на уровне современной химии, иногда проникающие очень глубоко в познание частных, но совершенно не дающие общего представления о химическом составе не только живой материи, но и отдельного организма.

Несомненно, задача, выдвигаемая сейчас, больше и труднее, чем та, которая стоит перед нами при изучении минерала. Всех минералов самое большее около 2500-3000 видов, тогда как однородных живых веществ мы знаем сейчас не менее 750-800 тыс. видов. Правда, для минералов нам необходимо произвести химический анализ по возможности всех месторождений данного вида, но и для живой материи неясно, не будут ли проявляться огромные различия в химическом составе для рас и разновидностей разных видов, — не будет ли, следовательно, колебаний в химическом составе однородного живого вещества разных местностей?

Большие цифры необходимой работы не могут, конечно, пугать натуралиста, приступающего к изучению Природы; они в конце концов побеждаются коллективной работой поколений ученых. Бесконечно велико проявление всех ее процессов. Мы исчисляем и изучаем мириады звезд, миллионы фактов истории человечества, морфологию и биологию сотен тысяч миллионов видов, сотен тысяч, если не миллионов, радиаций энергии и т.п. И мы не останавливаемся никогда перед огромностью работы. А в данном случае и для данного момента она еще упрощается, ибо сейчас и немедленно для целого ряда геохимических проблем нет надобности знать химический состав всех однородных живых веществ. На первое время можно ограничиться теми, которые наблюдаются на поверхности в значительных количествах. Это те, которые играют преобладающую роль в расти-

тельных сообществах, составляют скопления или стада животных, преобладают в планктоне и других биоценозах. Если бы мы попытались составить списки таких однородных живых веществ, которые на Земле преобладают по весу, мы получили бы число в несколько десятков — если не в сотни — раз меньшее, чем общее число видов. Вероятно, мы сейчас уже знаем и так или иначе научно определяем огромное большинство из всех наиболее распространенных видов животных и растений. Вероятно, число таких распространенных видов не будет превышать немногие десятки тысяч.

К сожалению, в науке чрезвычайно мало обращают внимания на количество неделимых, которые составляют данный вид, а еще меньше на тот вес, который они представляют в составе земной коры.

Для получения хотя бы приблизительного впечатления о том сокращении работы, которое этим путем получается, приходится прибегать к косвенным данным — к указаниям на редкость или частоту данного вида и т.п.

Я попытался проделать учет некоторых классов организмов.

Виды, богатые неделимыми, вероятно, по весу во много раз превышают вес всех остальных видов, т.е. являются преобладающей живой материей этих групп организмов. Но, к сожалению, мы пока не имеем ни малейшей возможности перейти к каким бы то ни было весовым подсчетам. <...>

Количество видов насекомых превышает уже сейчас раза в три количество видов всех организмов, нам известных. Но всякий, кто всматривается в этот нас окружающий мир мелких организмов, поразительно разнообразный по своим функциям и по своим формам, знает, как малы — по весу — количества неделимых для огромного большинства видов насекомых, как относительно мало количество их видов, которые в форме однородной живой материи для каждой местности составляют значительные массы по весу. В области этих явлений мы встречаемся с временным возрастанием их значения, с появлением масс организмов (взрывчатым размножением) и затем с возвращением к обыденному небольшому весу отвечающего им однородного живого вещества. Одновременно происходит увеличение — или соответственно уменьшение — других видов насекомых, служащих данному пищею или ими питающихся. Такие сложные равновесия, конечно, должны и могут выражаться в числах, но они меняются во времени и указывают нам на то, что в данный момент имеет геохимическое значение небольшая часть тех животных и растений, которые составляют фауну и флору данной местности.

Итак, в данной местности и в данное время количество однородных живых веществ, накладывающих свои свойства на геохимические процессы, гораздо более соизмеримо с количеством минералов, имеющих значение в это же время и в этой же местности для этих процессов, чем это показывает между количеством всех видов организмов (т.е. однородных живых веществ) и видов минералов.

21. Но для геохимических проблем в настоящее время, может быть, имеет еще большее значение изучение не химического состава однородных живых веществ (аналогичных минералу), но их закономерные скопления сообществ (аналогичных горным породам) — целых естественных областей нахождения одно-

родных живых веществ.

Естественные области нахождения организмов обратили на себя внимание уже давно. Первоначальные понятия, с этими областями связанные, являются исконными в человечестве — лес, степь, болото и т.п. Они принадлежат к самым элементарным обобщениям вековой культуры, коллективного опыта человечества.

И они должны быть положены в основу наших научных исканий, правда, в измененном виде, ибо совершенно ясно, что все химические процессы, идущие в разных естественных областях, например в лесу или в степи, совершенно иные и что, изучая общий эффект влияния живого вещества на геохимические проявления земной коры, мы неизбежно должны отделять их друг от друга, например лес от степи.

Несомненно, в научных работах мы давно уже видим отражение этих представлений, например в прикладных отраслях естествознания — в науке о лесе, в полеводстве, в учении о болотах, которые начали складываться в научные дисциплины в XVIII в. Но более прочно и глубоко эти исконно осознанные естественные области нахождения живого вещества обратили на себя внимание ученых в самом конце XVIII — начале XIX в., когда впервые обыденные наблюдения над окружающей природой были объединены научной идеей в новых создававшихся тогда научных дисциплинах — в географии животных и географии растений.

Особенно велико было значение создания географии растений трудами Гумбольдта, углубившегося в растительный мир тропиков, и Валенберга, выдвинувшего те же идеи благодаря изучению природы севера.

В работах Гумбольдта мы и посейчас находим глубокие наблюдения и обобщения, которые более приближаются к исканиям нашего времени, чем работы его ближайших последователей. Из них исходят все те три основных течения — иногда их выделяют в отдельные науки, — которые характеризуют современное состояние географии растений.

С одной стороны, мы имеем здесь экологическую географию, или экологию, которая получила широкое развитие с 1880-х годов, когда Варминг и независимо от него и другими путями Шимпер создали эту дисциплину, собрав большое количество ранее наблюденных фактов, осветив их общими идеями и вызвав энергичную работу научной мысли в этом направлении. Они выделили в эту отрасль знания изучение отношения организмов к внешнему миру и изменение организмов, их физиологических функций и морфологической структуры в связи с внешней средой — влагой, теплом, почвой.

С другой — из тех же идей и работ Гумбольдта вышла область фитогеографии, которая обратила на себя особое внимание натуралистов и вызвала множество работ. Она дала нам флоры целого ряда местностей и выяснила распространение видов растений в их историческом и географическом обмене. Для тех задач, которые встают перед геохимией, эта часть географии растений имеет наименьший интерес и значение, а между тем до последнего времени она обращала на себя наибольшее внимание.

Гораздо большее значение имеет для геохимика учение о сообществах, или фитосоциология, в ее географическом изучении. И здесь мы исходим из удивли-

тельных углублений в природу Гумбольдта. Но его искания не охватывались научным сознанием, и, хотя никогда не терялись эти вопросы из научного кругозора, они получили значение главным образом в последней четверти XIX столетия — начале XX в. Дружная работа многих ученых, среди которых новаторами явились С.И. Коржинский, Пачоский, Морозов — последний в учении о лесе, — создала на наших глазах эту дисциплину. Между Гумбольдтом и этими русскими работами мы встречаем целый ряд отдельных лиц, обращавших внимание на эти вопросы, среди которых можно упомянуть работы Матьюса 1830-х годов, обратившие на себя внимание лишь в 1860-х годах. Сейчас работы многочисленных, главным образом русских, американских, датских ученых быстро охватывают эту вновь сложившуюся отрасль знания.

Однако и в современном виде учение о растительных сообществах является недостаточным для задач геохимии. Оно искусственно выделяет животных, теснейшим образом химически связанных с растительными сообществами.

22. Для целей геохимии необходимо одновременно пользоваться и животными и растительными сообществами. Необходим синтез концепций географии растений и животных. К концу XIX в. и география животных начала получать изменения, делающие ее более удобной для решения геохимических проблем. Задачи географии животных уже были ясно поставлены в середине XVIII столетия Бюффоном, но вплоть до второй половины XIX в., когда началось систематическое изучение морской жизни, выводы зоогеографии были далеки от приложения к вопросам геохимического характера. Лишь в последнее время, со времени более тщательного изучения планктона, рыбных богатств и введения учения о биоценозе, зоогеография начинает приобретать большое значение и в этой области науки.

Однако и до сих пор состояние этих отраслей знания не отвечает тому уровню требований, какие здесь выдвигаются. Чрезвычайно характерно, что в географии растений остаются в стороне все или почти все низшие растения. Она почти всецело сейчас строится на изучении явнотрачных. В зоогеографии, с другой стороны, все новые течения, в частности явления биоценоза, совершенно не переносятся на сушу, а приурочены к жизни морских организмов. География морских растений, как и организмов на суше, до сих пор не получила необходимого углубления.

Такое состояние наших знаний в этих областях требует коренного изменения, раз только мы подходим к решению геохимических проблем. Мы не можем здесь оставлять в стороне ни одну группу организмов, тем более что, как увидим дальше, весь живой мир, вся живая материя представляют одно целое с геохимической точки зрения.

Для того чтобы учесть геохимический эффект скопления живого вещества, необходимо изучать геохимический эффект жизни в какой-нибудь естественной области земной коры; необходимо брать все живые однородные организмы, в нем находящиеся, из всех классов и групп организмов. Только химический анализ средней пробы так взятого сообщества организмов может иметь значение для учета геохимических процессов. Конечно, для получения этого среднего числа

мы можем, если это практически удобно, исходить из анализа его частей, подобно тому как мы это делаем при учете химического состава горной породы. Как ни трудна такая задача, она исполнима и в общем должна давать не менее точные результаты, чем химический анализ горной породы какого-нибудь горного массива.

В основу нашей работы мы положим растительные сообщества экологической географии на суше и биоценозы зоогеографии океанов. Это связано с тем, что зеленый мир растений преобладает по своему химическому эффекту на поверхности материков, тогда как в море господствует подвижная среда животных.

Очевидно, беря все растительное сообщество вместе с его животной, грибной и микроскопической жизнью, мы в действительности имеем дело с новым понятием, отличным от растительного сообщества ботаников и выходящим за пределы зоогеографии растений и всех с ней связанных отраслей знания. Оно может быть названо новым именем *сгущения живого вещества*. Тем же именем мы назовем — и тождественное получим понятие — и биоценозы водных бассейнов, причем и для них включим все проявления жизни, к какому бы царству и к какому бы классу они ни относились.

Сгущения и разрежения живого вещества

23. Я ввожу новое понятие «сгущение живого вещества» и не беру старое понятие биоценоза, так как в основу нашего рассмотрения жизни мы берем такие данные, как массу, состав и энергия живых организмов, которые я вводил в кругозор работ над биоценозом, не говоря уже о растительных сообществах.

Исходя из этого понятия, мы убедимся, что нет необходимости подвергать химическому анализу все находения живого вещества на земной поверхности, все растительные сообщества и все биоценозы.

В геохимических процессах значение живого вещества обуславливается в значительной мере его количеством на данной площади (или в данном объеме) суши и в данном объеме гидросферы. Учет этого количества главным образом и отличает сгущение живого вещества от биоценоза.

В связи с этим для геохимических целей мы будем различать *сгущения живого вещества*, когда количество его для данной единицы больше среднего, и *разрежения живого вещества*, когда оно меньше среднего¹ <...>

Сгущения и разрежения живого вещества являются характерным, очень удобным приемом для работ в биологической географии. Их распределение на земной поверхности совершенно закономерно, и количество типов их ограничено. Количество живого вещества, сосредоточенного в сгущениях, во много раз превышает его количество в разрежениях. Это ясно без всякого объяснения. Достаточно сравнить то количество живого вещества на единицу площади или на единицу объема, которое сосредоточено в таких сгущениях, как тропический лес или северное болото, с количеством его в таких разрежениях, как вечно снежные области полярных стран или песчаные пустыни подтропической области, например пустыни Персии.

¹ См.: Вернадский В.И. Геохимические циклы сгущений жизни и живых пленок гидросферы. Очерк второй. Область жизни. — Изб. Соч., т. V. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 89

Изучение сгущений и разрежений живого вещества вызывает ряд важных и интересных проблем и требует специальной разработки, которую я надеюсь дать в другом месте. Здесь же необходимо лишь отметить, что в начале работ в этой области можно оставить в стороне разрежение живого вещества и изучить только типы сгущений, ибо при таком изучении мы захватим главную массу зеленого живого вещества. Благодаря этому задача первоначальной, наиболее спешной работы в значительной мере упрощается.

Сгущения и разрежения в общем совпадают с рамками экологических растительных областей, хотя в сгущения и разрежения входят все организмы.

Но это усложнение материала, подлежащего научному изучению, сколько можно судить, не ломает рамок экологических растительных единиц, но лишь вводит в них внутренние подразделения.

24. Сгущения и разрежения не вполне достаточны для охвата всего живого вещества суши. На ней мы встречаем временами своеобразные временные или постоянные сгущения живого вещества или в атмосфере, или на суше, которые нарушают общую картину тех малоподвижных областей земной поверхности, какими являются совпадающие с экологическими провинциями области сгущений или разрежений.

Таковыми нарушающими обычную картину явлениями будут временные разрежения наших снежных покровов или те скопления красной пассатной пыли, которые постоянно несут мельчайшие растительные частицы и организмы на западном берегу Африки.

Но еще чаще такими нарушителями являются периодические или временные скопления и передвижения животных — лет стрекоз, пауков — или столь много обращавшие внимание натуралистов перелеты птиц. Они повторяются из года в год, (играют, как мы увидим дальше, огромную роль в геохимической истории химических элементов, но, очевидно, не являются сгущениями, ибо не представляют географического понятия, каким являются и сгущения и разрежения живого вещества.

Это как бы подвижные и передвигающиеся горные породы, несущие химические элементы из одной местности в другую.

Мы одинаково должны химически знать химию как неподвижных постоянных сгущений живого вещества, так и этих его подвижных, временных и передвигающихся. Иначе картина явлений будет неполной. К тому же и эти подвижные массы живого вещества не случайны, а закономерны. Меняясь во времени и месте на земной поверхности, они существуют всегда и должны быть поэтому приняты во внимание, раз мы хотим получить картину химического состава живой материи в данный момент времени.

Когда от суши мы перейдем к океанам, заключающим еще большие количества живого вещества, мы можем и для них отличать определенные географические области сгущений и разрежений. Для них значение научных достижений фитогеографов отходит на второй план.

В океане на первое место выступает не растительный, а животный мир. Зеленый покров суши, столь разнообразный, в значительной степени заменен там зеленым планктоном, почти невидимым глазу, в закономерной связи с которым

находятся своеобразные сгущения и разрежения, определяемые главным образом свойствами животных организмов. Если на суше мы можем оставить без рассмотрения животный мир, давая первые контуры распределения живой материи, то этого нельзя сделать для океанической жизни.

Биологи последнего времени, углубляясь в изучение жизни и распределения морских организмов, остановились на понятии биоценоза, который охватывает и растительный и животный мир, находящийся в сообществе в одном и том же месте земной коры. Очевидно, биоценоз совпадает еще больше, чем растительные формации или экологические провинции, со сгущениями и разрежениями.

И в биоценозах в первое время для анализа важно принимать во внимание только такие биоценозы, которые совпадают с понятием сгущения, но не разрежения живого вещества.

Необходимо сверх того для геохимических целей несколько расширить обычное понимание биоценоза, введенного только для бентоса, для населения морского дна. Под словом «биоценоз» надо было бы подразумевать не только структуру живого мира бентоса или дна глубоких морей, но и планктон, покрывающий поверхность океана, такие скопления водорослей и связанного с ними мира организмов, как в Саргассовом море. Биоценозом надо было бы называть и тот мир организмов, который плавает в промежуточных слоях между поверхностным планктоном и миром дна глубоководных частей океана, который едва нам был приоткрыт исследованиями князя Монако.

Везде здесь мы найдем сравнимые между собой формы сгущений и разрежений живого вещества, как бы их ни определяли зоогеографы и океанографы. Во всем дальнейшем изложении я буду называть все эти водяные сгущения биоценозными сгущениями.

Характер океанической жидкой стихии и легкая подвижность многих морских животных, возможность для них пребывать на разных глубинах, их социальная совокупность, временная или постоянная, временами связанная с биологическими привычками, из года в год повторяющимися, делают здесь еще более необходимым не ограничиваться для химического анализа только неподвижными биоценозами. Необходимо брать и те сложные по составу скопления организмов разных однородных живых веществ, какие представляют собой, например, перемещающиеся в морях тучи рыб или асцидий. За рыбой, например сельдью, идут следом поедающие ее хищники и их спутники, в ней поселяются многочисленные паразиты, и это все, вместе взятое, представляет естественное скопление живой материи, не менее характерное и важное в своих геохимических проявлениях, чем постоянные биоценозы морского дна. Мы увидим ниже, какое огромное значение для обмена вещества суши и моря имеют странствования полчищ рыб во время нереста в реки, аналогичные во многом перелетам морских птиц с берегов океана вовнутрь континентов. Но и в других отношениях мы имеем в форме этих биологических явлений могучие перемещения химических элементов биосферы, о которых мы будем иметь понятие только тогда, когда будем знать химический состав этих сгущений.

Для такого химического анализа, очевидно, мы должны брать картину земной поверхности в том виде, в каком она нам теперь представляется. А сейчас большая часть земной поверхности резко изменена огромным многовековым трудом человечества, являющимся проявлением его созидательной жизни. Мы увидим, что с геохимической точки зрения труд человечества является одной из величайших геохимических сил, появление которой на нашей земной коре вызывает с геохимической точки зрения любопытнейшие вопросы общего характера. <...>

25. Это явление выступает на первое место в вопросах, изучаемых в геохимии. Здесь мы всегда должны принимать деятельность культурного человечества как такое же проявление естественных сил, как и все другие формы живой материи. Человечество является неотъемлемой частью живого вещества.

Несомненно, созданные его сознанием, волей и трудом сгущения и разрежения живой материи являются во многом иными, чем те сгущения и разрежения, какие наблюдались в девственных частях суши. Но тем более они должны быть химически изучены. Мы будем называть их культурными сгущениями и разрежениями. Таковы поля риса, всех хлебов, наши плодовые и цветочные сады, содержащиеся в порядке леса и луга. Но к ним должны быть прибавлены и многочисленные переходные формы. Появление этих культурных сгущений и разрежений могущественно повлияло на действительные их формы. Степь или прерия, не тронутые сохой, но на которые человек пустил стада домашних животных, химически не прежние степь или прерия. Лес, появившийся на пожарище, откуда человек при основном хозяйстве извлек несколько или одну жатву, не прежний лес, хотя бы человек и не трогал его, позволил ему восстанавливаться собственными силами Природы, как говорят, противопоставляя природу человеку, который, однако, является лишь ее небольшой частью. Мы знаем, что нужно много столетий, например, для того, чтобы после пожара появился сосновый или кедровый лес тайги нашего севера (в промежутке будет расти ель). И таких фактов множество.

В геохимии надо идти путем строгого наблюдения. Надо брать явление целиком, не выключая из него ничего на основании каких бы то ни было предположений. Культурные сгущения как реальный факт должны иметь в картине химического состава живого вещества как раз то значение, какое они имеют в данный момент земной истории. Их значение больше естественных сгущений, все быстрее меняющихся и исчезающих под влиянием культуры.

Любопытно, что, создавая вместо прежних сгущений новые — культурные, вместо тайги — поля, луга или культурные леса, человек одновременно создает и перемещающиеся массы живого вещества, подвижные сгущения, существующие, как мы видели, в океанах и на суше. Он продолжает и, может быть, усиливает ту огромную геохимическую работу смещения и передвижения химических элементов в биосфере, которую ведет в ней живое вещество в течение всей истории нашей планеты, на которой я остановлюсь позже.

Наряду с культурными сгущениями необходимо внести поправки в их неподвижные формы, приняв во внимание и эти новые подвижные сгущения, т.е. те но-

вые расы домашних животных, которые созданы человеком и которые, очевидно, влияют чрезвычайным образом на геохимический обмен химических элементов. Их влияние может быть учтено лучше, чем влияние диких животных, так как количество и вес их нам более известны и больше обращают на себя внимание.

Однако здесь возникает для нас новый вопрос, связанный с понятием живого вещества, так как видовой признак не может быть с такой строгостью прилагается к домашним животным, как к диким формам. Можно ли говорить, например, об однородном живом веществе для всех собак? Особенно потому, что и они, как и другие животные, произошли от разных видов. Поэтому здесь нам приходится обращать внимание на расы и иметь химические анализы наиболее обычных рас домашних животных как неизбежное добавление к анализу живого вещества культурных сгущений. Очевидно, и по отношению к расам необходимо брать для анализа видов только те из них, которые встречаются в большом количестве неделимых, так как только они сильно влияют на обычные геохимические процессы. Из многих тысяч рас домашних животных такое значение имеют немногие сотни.

Это изменение понятия живого вещества необходимо, однако, применять не только к домашним животным. Оно в не меньшем размере относится и к культурным растениям, так, например, едва ли можно сомневаться в том, что в расах пшеницы мы видим потомков нескольких видов. И для культурных растений однородное живое вещество должно относиться к расам, и соответственно на первое место надо поставить изучение тех сотен из многих тысяч, которые являются господствующими.

Количество рас растений гораздо значительнее числа рас домашних животных. Это видно, например, хотя бы потому, что для одного винограда в ампелографии учитывается около 1500 разновидностей.

Введение в химическое изучение культурных сгущений и рас домашних животных, наблюдаемых в больших количествах, ставит сразу на разрешение любопытный вопрос, имеющий большое общенаучное значение. Одинаков или различен их химический состав по сравнению с составом естественных сгущений и скоплений диких животных? Вносится ли этой работой человечества какое-нибудь коренное изменение в химическую среду биосферы, или мы имеем здесь дело с процессом, меняющим только морфологический лик земной коры без изменения ее химического состава, на что, по-видимому, указывает резкое противоречие между эволюционным изменением видов в течение геологического времени и неизменностью циклов минеральных процессов? Или же в человеческом сознании мы имеем ту силу, которая меняет — в направлении эволюции — неподвижные циклы геохимических реакций? Решить это может только точный количественный анализ, которого для этих тел и явлений природы мы не имеем.

26. Химический анализ в биологии. Таковы те данные химического характера, которые мы должны были бы иметь для самых основных и элементарных задач геохимического характера. Если мы теперь обратимся к тому, что сделано в этой области в течение более чем столетней работы со времени создания точной аналитической химии, мы убедимся, как я уже указывал, что не сделано почти

ничего, что геохимики сталкиваются здесь с почти незатронутой областью, почти с *tabula rasa*.

Любопытно, что и в этой области, как очень часто в других научных вопросах, мы видим, что нам приходится вновь идти по тому пути, по которому была пошла научная работа, но остановилась с течением времени. Вскоре после успехов новой химии, с конца XVIII в., со времен Лавуазье, а может быть, даже раньше, с середины века, со времен Руэля, и вплоть до середины XIX столетия, многочисленные химики анализировали и химически изучали все тела природы, какие могли достать, в том числе и виды растений и животных. Этим путем были сделаны многочисленные открытия, например йода и брома в водорослях, меди Ежоном в зеленых растениях и т.п. Эти старые работы заключают нередко интересные и посейчас указания, например указания Воклена на нахождение мышьяка и меди в организмах, но мы можем ими пользоваться с большим трудом, так как методы их работы не отвечают нашим современным требованиям. Они дали свое и создали аналитическую химию, но не имели продолжения. Создание органической, а затем физической химии, множество вопросов техники и других наук, требующих химического исследования, создание и проверка химических теорий отвлекли научную работу на другой путь. Со второй половины XIX столетия, с 1860-х годов, вопрос о химическом составе и свойствах организмов затрагивается почти всегда попутно, главным образом при решении разных физиологических, агрономических зоотехнических или технико-химических проблем. Он уже не ставится с единственно всеобъемлющей широкой точки зрения — с точки зрения наблюдательного естествознания — точного описания природного явления. Химический состав организма не был признан характерным признаком вида, и его познание не казалось характерным проявлением животных и растительных социальных скоплений. Так, его приходится ставить только теперь благодаря геохимическим проблемам, вошедшим в науку. Мы возвращаемся этим путем к старым проблемам и вновь беремся за нить исканий, брошенную 60-70 лет назад, через несколько научных поколений.

Несомненно, среди массы фактов — тысяч химических анализов, которые мы имеем в своем распоряжении, — мы найдем данные по интересующему нас вопросу, но данные эти будут неполными и случайными и очень разной ценности. Мы воспользуемся, конечно, и ими для возможных выводов, но для огромных групп животного и растительного царств мы даже не имеем и их! <...>

27. Едва ли будет ошибочным утверждение, что значительно больше 90-95% видов животных и растений являются *terra incognita* в химическом отношении, что мы не только не имеем для них каких-нибудь количественных химических данных, но что даже качественный их состав известен нам только по аналогии, допустимость которой — без поправки — в данном случае отнюдь не является ясной.

Познание химического состава организмов и качественно и количественно не может быть даже сравниваемо с познанием химического состава минералов. Оно отстало от него на несколько научных поколений и отвечает нашим знаниям в минералогии начала XIX столетия.

Основной причиной нашего незнания является пренебрежение химическим составом организмов как причиной, вызывающей то разнообразие морфологических форм живой природы, которое одно и захватило мысль человека. Лишь за последнее время в сознание человека начинает проникать представление о том, что организмы не только различны морфологически, но и химически, что каждому виду организмов, каждой однородной живой материи свойственны свои, ему только принадлежащие химические соединения, свой химический состав, отличающий его от других однородных живых веществ. Каждый вид организмов, каждое однородное живое вещество отличаются от других организмов не только морфологически, но и химически. Химический состав есть видовой признак.

Из этого довольно распространенного сейчас среди натуралистов взгляда не делается, однако, соответствующих выводов. Рассматривая современную литературу, мы видим в ней до сих пор как бы господствующим старое, не основанное на фактах воззрение на химический состав организмов как на общий для всех, единый для всего живого.

Предполагают все организмы составленными из одинаковой протоплазмы. Но химического анализа плазмы, сколько-нибудь отвечающего научным требованиям, мы до сих пор не имеем. Гипотеза о единстве плазмы обоснована морфологически и несет на себе отпечаток тех натурфилософских влияний, которые в свое время привели в биологии к великому открытию клетки и ее плазмы.

От единства состава протоплазмы перешли к единству и химического состава всего живого. В биологии мы сейчас наблюдаем, как я уже указывал выше, чрезвычайно смелый перенос химических представлений от одного организма к другому. Представления о составе одного организма, научно полученные, переносятся на другой, неизученный. Химия организма изучается так, как изучалась анатомия человека времени Галена. Несомненно, результаты получаются не более блестящими.

28. Эти взгляды на химическое единство всей живой природы сказываются в том, что при химическом анализе организмов обращают внимание только на некоторые химические элементы, которые необходимы для жизни всех, без исключения, организмов. В этих химических элементах обычно видят те элементы, которые входят в состав общей для всех организмов первичной плазмы и в отсутствие которых организм не может развиваться. Это так называемые органогенные элементы.

Такое определение химического состава организмов медленно проникало в сознание натуралистов. Уже в конце XVIII в., после великих работ Лавуазье, Пристли, Кавендиша и ученых их эпохи, вошло в общее сознание значение для жизни газообразных элементов, полученных из воздуха, — С, Н, N и О. Блестящие успехи изучения газов оттеснили значение зольных элементов. Старые правильные представления об их значении Палисси в XVI в. и Рюккерта (1789) не были осознаны. Сенебье и де Соссюр в начале XIX в. ясно понимали необходимость для проявления жизни присутствия в организмах ряда химических элементов, помимо элементов, получаемых из воздуха. Но указания этих оригинальных и талантливых натуралистов мало обратили на себя внимания. К тому же вплоть до

1840-х годов не исчезали представления о том, что необходимые для жизни зольные части организмы создают себе сами жизненной силой. Лишь с конца 1840-х годов видим мы окончательный отказ от этих представлений. Значение зольных частей растений ясно сознавалось к 1830-м годам многими видными учеными, например Декандалем в 1831 г. Шпренгель и Либих уже в конце 1830 — начале 1840 г. прочно установили значение для жизни зольных частей зеленых растений, получаемых из почвы, и Либих на этом основал всю свою теорию удобрения и выяснил значение ряда химических элементов на основании наблюдений над составом золы растений. Скоро к этим доказательствам присоединился и опыт. В наблюдаемой золе могли находиться и действительно необходимые для жизни растений химические элементы, и такие, без которых организмы могли обойтись и которые попали в их состав случайно, с почвой. Несомненно, в такой форме мысль эта включает в себе уже гипотезу о случайности состава золы, но она господствовала среди натуралистов того времени. Отделить нужные элементы от случайных считали возможным путем опыта. <...> (ф. 518, оп. 1, д.53, л. 10-30).

29. Эти воззрения получили особое значение с конца 1860-х годов, когда учение о протоплазме вошло в общее сознание натуралистов. Особенно ботаники обратили внимание на эти вопросы и поставили ряд соответствующих опытов в водных культурах. Понемногу они уменьшили количество химических элементов, необходимых для жизни всех растений, и в конце концов смогли низвести его до немногих простых тел химии — С, Н, О, N, P, K, Ca, Mg, Fe, причем для некоторых низших растений нахождение Са оказалось ненужным, а неизбежность Fe для других организмов вызывала сомнение. Однако в этом выводе заключалось опровержение исходной идеи. Ибо, хотя бы по отношению к кальцию, оказалось несомненным неодинаковое отношение к нему различных растений. Одни из них не могут жить в водных культурах при отсутствии его солей, другие живут. Но то же самое начало выясняться и для других элементов, как, например, для кремния. Однако это долго не было ясным, и, исходя из воззрений о существовании немногих органо-генных элементов, ботаники, а затем и зоологи стали при анализах обращать внимание не на все химические элементы, а на некоторые, органо-генные, т.е. на те, участие которых в организме или безусловно необходимо, или вероятно. Вследствие этого в подавляющем большинстве случаев другие химические элементы оставались без внимания. Это были элементы, которые в большинстве случаев — но далеко не всегда — встречались в минимальных количествах.

Зоологи, хотя и не могли опираться на такие точные опыты, в общем шли тем же путем и приходили к немногим химическим элементам, имеющим значение с точки зрения состава живой материи. Список этих элементов, встречаемых в составе животных организмов, был не раз составлен эмпирически, он длиннее списка ботаников и включает все органо-генные элементы растений. Огромное большинство анализов и для животных организмов не выходило за пределы исканий этих обычных элементов, хотя для животных организмов, может быть, с еще большей очевидностью, чем для организмов растительных, на каждом шагу бросалась в глаза ошибочность основной идеи об общности их химического состава.

В последнее время мы наблюдали, однако, проникновение в науку новых представлений, которые делают совершенно невозможным продолжение такого отношения к химическим анализам живого вещества.

Во-первых, выяснилось значение для жизни и развития организма таких количеств химических элементов, которые, очевидно, не могут служить для построения тела организма, но тем не менее без них организм правильно развиваться не может. Таким элементам приходится придавать значение возбудителей или катализаторов. Явления этого рода были открыты давно уже, в 1869 г., Росленом для марганца <...>, но обратили на себя внимание лишь в конце XIX — начале XX столетия. Сейчас накопилось очень много фактов этого рода, которые указывают нам на ту сложность химических процессов, которая наблюдается в живом веществе. Хотя количество таких элементов ничтожно в общем весовом составе организма, однако они всегда в нем находятся и в общей массе живого вещества составляют и по весу очень значительные массы. А так как очень многие из этих элементов принадлежат как раз к таким, которые и в биосфере находятся в небольших количествах, то роль организмов в их биохимической истории получает еще большее значение. В то же самое время значение для жизни организма небольших следов элементов требует и с биологической точки зрения изменения обычных приемов анализа и пересмотра старых, где все не «органогенные» элементы не были приняты во внимание.

С другой стороны, сейчас подвергнуты сомнению самые основы работы с водными культурами. Работы Мазэ над маисом 1914-1919 гг. показали, что маис не выживает в водных культурах, составленных исключительно из солей органических элементов. Он выживал в опытах прежних исследователей только потому, что взятые при опытах соли не были достаточно чисты и содержали следы других элементов, необходимых для жизни. Когда были употреблены более чистые препараты, маис в таких растворах пропал. Опыты Мазэ, мне кажется, с несомненностью доказывают, что нет общей, одинаковой питательной среды для всех растений и, в частности, для маиса необходимо присутствие солей по крайней мере 18 химических элементов (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Cl, F, Zn, Mn, B, Al, J, Si), а для других растений этот список будет иным.

Благодаря этим опытам исчезает единственная опытная основа учения об органогенных элементах.

Очевидно, необходимо возможно скорее выйти из того положения, которое Роздано благодаря неверным предпосылкам, принятым за основание при ведении химических анализов. И прежде всего необходимо возможно быстро выяснить качественное распределение химических элементов в разных организмах¹.

Это вполне возможно и легко достижимо, ибо в спектроскопических методах исследования мы имеем могучий метод изучения, который быстро и точно приведет нас к полному решению этого вопроса.

¹ Работы по анализу живого вещества послужили основой для развития многих новых методов химического анализа

Поэтому я несколько не сомневаюсь, что спектроскопическое изучение живого вещества, которое я не мог произвести из-за отсутствия возможностей, будет сделано, так как оно вызывается всем развитием науки.

Едва ли лучшую картину представляет нам наше знание химического состава сгущений живого вещества и социальных скоплений (подвижных сгущений), несмотря на то что мы имеем здесь дело с такими областями научного знания, как наука агрономическая и зоотехническая, в которых со второй половины XIX в. химический учет явлений получил огромное, почти преобладающее значение.

Для естественных сгущений данные совершенно случайны. Их почти нет. И в тех, которые имеются, мы не имеем химических анализов, относящихся к живому веществу или которые мы можем к нему отнести. И здесь данные получались случайными при решении других задач, для которых почему бы то ни было необходимо получить химический анализ.

Совершенно ясно, что во многих случаях получение чисел химического состава сгущения живого вещества само по себе является сложной задачей. Даже, например, в таком простом случае, как химический состав леса, где для получения чисел анализа необходимо проделать сложную работу: надо знать количественный состав леса, чисто ли он сосновый или же включает и другие породы, необходимо учесть живое вещество, которое заключается в почве, в находящейся на ней травянистой растительности, в животных, которые населяют лес.

Проще всего разбить анализ этого сгущения на отдельные его части. Однако сейчас в этой области совершенно не выработаны методы количественного весового анализа. Мы останавливаемся перед первой же стоящей перед нами предварительной задачей: как разбить лес на составные части, как определить процентный количественный состав его из различных растений и животных. Несомненно, это задача разрешимая. Если она до сих пор нигде не сделана, то это было только потому, что она не ставилась в науке. Но, разрешив ее, мы встретились бы с новыми затруднениями. Так, представления о химическом анализе основного элемента всякого леса-дерева, в данном случае сосны, как всякого большого организма, вызывает само по себе большие трудности, так как невозможно взять для анализа всю сосну и приходится пользоваться косвенными приемами работы. Некоторые упрощения вносятся в эту работу тем, что в лесном хозяйстве определяется количество продуктов разной цены, получающихся с данной единицы поверхности, и соответственно можно отдельно произвести анализ этих продуктов, отнеся их к живой сосне, т.е. отдельно произвести анализ древесины, сучьев и ветвей с иглами, корней. К сожалению, мы и здесь имеем немногие данные, которые мы не можем отнести к живому организму.

Но если, так или иначе, мы имеем некоторые данные для господствующей, древесной породы леса, то для остального его населения у нас совсем нет данных, за исключением почв.

Для почв мы имеем огромное количество анализов, причем до некоторой степени смогли бы получить представление о количестве находящегося в них живого вещества по заключающимся в почвах С и N, но, к сожалению, мы не знаем,

сколько углерода и азота почв входит в живое ее вещество и сколько является в форме мертвых соединений, возникших при его разрушении. Мы химически изучаем убитую, но не живую почву. Но в том, что мы называем ее гумусом, значительная часть С и N анализов относится к «живой» почве и к той части ее гумуса, которая состоит из микроорганизмов, из водорослей, бактерий, грибов, мельчайших живых остатков других организмов. Анализ почвы с этой точки зрения не сделан, но едва ли можно сомневаться, наблюдая почву в ее естественной обстановке, что она гораздо более проникнута жизнью, чем это мы думаем, беря ее высушенные и просеянные части для анализа. Почва — это мир сапрофитов и автотрофных организмов разного рода, непрерывно перемещающих ее химические элементы из живой среды в мертвую и обратно.

Сверх того, все анализы почвы дают нам едва ли верное понятие о химическом составе естественного тела, каким является почва, потому что в веществе, выбранном для анализа, всегда тщательно отбрасываются находящиеся в почве организмы и их остатки, т.е. из почвы для анализа выбрасывается наиболее богатая живым веществом самая верхняя ее часть. Таким образом, получаемое для анализа вещества отнюдь не тождественно с проникнутой жизнью почвой и не дает полного представления о ее химическом составе. Поэтому и для живого вещества почвы необходимо проделать новые анализы, а нельзя, к сожалению, использовать имеющиеся в нашем распоряжении тысячи уже сделанных.

Можно сказать, что мы имеем чрезвычайно мало данных для познания химического состава сгущений и не можем получить сколько-нибудь точного об них представления, не только количественного, но даже и качественного. И это относится не только к таким сгущениям, как леса, или луга, или степи, где, как мы видели, приходится с трудом комбинировать отдельные части целого, производить огромную предварительную работу, но и в более простых случаях. Так, например, никакого затруднения не представляет анализ планктона. Явления изменения планктона озер; который колеблется в своем морфологическом составе в связи с временами года, очевидно, связаны и с изменениями его химического характера. Сделать такие анализы не представляет особых трудностей, но те анализы, которые мы имеем, случайны и не дают нам ясного представления о составе планктона как о геохимическом явлении. А между тем мы имеем для озерного планктона следующие основные черты: 1) космополитичность морфологического состава на всей земной поверхности, 2) правильную смену по временам года в известном, мало по-видимому, изменяющемся порядке и 3) его значение как пищи для огромного количества водных животных и насекомых. Очевидно, поэтому являются далеко не безразличными тождественность или различия такого планктона в химическом отношении. Не является ли по химическому составу планктон идентичным для всей земной поверхности, т.е. нет ли на Земле однообразного исходного химического материала для пищи самых разнообразных фаун? Нет ли химической правильности в составе планктона по временам года, на что, по-видимому, указывает постоянно повторяющееся обогащение озерного планктона диатомовыми, т.е. увеличение в нем кремния, а может быть, и алюминия к зиме?

И если химическая правильность есть, то в чем она выражается в конечном итоге в геохимических процессах? Сейчас мы можем только ставить эти вопросы, хотя получить материал для них не представляет технических трудностей. Но данные до сих пор не получаются, так как интерес к этим вопросам недостаточен.

Еще более важные вопросы связываются с изменением морского планктона, ибо планктоны захватывают еще большую область и земной поверхности, и живого вещества и более грандиозны по своим размерам. И для них наблюдаются колебания состава связи с временами года, совершенно отвечающие пресноводному планктону. Но отсутствие этих анализов сказывается чрезвычайно печально на валовом составе воды океана. Мы изучаем при обычных наших анализах не реально существующую воду океана, а чисто отвлеченное построение — водный раствор. Этот водный раствор только и принимается нами во внимание во всех наших суждениях об океанических химических процессах и, очевидно, должен приводить — и приводит — к неверным заключениям.

Точно так же не по трудности работы, а по отсутствию сознания в ее необходимости не делается сейчас химическое изучение водных и земных временных сгущений живого вещества, например рыб во время перехода в реки (и обратно) во время нереста и в стадии мальков, туч саранчи и гусениц и т.д., явлений, совершающихся постоянно вокруг нас и имеющих огромное не только биологическое, но и геохимическое значение. Но фактов нет — нет ни одного анализа, и эти передвижения химических элементов по земной коре в форме живой материи являются для нас загадочными. Едва ли можно сомневаться в том, что они и с этой геохимической точки зрения отнюдь не представляют чего-нибудь случайного в неизменных круговых химических процессах земной коры, которые нам открыла геохимия, и их изучение откроет, может быть, и неожиданные сейчас явления природы.

Немного лучше обстоит дело, когда мы переходим к изучению с этой точки зрения культурных сгущений.

Здесь мы на первый взгляд как будто находимся в кругу химических расчетов, основанных на точном измерении, на весовых исчислениях, на химическом количественном анализе.

Уже с первой половины XIX в., после блестящих и глубоких работ Дэви, Буссенго, Либиха, с разных точек зрения направивших человеческую мысль в одном и том же направлении, начался целый поток работ во всех странах света. Уже десятилетия назад появились указания на безграничность материала, собираемого в этих анализах (Вольф, 1865), и действительно, здесь сейчас собран колоссальный материал цифр и химических данных, но в этом материале мы с трудом можем найти случайные и искомые числа, которыми мы можем воспользоваться для самого общего представления о химическом характере культурных сгущений и домашних животных, и растений. Геохимическая картина явлений и здесь очень неполна и потому неясна.

Однако все же кое-какие данные мы имеем. Есть анализы урожаев культурных посевных площадей, которые дают нам представление об одной из важных составных частей данного сгущения, о составе надземных частей растений — со-

ломы, зерна, колоса, мякины. К сожалению, и здесь мы не имеем точного познания этого состава, так как он отнесен не к живому растению, а к высушенному при условиях, не дающих нам возможности точно восстановить числа по отношению к живому растению. Но приблизительно мы это сделать иногда все-таки можем. Мы не имеем еще двух элементов — анализа и определения количества подземных частей растений и полных анализов сорной растительности. При определении химического состава живого вещества почв мы встречаемся с теми же затруднениями, которые указаны выше.

Для лугов — естественных, но культурных, а также для искусственных — данные несколько меньше, они большей частью сводятся к анализу сена, причем опять-таки появляется то же затруднение, как и для полей, — трудность определить и количественно и качественно ту потерю в химических элементах, которая произошла в сене после того, как растения, его составляющие, не могут считать живыми, но находятся в стадии завядания. Однако и здесь кое-какие данные мы имеем.

В обоих случаях в анализ входит только часть животного населения культурного сгущения, которая случайно попадает в сено-и в меньшей части в пробу анализа. Огромная масса животного населения спасается при жатве или при кошени, и существование его совсем не отражается в химическом составе, нами получаемом при агрономических анализах.

Насколько я знаю, никогда не делались попытки количественно и качественно учесть животное население поля или луга; такая попытка требует довольно сложной работы, но отнюдь не является неисполнимой, по крайней мере в первом, довольно точном приближении.

Даже когда такой учет числа вредных насекомых делался, их химический состав оставался неисследованным.

Я не знаю никаких попыток химического учета сада, и очень мало данных можно найти в литературе для химического учета культурных древесных насаждений и культурного леса.

Из культурных сгущений мы имеем еще кое-какие обрывочные, очень недостаточные данные для водных культур — таких, как устричные мели или прудовые рыбные хозяйства. Здесь химический учет чрезвычайно мало вошел в жизнь по сравнению с полеводством и луговодством, и в связи с этим и данных у нас здесь еще меньше.

30. Переходя к подвижным сгущениям (скоплениям домашних животных), мы находимся в несколько лучшем положении. Кое-какие числа есть. В них, однако, есть два коренных дефекта, отражающиеся на всех наших выводах. Они во-первых, также не отнесены к живым организмам и переход к ним является не менее затруднительным, чем мы это видели для культурных растений, и, во-вторых, в огромном количестве анализов не приняты во внимание расы анализированных животных. Наконец, и таких анализов имеется недостаточное количество.

При таком состоянии наших знаний о химическом составе живого вещества понятно, что мы можем точно подойти лишь к немногим геохимическим проблемам, для которых имеет значение химический состав.

Есть ряд вопросов огромной научной важности, которые получают для нас реальное значение только тогда, когда такое положение в науке будет изменено и когда мы подойдем и в области этого геохимического фактора к тому уровню знаний, какого мы достигли для минералов и горных пород (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 30-33 об.).

31. *Вес организмов.* Помимо химического состава, живое вещество в геохимии характеризуется еще своим весом. Уже указано было не раз, что наши сведения о весе живого вещества не в лучшем положении, чем наши сведения о его химическом составе. Во многом они даже меньше, и внимание натуралистов еще меньше обращалось в эту сторону.

Познание веса в геохимии необходимо с разных точек зрения. Это число необходимо прежде всего для получения количественного химического состава живого организма, о чем я уже говорил раньше.

Но вес имеет значение и во всех других задачах, связанных с химическим составом: мы встречались уже с ним и в проблеме о среднем составе живого вещества по сравнению с составом биосферы или земной коры, и в связи с вопросом о значении живого вещества в количестве каждого химического элемента и т.д. И будем встречаться во всех проблемах, на всем протяжении этой работы.

Это и понятно. Все химические дисциплины целиком основаны на определении массы, это понятие пронизывает всю геохимию, и, очевидно, на ее язык должны быть переведены все явления Природы, которые составляют задачу ее исследования, в том числе и живое вещество, поскольку оно изучается с этой точки зрения.

Но и помимо чисто химических вопросов, понятие о весе организмов — живой материи — имеет огромное значение в современном понимании Природы. Ниже я подробно остановлюсь на некоторых проблемах, с ним связанных, — на вопросе о том, представляет ли количество вещества нечто постоянное в земной коре, или же оно меняется в разные геологические периоды или в течение одного и того же периода. Существует или не существуют постоянные весовые соотношения между крупными составными частями живого вещества и т.д.

Но, несомненно, затронутые вопросы — немногие из многих. Определение веса организма, главным образом живой материи, должно лежать в основе всей нашей работы.

В идеале мы должны знать средний вес неделимого однородного живого вещества, должны знать вес разных типов сгущений и разрежений, вес главнейших однородных живых веществ, вес главнейших подвижных сгущений живого вещества, вес главнейших частей живого вещества, изучаемого с точки зрения его структуры. Эти общие цифры, очевидно, могут дать нам множество новых данных, когда мы станем рассматривать их с географической точки зрения.

Но на этом не кончается применение веса к решению биологических задач. Необходимо количественно, весовым путем, учесть все выделения живого вещества — экскременты, мочу, кожные отделения, опадающую листву, кору и т.п. Все это части огромной важности геохимического процесса, количественный учет которого дает нам возможность глубоко проникнуть в явления круговых

процессов, идущих в коре нашей планеты. Эти эстетически нам чуждые проявления жизни имеют огромный для нас смысл, если мы попытаемся взглянуть на них с точки зрения жизни Природы, того явления, которое отнюдь не неправильно названо экономией Природы. Если бы мы смогли охватить их количественно, знать вес выделяемых живым веществом экскрементов в единицу времени на земной поверхности или на какой-нибудь ее части — в течение часа, года, века или тысячелетия, мы имели бы яркое представление об одном из важнейших орудий химической работы в механизме земной коры.

Еще большее, может быть, значение имеет определение веса тех частей остатков и выделений живой материи, которые переходят в земной коре в минералы — в фосфориты или невеллиты, угли, торфы или смолы, нефти, гипсы, серу, кальциты, целестины, малахиты, лимониты, марказиты, пириты, гидротроилиты и т.д. и т.д. — и выводят часть химических элементов, бывших в биохимическом обмене, на время из этого обмена.

Когда мы будем иметь все эти числа, возможно больший запас точных данных, мы получим отсутствующую для нас базу не только для понимания целого ряда явлений Природы, но и для решения ряда вопросов, важных для человечества с прикладной, практической точки зрения.

32. Удивительно, что до сих пор мы в этом отношении лишены какой бы то ни было точки опоры. Мы должны здесь начинать всю работу, нам необходимую сначала, и имеем ничтожное количество данных о весе, полученных случайным путем, во время решения тех или иных задач, где без этого обходиться было нельзя.

И это в то время, когда все наше научное мировоззрение проникнуто представлениями о значении веса.

Но такое положение биологии вовсе не является единичным и, по существу, не является случайным. Мы увидим, что в меньшей степени мы с тем же самым встретимся и в геологии, и даже в геохимии, в ее отделах, не связанных с живым веществом. Основанное на весе, наше научное мировоззрение создано бессознательной работой, и если оно проникнуто — а оно проникнуто понятием о весе, — это создано сложным путем случайного исторического развития, а не какой-нибудь руководимой разумом волей ученых.

Значение веса — массы — начало проникать в естествознание в связи с созданием новой механики, особенно после победы ньютоновского представления о всемирном тяготении в первой четверти XVIII столетия. В конце века новая химия всецело основывалась на весе и весы сделались одним из необходимейших приборов всякой лаборатории. По мере того как значение химии увеличивалось, вес в той или иной форме проникал все науки. <...>

Ни в одной из других наук вес не получал того значения, как в химии и связанных с ней частях других наук. Масса вещества, конечно, имела столь же большое значение в астрономии, но она являлась нам не в виде веса. В физике, геологических и биологических науках вес играл второстепенную роль.

Одновременно с этим вес широко используется в некоторых прикладных научных дисциплинах, связанных с хозяйственной деятельностью человека. Здесь

значение веса и весовых исчислений, с одной стороны, сказывалось в науках, связанных с отдельным хозяйством, в науках о земледелии, полеводстве и зоотехнике, с другой с хозяйствами отдельных государств или человеческого общества вообще с политической экономией и статистикой.

Среди материала, подвергающегося учету в этих обеих отраслях знания, можно найти много данных для решения весовым путем разнообразных биологических вопросов.

Значение веса в этих вопросах стало ясным в том же XVIII в. и получило широкое признание в первой половине XIX в. В вопросах зоотехники и полеводства мы видим учет веса введенным в жизнь уже в работах немецких и французских хозяев-практиков, которые касались его из экономических соображений. Учет, вызываемый торговлей и обменом, был введен в жизнь вековой народной практикой. Однако он далеко не всегда, особенно для продуктов земледелия, выражался весом. Широкое распространение здесь имели разнообразные меры объема. Ими безразлично, одновременно с весом, пользовались и создатели современной агрономии — ученые хозяева, и практики второй половины XVIII в. — Дюамель во Франции и Тэер в Германии. В начале XIX в. начала проникать в агрономию химия, сперва под влиянием Дэви (1813) в Англии, но прочное значение вес получил только после работ Буссенго (1834), Либиха (1840), Лооза (1843) и создания в 1840-х годах опытных земледельческих хозяйств и станций.

Весовой учет государственного хозяйства, в частности учет продуктов охоты, земледелия, зоотехники и т.п., тоже обративший на себя внимание только в конце XVII в., в середине XVIII в. вошел в практику со времени окончательного формирования современного цивилизованного государства. Но научное значение эти добытые для государственной жизни цифры получили только после того, как в XIX в. выросла новая статистика с ее методами учета и обработки статистических данных.

Этими путями — исходя из охвата биологических явлений химией и статистикой — мы имеем те немногие элементы, большей частью случайного характера, из которых могут слагаться наши представления о весе живой материи во всех ее проявлениях.

Эти знания явно недостаточны. Как бы ни смотреть на организмы, и особенно на составленное из них живое вещество, мы имеем в них дело с материей, находящейся в условиях земной коры в особом состоянии с точки зрения связанных с ней химических реакций и распределения в ней химических элементов.

Очевидно, мы можем точно — «мерой и весом» — изучать наблюдаемые в ней явления только тогда, когда мы будем основываться на нашем современном базисе при изучении материи из определения ее массы во всех тех случаях, когда это возможно.

Мы должны делать это и в тех случаях, когда вопрос касается совокупности организмов, т.е. живого вещества, и в тех случаях, когда это касается отдельного организма, т.е. в большинстве других отделов биологии.

Если это не делается до сих пор, то только потому, что целые области про-

явлений живого оставались до сих пор вне научного изучения¹.

33. Обращаясь к тому материалу, который у нас сейчас имеется в распоряжении, мы видим здесь, с одной стороны, материал, связанный с вопросами жизни человека, — материал статистического характера и, во-вторых, материал, связанный с разнообразными биологическими вопросами, — материал биологический в широком понимании этого понятия.

К первому роду материала относятся многочисленные данные о весе домашних и промысловых животных — дичи, скота, рыбы, птиц, пчел и т.п. Эти тела оцениваются как предмет национального богатства и мирового обмена, и при таком их общечеловеческом значении неизбежно они должны быть сведены к неизменной единице, каковой и является вес. Помимо общих данных о весе отдельных предметов ценностей (т.е. отдельных животных), мы имеем и общий учет их нахождения в отдельных странах и государствах и на всем земном шаре. Этот материал приходится искать в статистике экономической жизни — статистике торговли, в частности и в учетах национального богатства.

В тесной связи с этим мы имеем и статистику продуктов живого вещества, которая должна быть нами принята во внимание, — масла, воска, меда, сала, мяса, яиц, перьев, шерсти и т.п.

Еще больше материала, несомненно, дает статистика животноводства и птицеводства, которая нередко позволяет еще более углубляться в познание весового понимания явлений жизни, так как при этом приходится принимать во внимание те изменения общего веса соответствующего живого вещества или продуктов, из него получаемых, которые производятся культурно.

Огромный материал этого рода имеем мы по отношению к растительным продуктам. Здесь весовые данные не касаются или редко касаются целых недельных — элементов растительного животного вещества, но дают многочисленные цифры для весового учета частей организма или семян. Мировая статистика зерна, корнеплодов, фруктов, ягод, овощей, сена, лесных продуктов и т.п. дает нам огромное количество данных, с которыми, несмотря на все их несовершенство и на их неполноту, не может считаться геохимия.

Еще больше данных этого типа можно извлечь из измерений разного рода, которые накоплены за последние десятки лет на сельскохозяйственных и лесных станциях, опытных полях и лесных участках, опытных хозяйствах по разнообразным вопросам, возникающим в связи с тем значением, которое приобрело в этих прикладных дисциплинах химическое изучение отвечающих им явлений.

Из этих — в общем неполных и несовершенных — данных можно получить, однако, такие сведения о весовых явлениях в культурных сгущениях, которые совершенно отсутствуют для сгущений растительного живого вещества, не связанных с жизнью человека.

¹ В дальнейшем значение определения веса было показано В.И. Вернадским в разделе «Размножение организмов и геохимическая энергия живого вещества» (Изб. Соч., т. V. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 24). Там же даны представления о связи веса с геохимической энергией.

Большая масса таких данных собрана сейчас в учении о лесе и лугах. От них есть все переходы к естественным сгущениям, и такой переход сейчас наблюдается в целом ряде разнообразных попыток ботаников, понемногу пользующихся в своих приемах изучения естественных сгущений приемами, выработанными в прикладных дисциплинах.

Влияние экономических и статистических вопросов о значении весового изучения живого вещества и его продуктов, несомненно, разнообразным и глубоким образом складывается на перестройке и изучении не охваченных человеческой культурой свойств и нахождения живого вещества в земной коре.

Особенно это выдвигается теперь, когда вопросы экономики ставятся в науке (и жизни) в мировом, общечеловеческом аспекте. Так, уже в начале XX в. был поставлен на такую почву вопрос о питании человечества в ближайшем будущем, например в интересных работах Крукса.

Особенно ярко этот мировой аспект экономической статистики, касающийся живого вещества и его продуктов, стал в связи с мировой войной и разрухой последних лет, 1914-1921 гг.

Правда, к этим вопросам мы подходим с точки зрения интересов человечества, но ясно, что они выходят далеко из рамок такого рассмотрения, подводят нас к общим передвижениям и истории масс однородных живых веществ в земной коре.

34. Такое их значение сказывается на каждом шагу в тех изучениях, какие имеют место по отношению к природным явлениям, производимым вне всякого отношения к человеческой жизни.

Среди таких учетов на первое место по своему размаху должен быть поставлен учет микроскопического населения океанов, связанный с вопросом о питании рыб как ценного продукта человеческой культурной жизни. <...> К сожалению, учет планктона не доведен до конца даже по отношению к тем задачам, ради которых он делается. Мы не имеем в общем таких же учетов тех морских организмов, которые им питаются.

Но, несомненно, вхождение таких проблем в научную мысль очень сильно повлияло на интерес к весу, и мы имеем по отношению к морским организмам в связи с этим больше данных, чем по отношению к наземным.

По отношению к этим последним почти все наши знания собраны случайно благодаря возникновению тех или иных относящихся сюда вопросов при решении 4 разнообразных частных задач.

Так, например, собрано много данных о *весе семян*, частью вследствие влияния прикладных ботанических дисциплин, частью в связи с некоторыми вопросами биологии и физиологии растений.

Во многих вопросах физиологии животных и растений приходится тоже считаться с весом организмов и их частей и попутно подходить к весовому их изучению, например, в вопросах обмена — питания, дыхания, экскретов. Например, для геохимии возможно воспользоваться количественными данными, с этой целью полученными для человека и некоторых млекопитающих.

Старые систематики-зоологи начали было давать веса организмов, ими описываемых, особенно для более крупных организмов. Так, например, всегда поступал Паллас. Но этот признак был отброшен последующими поколениями и заменен гораздо менее точным — и столь же изменчивым — понятием о размерах.

Главную массу нужных нам весовых данных мы должны сейчас искать разбросанными в архиве науки. Здесь мы найдем отдельные случайные наблюдения, иногда захватывающие большие группы организмов, сделанные *ad hoc* при решении частных задач. Таковы, например, измерения веса (индивидуального) млекопитающих при определении, очень одно время интересовавшем физиологию, количества крови в организме, но эти измерения затем прекратились и не вызвали систематического сбора фактов. Точно так же только случайный материал собран был и для позвоночных, когда при изучении физиологии мозга явилась необходимость определять отношение веса мозга к весу целого организма. Несмотря на то значение, какое до сих пор имеет весовое изучение мозга в антропологии, психологии и т.п., и на огромное количество труда, потраченного на такое его изучение в течение десятилетий, мы до сих пор не имеем одной из опор этого изучения — весового представления об организмах, с которым мы могли бы сравнивать вес мозга. Нечего и говорить о других попытках определить вес неделимых, например ничтожные данные о весе насекомых в разные стадии их развития, которые мы находим в отдельных работах по биологии насекомых, или случайные данные о весе растений в работах, изучающих их физиологию. Все это ничтожные единичные данные, к тому же обычно неполные, случайные, никогда и нигде не собранные и исчезающие для человеческого мышления. Даже если бы мы собрали все их, их было бы ничтожно мало для нашей цели.

35. Мы не имеем таких данных в достаточном количестве даже там, где мы могли бы их иметь или из которых мы должны бы были исходить для получения нужных нам весовых представлений о живой материи.

Мы могли бы получить ясное представление о весе живой материи однородных живых веществ, если бы мы знали: 1) количество неделимых каждого вида и 2) средний вес неделимого.

Знание одного среднего веса организма не дает нам возможности определить вес живого вещества, к которому он принадлежит.

К сожалению, здесь мы имеем лишь количественные приблизительные представления самого грубого характера, никогда почти не выражаемые сколь-нибудь точными цифрами. Говорится о редких или распространенных, обычных и многочисленных видах, но подсчетов не дается. В описаниях сгущений постоянно упоминается о наблюдаемых миллионах и тысячах неделимых, собранных или передвигающихся в какой-нибудь местности. Лишь изредка видим мы попытки более точных подсчетов, например определений количества неделимых передвигающихся крупных животных Южной Африки в описаниях некоторых путешественников, количества птиц, собирающихся в некоторых гнездовьях, на

птичьих базарах, и т.п.¹

Ни в одной из тех наук, где можно было бы ждать этих данных, мы не видим сейчас систематического исчисления неделимых вида. У нас нет их подсчета ни для одного сгущения. Одно время вопрос о количестве неделимых был поставлен в географии растений, но он быстро исчез из кругозора исследователей и заменился представлением о количестве видов. Несомненно, трудности исчисления неделимых оказались слишком велики, хотя один из основателей географии растений, Гумбольдт, правильно вначале поставил вопрос о многочисленности неделимых в качестве одного из основных элементов картины Природы. Замена этого элемента частотой видов ничего не дала в течение более чем столетней работы, и нам приходится возвращаться вновь к идеям Гумбольдта. Необходимо, как мы видели ранее, исчислять количество живого вещества, собранного в сгущениях, а для этого в целом ряде случаев удобно знать число неделимых тех или иных организмов, входящих в состав сгущения. Несомненно, такое знание в значительной мере изменит и все наши представления в биологических отделах географии.

Лишь опять-таки по отношению к организмам, имеющим то или иное значение в жизни культурного человечества, мы имеем разнообразный *материал переписей*.

Главная масса наиболее научно обставленных переписей касается переписей человечества и культурных организмов. Даже и для человечества едва половина его охвачена такими переписями. Переписи культурных животных лишь начинают производиться в последние десятилетия, и ошибка, которая при этом получается, очень велика. Переписи делают возможным перейти к точным весовым подсчетам масс животных и человека только тогда, когда они дают нам понятие о числовом возрастном составе слагающих данные комплексы неделимых и когда мы знаем веса различных возрастов, в них входящих. Эти данные очень трудно сейчас точно учесть, и, несомненно, мы еще очень долго не будем здесь иметь вполне удовлетворительные данные.

В этом отношении наши знания о растительных скоплениях культурного характера, где весовым образом учитываются непосредственно веса разных частей растительной массы, дают гораздо более надежные результаты.

Но по отношению к таким переписям, производимым все-таки постепенно все более и более правильно и научно, еще более несовершенны случайные исчисления числа неделимых диких, но охваченных всецело человеческой культурой организмов.

Такие исчисления мы имеем случайно и всегда в связи с техническими потребностями человека. Главным образом подсчитываются животные, хотя иногда и растения. Так, не говоря об исчислении крупных культурных растительных организмов, например плодовых деревьев или кустарников на десятину, мы имеем подсчет приходящихся на данную площадь в диких растительных сообществах хинных деревьев или деревьев, дающих каучук.

¹ Ведутся переписи многих диких животных и растений, но международные масштабы их недостаточны для решения задач, поставленных В.И. Вернадским.

Приобретают сейчас большое научное значение исчисления количества вредных насекомых на данной площади, которые начали производиться систематически в США. Аналогичные работы проводились у нас, например, талантливым натуралистом Курдюмовым в связи с переписью полезных для человека птиц и т.п.

Все подобного рода данные дают нам в руки богатый материал, который все увеличивается и будет увеличиваться по мере роста мировой статистики и ее неизбежного все большего значения в мировой жизни.

Любопытную форму такого статистического учета мы имеем сейчас в области микробиологии. Здесь в связи с заданиями гигиены начат и идет интереснейший учет вредных для здоровья болезнетворных микробов в окружающей нас среде — в воздухе, почве, воде, реке, озерах, океане. Мы получили уже здесь интересные числа, которые воспринимаются человеком даже слишком широко. Обычно он забывает, что метод этих исчислений бактерий не охватывает их веса. Это метод культур. Обычно он охватывает болезнетворные бактерии, иногда немногие из автотрофных организмов 2-го рода. За исключением их, однако, есть еще целый мир микробов, находящихся в той же среде, где захвачены данные организмы, и не улавливаемых применяемыми методами подсчета.

То же самое необходимо иметь в виду и по отношению не только бактериального, но и одноклеточного и грибного микроскопического населения почв, которое стало входить в научный обиход в последние годы.

Как бы то ни было, эти и многочисленные другие весовые измерения требуют внимания геохимика, но они могут быть им вполне использованы только тогда, когда будут соединены с химическим анализом.

Несомненно к тому же, что они составляют небольшую часть весового свойства живой природы.

Лишь тогда, когда сознание научного значения веса в этой области увеличится, мы получим все нужные нам данные для научной работы.

36. Нельзя сомневаться что такое сознание должно охватить науку. Биология встречает сейчас подготовленную для этого почву в геохимии. Постоянно в самых различных областях ее мы видим попытки стать на эту точную почву научной работы. И количество таких попыток все увеличивается. Однако они не получили еще признания и не подверглись систематическому изучению, кроме отдельных, относительно небольших областей Природы.

Одной из задач этой книги является возбуждение внимания и работы в этом направлении: в познании массы как живого вещества — масс организмов в земной коре, так и отдельного организма — масс отдельных его морфологических или физиологических частей.

До сих пор значительное число обобщений, связанных с весом, приняло в биологических науках другой облик, выражается не в единицах массы, а в единицах пространства, главным образом в числах длины, реже — объема и поверхности. Несомненно, корни таких впечатлений от организма лежат в обыденном наблюдении явлений больших и малых величин организмов.

Из этих обыденных наблюдений, из здравого смысла выросли и все измерения натуралистов. Они вошли в жизнь как очень удобная форма точного представления об организме, и можно сказать, что измерения длины организмов охватывают сейчас всю область систематики и в зоологии и в ботанике. Эти данные являются очень важным признаком. Они существуют, вероятно, почти для всех видов и рас организмов.

В конце концов они сейчас вошли в жизнь в научной работе и совершенно вытеснили представления о весе организмов. К этому побуждает удобство их получения, однако несомненно существуют основания для целого ряда вопросов биологического характера не идти дальше таких измерений организма.

Можно рассматривать линейное измерение — длину — организма как такую величину, кубическая производная которой дает нам представление о массе тела. Это верно, например, при сравнении организмов одинаковой геометрической формы и в общем состоящих из одинакового вещества — для них отношения между их длинами будут отвечать кубическим отношениям их веса (массы). Так, например, для рыб веса их будут относиться, как кубы длины их тела. Это давно установленный эмпирический факт, который находится в связи с общими физиологическими основами существования организма. Такое соотношение у рыб связано с характером их обмена. Доказательством является то, что потребление, например, ими кислорода, тесно связанное с обменом веществ, неизбежно при увеличении или поддержании веса их живого вещества — пропорционально квадрату их длины.

Ибо обмен веществ у многих, но не у всех животных увеличивается не пропорционально их массе, но пропорционально их поверхности — площади, т.е. пропорционально квадрату длины в двух геометрически одинаковых организмах, длина которых относится, как 1:2, обмен их веществ относится не как 1:8, как относятся их массы, но как 1:4, подобно их поверхностям. Обмен, отнесенный к единице массы, тем меньше, чем животное больше. В связи с этим в крупном животном количество нового вещества, создаваемого в организме в единицу времени, вычисленное к единице его массы, будет меньше, чем в маленьком, более легком животном. Это связано с тем, что обмен веществ — пищи, тесно связанной с созданием новой живой материи, отнесенный к единице массы, как мы видели, должен быть меньше у тяжелых организмов.

Для целого ряда биологических вопросов можно пользоваться поэтому линейными размерами вместо весовых соотношений и даже иногда этим путем получать более простые данные. Однако это наблюдается далеко не всегда и не может быть распространяемо на огромное количество разнообразнейших проблем биологии и особенно геохимии.

Во-первых, указанной связи между линейной длиной и обменом веществ не наблюдается у огромного количества некоторых организмов, например ее нет у насекомых. Во-вторых, область возможного при этом сравнения ограничивается немногими вопросами и существует только для организмов одинаковой формы. Это все, очевидно, указывает на то, что измерения этого рода, как в моем случае,

не могут заменить весовое определение, и если они делаются, то это является следствием научных привычек, но не истекает из сути дела.

37. В общем в этой области явлений мы не имеем достаточной продуманности и законченности. Здесь нет сложившихся навыков, но мы имеем целый ряд разнообразных частичных попыток выявления значения веса или ясно связанного с ним размера организмов при решении разнообразнейших вопросов биологического значения. В огромном большинстве случаев мы здесь лишь намечаем пути для будущего.

Среди явлений, связанных с весом, но выраженных в виде размеров, можно отметить некоторые обобщения палеонтологии.

Здесь обычно мы не имеем возможности взвесить организм, но можем заключить о его весе, исходя из его размеров. Впервые, кажется, Коп заметил изменения веса филогенетических ветвей различных организмов: по мере хода геологического времени выживающие формы увеличивают свои размеры (а следовательно, и вес) и затем вымирают. Коп связал этот свой закон с законом специализации. Это обобщение было развито Денером в особый закон увеличения роста в филогенетических ветвях. Он наблюдается почти во всех классах животного царства, но особенно резко выражен среди позвоночных. Он указал его для фораминифер, морских ежей, моллюсков, ракообразных и т.п. Для позвоночных — наблюдается у рыб, амфибий и особенно у млекопитающих разных порядков.

Формулировка этого закона как закона роста мне представляется явно неправильной, тогда как, формулируя его как закон увеличения веса, мы получаем совершенно ясное и понятное явление в жизни Природы. Ибо увеличение веса показывает большую энергию организма в добывании пищи, и, очевидно, организмы, имеющие благоприятные условия для своего развития, будут, каждый как автономная часть однородной живой материи, независимо от другого, стремиться достигнуть *maximum* проявления своей энергии, поскольку это позволяют внешние обстоятельства. Очевидно, мы будем видеть проявления этого в быстро развивающихся филогенетических ветвях, причем сохранение полученных размеров становится затруднительным, раз оно требует исключительно благоприятных условий для своего проявления.

Но есть целый ряд попыток нахождения законностей, касающихся не размеров, а веса. Любопытно, что их много находим мы в старой литературе у ученых не физического, а натуралистического направления в представлениях о Космосе. Так, путешественник начала XIX столетия Бурчелл обратил внимание на чрезвычайную разницу в весе больших млекопитающих под одними и теми же широтами в Африке и Южной Америке. Это наблюдение через несколько десятков лет было вновь вызвано к жизни Ч. Дарвином в описании им путешествия на корабле «Бигль». Казалось, существовали все условия для развития тяжелых млекопитающих в Южной Америке, но в ней не находилось ничего близкого носорогу, гиппопотаму или слону Африки. А между тем еще недавно — даже при человеке — в ней существовал мир тяжелых позвоночных, может быть, более тяжелых, чем эти млекопитающие. И Бурчелл и Дарвин не дали ответа на поставленный ими во-

прос, но они поставили проблему и Дарвин собрал ряд данных о весе больших млекопитающих.

Другой пример представляет поставленный, кажется, еще в XVIII в. Бюффонем вопрос о причинах мелкости неделимых на небольших относительно островах по сравнению с близкими им видами на континентах. Этот вопрос в XIX в. обратил внимание другого великого натуралиста дарвиновского времени — Уоллеса, также не только поставившего проблему, но и решившего ее. А между тем им давно пользуются как эмпирическим правилом для научных выводов. Так, им пользовался уже Кювье для доказательства малой вероятности открытия неизвестных человеку крупных млекопитающих: в частности он был не прав, но в общем вывод его, несомненно, был верен и проверен опытом времени.

К значению веса подходили и с другой стороны — в экспериментальной биологии. Так, например, Ритцема Босс указал на падение веса крыс при спаривании их в близком родстве в течение 30 поколений. Есть ряд наблюдений зоотехников такого же характера, но систематически они никогда не были сведены и обработаны.

В биологии тайнобрачных огромное значение имеет разная величина крупных и мелких спор. Различие размеров их иногда выражается отношением 100000:1. При опылении ветром надлежащее соприкосновение тел таких различных размеров (10^{15} веса) могло бы происходить лишь крайне несовершенно и при чрезвычайном количестве микроспор. В результате подвижность микроспор была уменьшена и у растений выработались разные приспособления для соприкосновения больших и малых спор. И здесь мы имеем дело с явлениями веса, а не размеров.

Таких примеров можно привести много, но все они как-то терялись в науке, не вызвали до сих пор плодотворной работы в этой области знания.

Ярко видно это, например, в той судьбе, которая постигла одну из крупнейших идей, связанных с весом, — идею о постоянстве веса живой материи, о «количестве жизни», как выражался Бюффон, ее выдвинувший в XVIII столетии. Мы видим, что эта идея, вновь введенная в науку в середине XIX столетия биографом Бюффона физиологом Флурансом и независимо изложенная в виде физического закона к концу XIX в. другим физиологом — Прейером, пока бесследно прошла в науке. А между тем эта идея, которая кажется сейчас каждому натуралисту странной, как увидим, имеет длинную, нами забытую историю.

38. *Вес в геологических науках.* Дело в том, что в научной среде не было привычки мыслить количественно. Это чрезвычайно ярко сказывается в том отделе геологии, в который вошел отдел о влиянии организмов на окружающую природу, — в динамической геологии.

Весь этот отдел состоит из ряда отдельных фактов, как их собирали еще Гофф и Лайель в первой половине XIX столетия. Числа приводились здесь только в виде иллюстраций.

Изучая движение материальных частей на земной поверхности, будут ли это горные породы, лавы, воды, газы или организмы, ученые не охватывали явления во всем его проявлении в земной коре и не пытались свести их на проявление их массы, на определение их веса и скорости.

И до сих пор продолжается в этой области все то же самое отсутствие интереса к числу, неумение пользоваться количественным его применением.

Лишь в последнее время мы начинаем наблюдать в геологических науках новые течения. В области динамической геологии — создание во второй половине XIX в. *геофизики*, науки, тесно связанной с геологией и физической географией, всецело проникнутой физическими приемами изучения, резко изменяющей картину научных исканий в отвечающих ей отделах динамической геологии.

Геофизика — часть физики и геологии вместе. Она взяла материал исследования не только из геологии, но и из физической географии. А в ряде отделов физической географии — в учении об атмосфере или в океанографии — давно уже весовые приемы изучения материальных процессов получили то же значение, как в других отделах физики.

Сейчас к этому изменению привычек и взглядов геолога на значение числа и, в частности веса, которое происходит под влиянием геофизики, присоединяются требования новой отрасли геологии — геохимии. В ней необходимо учитывать вес химических элементов, вес их перемещающихся масс, все равно, будут ли эти массы являться нам в виде организмов, магм, горных пород или минералов.

Очевидно, такое изменение обстановки нашего отношения к весовому изучению живого вещества должно быстро отразиться в накоплении фактического материала.

Несомненно, получение веса живого вещества не всегда является простым и несложным, но здесь не место касаться методики этого вопроса, которая вырабатывается лишь при его искании.

39. Третьим элементом, характеризующим живое вещество, является свойственная ему *энергия*.

Тут мы находимся в еще худшем положении, чем по отношению к химическому его составу и к весу.

Понятие энергии, которое со второй половины XIX в. охватило все естествознание, уже при самом начале своего возникновения выявилось при изучении живого вещества. Основные принципы учения об энергии и основные законы энергетики были добыты и высказаны не только физиками, но и исследователями живого — Гельмгольцем и Майером. Оба они исходили при его установлении из явлений жизни.

Майер был даже больше биолог, чем физик, и его мировоззрение было в значительной мере натуралистическое. Он в яркой и образной форме выразил, как один из результатов своих достижений, представление об энергетической роли живого вещества, рассматривая все его механические и физические проявления в окружающем Мире как формы солнечной энергии, которая была захвачена хлорофилльным аппаратом зеленых растений и дала начало в организме новым химическим соединениям. Созданные ею из минеральных продуктов Земли зеленые растения представляли собой, по его представлениям, механизмы земной коры, аналогичные аккумуляторам, медленно в течение своей жизни тратившие на земные процессы солнечную энергию.

Животные всецело зависят во всей своей жизни от энергии, удержанной хлорофилльными растениями из солнечных лучеиспусканий. Жизнь есть проявление этой энергии.

Майер имел совершенно ясное представление об энергетическом значении организмов в окружающей природе, которую он мыслил и чувствовал как единое. Но воспринявшие учение об энергии биологи обратили главное внимание на ее значение в организме и не пошли по пути, указанному Майером. На него мы вступаем только теперь в геохимии, которая как раз имеет дело с геохимическими процессами в биосфере, столько же созданными энергией солнечных лучей, захваченных хлорофилльным аппаратом, как и химические процессы, идущие внутри организма, связанные с его питанием, дыханием, движением, нагреванием и т.д. И подобно тому, как мы это наблюдали в организме, проявлением этой космической энергии являются в земной коре не только химические процессы, но и процессы физические, в частности механические и тепловые.

Обобщение Майера явилось последним основным положением нашего понимания питания растений, связанного с открытием Пристли — за 70 лет до него — выделения свободного кислорода зеленым веществом, живую природу которого как организма доказал тогда же Сенебье! И может быть, больше всего продвинулось изучение энергетики живого вещества в области как раз процессов, связанных с хлорофилльными организмами.

Но эта энергетическая роль зеленого вещества является общим свойством живой материи.

Мы можем сейчас рассматривать явления энергии в организмах совершенно параллельно явлениям материальных в них изменений. Мы имеем такой же ток энергии через организмы, как и через материю. Организм не только меняет материальные процессы в земной коре, но меняет и энергетические. Действие каждого организма незначительно, но, взятое в сумме, оно является могучим процессом на Земной поверхности, и изменение Энергии земной коры живой материей совершенно аналогично изменению ее перемещением в ней химических элементов.

Точно так же, как, по представлению Кювье, прекрасно выражающему перемещение элементов, каждый организм представляет жизненный вихрь, постоянно поглощающий атомы материи, частью их удерживающий, частью выделяющий, частью только проводящий их через себя, частью заменяющий одними атомами другие, — такой же вихрь он образует и для явлений энергии.

Это представление, впервые, кажется, высказанное Пастером, прекрасно определяет влияние организмов на земные энергетические процессы.

Энергия поглощается организмом, в нем переходит из одной формы в другую, выделяется из организма, притом частью производит внутри его работу, частью проходит его, не изменяясь. Каждый организм представляет своеобразную энергетическую машину, а разнообразные совокупности организмов (живые вещества) являются местами сложнейших энергетических превращений.

Скопления организмов имеют огромное значение не только с материальной — химической, но и с энергетической точки зрения. Совершенно так же, как не

может быть понята химия земной коры без принятия во внимание живой материи, точно так же не может быть понята без учета живой материи и ее энергетика.

В связи с этим изучением возникает ряд различных вопросов, из которых я здесь остановлюсь на немногих.

Одним из первых вопросов, стоящих перед нами в этой области, является вопрос о том, имеем ли мы дело при этом с обычными формами энергии, или же есть в живом веществе новые формы энергии, отсутствующие в мертвой материи.

Впервые, кажется, Оствальд высказал это мнение, причем он предположил, что эта особая форма энергии объясняет и само явление жизни, в частности сознание. Идея Оствальда имеет приверженцев, но никаких данных, подтверждающих существование особой энергии, отвечающей живому веществу, мы до сих пор не имеем. Может быть, наиболее ярко подошел к этим формам энергии Дастр. Он указывает, что эти формы энергии однородны и с другими формами энергии и отличаются от них постольку, поскольку эти последние отличаются друг от друга. Они проявляются в явлениях, которые наблюдаются в тканях и которые мы не можем сводить в конце концов к обычным типам физических и химических явлений¹. Характерно для этих форм энергии то, что они принадлежат к числу промежуточных форм энергии, которые не проявляются в начальной и конечной стадии явления, в которых мы, например для животного организма, имеем дело с проявлением химической и тепловой энергии.

Но все эти представления не выходят за пределы теорий. До сих пор мы не имеем никаких реальных данных, подтверждающих эту гипотезу. Предположение об особой форме или формах энергии, характерных для живого вещества и отличающих его от мертвой материи, не дает нам ни малейшего увеличения нашего знания о психических процессах, происходящих в организмах, и о высшей их форме — о явлениях сознания.

Из работ Рубнера и Атуктера выясняется невозможность свести духовную работу организма, работу его сознания в цепь энергетических процессов. А между тем мы увидим позже, какое огромное значение имеет работа человечества и вызванных его сознанием природных сил в геохимических процессах. Мы вынуждены поэтому искать и в этой работе проявления чего-то иного, неизвестного нам до сих пор в материи мертвой и охватываемого там энергией; того, что в области организма пытаются привести в наукообразную форму в виде нового представления о не связанной с энергией жизненной силе, энтелехии, доминантах и т.п.².

Все эти понятия и представления дают нам пока чрезвычайно мало. Нам удобнее оставаться пока на реальной плоскости фактов, оставляя объяснение их для будущего.

Нам приходится и здесь пока довольствоваться лишь констатированием факта, что в области геохимических явлений мы видим проявление какого-то такого

¹ Сейчас это принято называть биологической формой движения материи.

² Такие особенности поведения организмов в настоящее время изучаются наукой об управлении — кибернетикой.

свойства живой материи, которое мы не можем привести к ее химическому составу, массе или энергии и с которым мы не встречаемся в явлениях природы безжизненной. Будущее более глубокое изучение энергетики вопроса, может быть, позволит нам выяснить это явление более точно. Это свойство живой материи выражается как в организме, так и в его воздействии в земной коре, в частности в геохимических процессах, ею вызванных, в способности живой материи регулировать проявления энергетических процессов.

Такое регулирование энергии живой материи есть непреложный факт научного наблюдения. Таким же фактом остается для нас до сих пор и то, что мы не можем вывести его в схему нашего построения Природы, основанного на научных понятиях материи и энергии.

В энергетических достижениях необходимо еще отметить с геохимической точки зрения то представление о строении живого вещества, которое связано с источником его энергии. Оно было введено в науку физиологом Пфлюгером в его делении организмов на группы на основании условий их существования в связи с источником их пищи, т.е. веществ, поддерживающих их энергию. Пфлюгер¹ выразил здесь особыми словами то, что ясно понималось отдельными исследователями в XVIII столетии, например Лавуазье или Принглем, и что более точно было с химической точки зрения развито Дюма и Буссенго в 20-х годах прошлого столетия, с энергетической — немного позже Майером.

Рассматривая живой мир, Пфлюгер выделил в нем автотрофные организмы, которые в своем существовании зависят исключительно от минеральной среды и не связаны с другими организмами. Источник их энергии — их пища — состоит из минералов, а получают они ее благодаря способности использовать для этого энергию солнечного луча. Аппаратом такого ее использования являются хлорофилльные зерна их клеток. Эти организмы могут существовать в отсутствие всех других организмов. Все другие организмы будут или гетеротрофные, или миксотрофные. Гетеротрофные организмы всецело зависят в своей пище — в источнике свойственной им энергии — от сложных углеродистых-соединений, изготовленных автотрофными организмами. Без них они существовать не могут. Миксотрофные организмы пользуются обыкновенными методами добывания пищи и, очевидно, без автотрофных организмов существовать не могут.

Мы будем пользоваться этими обобщениями Пфлюгера во всем нашем дальнейшем изложении, так как оно чрезвычайно удобно для выяснения геохимических проблем.

Очевидно, источником, добывающим для всей живой материи энергию, связывающим ее с энергетической точки зрения с мертвой средой, в конце концов будут автотрофные организмы. Гетеротрофные организмы, по-видимому, запаса этой энергии не увеличивают.

¹ В этом месте рукописи автор сначала написал фамилию Пфеддер, затем исправил ее на Пфлюгер, в связи с чем редколлегия в последующих фразах заменила фамилию Пфеддер на Пфлюгер, так как речь идет об одном и том же ученом.

Когда Пфлюгер давал свое обобщение, он знал только одну группу автотрофных организмов — зеленый хлорофилльный мир и один источник их энергии — космическую лучевую энергию Солнца. Если и можно было бы допускать влияние других космических лучевых энергий, например звезд, влияние это так же мало сказывалось в изучаемых актах, как их влияние на процессы климатологии и метеорологии.

Через немного лет Виноградский сделал великое открытие новой формы автотрофных организмов, независимых в своих проявлениях от лучевой энергии Солнца. Эти низшие формы жизни — мир своеобразных бактерий — получают из минералов целиком всю энергию своей жизни, они пользуются для этого природными соединениями, богатыми кислородом.

Открытие Виноградского имеет огромное значение, как увидим, во всех проблемах, связанных с геохимической историей живого вещества, и мы в дальнейшем изложении с ним не раз встретимся. По-видимому, мы находимся здесь еще в начале откровений, которые дает нам научная работа по пути, открытому впервые Виноградским. Заметим лишь, что полная независимость этих организмов, которые мы будем называть автотрофными организмами 2-го рода, от энергии Солнца не может считаться доказанной, но она, во всяком случае, является зависимостью иного порядка, чем энергетическая связь с Солнцем зеленых растений¹.

Явления энергетики живого вещества, как они проявляются нам в геохимических процессах, должны обращать на себя самое большое внимание исследователей, но, к сожалению, они не могут при современном состоянии науки быть приведены в такую удобную для научной работы форму, как изучение химического состава и веса живой материи² и связанных с ней продуктов.

Сознание первостепенного значения энергетики охватило все мировоззрение натуралистов, и тех, которые склоняются к физическому мировоззрению на Космос, и тех, которые подходят к натуралистическому мировоззрению на Природу. Но она далеко не проникла так же сильно в практическую науку и научную работу. Даже в химию она не вошла еще в полной мере. Геологический цикл наук она захватила еще несравненно меньше.

В этих науках мы только приближаемся к возможностям пользоваться их великими указаниями, когда переходим от общих схем к реальным научным фактам. Наиболее близко подходим мы к точному числовому охвату явлений с энергетической точки зрения в геофизике и геохимии, но и тут научная работа в этом отношении резко отстала от химии, не говоря уже о физике.

Необходимо по возможности собирать относящийся сюда материал, так как ясно огромное значение всех этих фактов для будущего развития всех геологических наук.

Может быть, особенно ясно становится нам это благодаря вхождению понятия живого вещества в круг изучения геохимии. Живое вещество является не

¹ Зависимость от Солнца выражается хоть бы в обеспечении необходимых температурных условий существования в биосфере.

² В этой фразе четко видно, что В.И. Вернадский термин «Вещество» и «материя» употребляет как синонимы.

только источником вещества для геохимических процессов, но и источником свободной энергии, их поддерживающим: на каждом шагу мы будем встречаться с таким его значением. Оно проявляется в истории всякого элемента.

Оно резко проявляется и в области земной коры, где сосредоточено живое вещество, — в биосфере. Биосфера, выделенная как особая земная оболочка 45 лет назад Эдвардом Зюссом, является самой активной земной оболочкой с геохимической точки зрения. Для нас выясняется своеобразная картина строения нашей планеты. Не только в климатологии и метеорологии, но и в геохимии и минералогии явления изменений — химические процессы — связаны не с энергией глубоких слоев земной коры или Земли, а вызываются энергией Солнца, космической энергией, приходящей на Землю извне. Источником изменений является богатая жизнью поверхностная пленка планеты. Аккумулятором космической энергии, распределителем ее в минералогических и геохимических процессах является сосредоточенное в ней живое вещество. Очевидно, чем больше и точнее мы будем знать его энергетические свойства, тем яснее станет нам весь процесс химических изменений земной коры, доступных нашему изучению.

Но такое изучение далеко не безразлично для самого понимания явлений энергетики. Как все физические концепции, так и представления энергетики в последние десятилетия находятся в непрерывно подвижном состоянии. Они изменяются и приспособляются к новым взглядам, новым теориям и новым фактам, открываемым физикой. Вступив бесстрашно и смело в область теоретических построений, современная физика тем самым неизбежно приняла в себя некоторые основные черты не строго научных, а философских достижений¹. Ее законы и ее теоретические механизмы Космоса всегда многообразны, как это ярко подтвердил недавно один из крупнейших ее представителей². Логический анализ, углубляясь в понятия, основанные на реальном наблюдении природы, откуда берет свои понятия и теоретическая физика, всегда находит во всякой формулировке непримиримые противоречия, так как разум не в состоянии охватить целиком ни одного природного проявления и выводы из созданного им понятия никогда не будут всецело совпадать с наблюдениями следствий из отвечающего понятию природного явления.

Сейчас в энергетике мы имеем разные течения, коренное изменение наших представлений об энергии, какое вытекает из квант Планка, углубление в явления энергетики, в которых отсутствует второй закон термодинамики, — принцип Карно.

Особенно эти представления, которые привели уже нас к своеобразной статистической концепции Вселенной, имеют огромное значение для понимания геохимических явлений. В геохимических процессах, связанных с живым веществом, мы имеем дело со статистическим явлением, подчиненным принципу Кар-

¹ О смысле противопоставления В.И.Вернадским научного философского познания мира см. в Предисловии, с. 7, 8 (а также Кузнецов В.И. Естествознание, философия и становление ноосферы. Послесловие к книге В.И. Вернадского. Размышления натуралиста, кН. Вторая. М., «Наука», 1977, с. 163-177. — Ред.)

² В рукописи фамилия физика пропущена. Возможно имеется в виду А. Эйнштейн.

но, но объекты, охватываемые живым веществом, могут ему не подчиняться.

В связи с этим изучение энергетики проявлений жизни приводит к изменению основных понятий энергетики, в частности к созданию учения об эктропии, тесно связанного с космогоническими энергетическими представлениями и с живой материей. Как раз областью проявления эктропии и должны были бы являться геохимические проявления живой материи. Можно или нет видеть в них эти проявления, покажет будущее, но (будет ли ответ положительным или отрицательным), несомненно, ввиду важности затронутых здесь вопросов они настойчиво требуют тщательного изучения энергетики живого вещества в связи с геохимическим его значением и проявлением.

Во всех до сих пор рассмотренных геохимических проблемах изучения живого вещества мы должны принимать во внимание не только современный момент. Необходимо, как мы это увидим, учитывать и его изменение в течение геологического времени.

Это явление — общее для всех без исключения заданий геологического характера, и на нем нет надобности здесь подробно останавливаться. В дальнейшем изложении мы встретимся с постоянным применением этого хронологического принципа (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 34-55).

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

НАЧАЛО И ВЕЧНОСТЬ ЖИЗНИ

Самопроизвольное зарождение и вечность жизни

40. Огромное научное значение — первостепенное для изучаемых нами явлений геохимии — имеет учение о самопроизвольном или первичном зарождении организмов — *generatio spontanea s. acquivoca*. Это учение отрицает единообразное происхождение всех организмов от себе подобных, всего живого из такого же живого, и допускает многообразные способы зарождения живого организма. На протяжении многовековой истории науки эти способы зарождения получили различные названия, длинный список которых, отчасти как *memento* погибших идей, восстает перед нами из архивов истории: *generatio spontanea*, *aviginaria*, *acquivoca*, *primaria*, *primigena*, *primitiva automatica*, аутогония, архигония, архибиоз, абиогенез, гетерогенез... Только в форме этого учения странным образом научная работа подходит к основному для понимания геохимических процессов вопросу о соотношении между живой и мертвой природой, вопросу о том, есть или нет непреходимая — в природных процессах — грань между этими двумя формами вещества — вещества косного и вещества, охваченного жизнью. В истории человеческого сознания этот вопрос, связанный, в свою очередь, логически с еще более глубокой проблемой о сущности жизни, до сих пор является почти всецело уделом философского или религиозного творчества. Этим самым он в своей общей форме, в сознательном, планомерном изучении, охватывается лишь философскими и религиозно-поэтическими формами достижения истины — логическими построениями разума и поэтическими или проникновенными вдохновениями сознания.¹

Исторически сложилось так, что этот вопрос в области научной мысли прямо не ставится, разрабатывается только попутно. Его разрешение научным путем ищется — при изучении явлений зарождения организмов. Он должен при этом выявиться как следствие той или иной формы зарождения. Уже в течение почти трех столетий в науке поставлен вопрос о том, как зарождается отдельный организм, является ли он всегда производным другого такого же организма или же в некото-

¹ О смысле противопоставления научных, философских и религиозных представлений в работах В.И.Вернадского см. в Предисловии, с. 8-Ред.

рых случаях может появиться независимым от таких же организмов путем. Если бы оказалось, что всякий живой организм всегда в природе может происходить и происходит из такого же организма и никогда организм не может возникнуть вне организма, путем какого-нибудь своеобразного процесса, возникшего в косной материи, — тем самым было бы доказано, что между живой и мертвой материей в природных процессах есть непроходимая грань и что мы должны искать научное объяснение этого различия. Этим путем, таким образом, совершенно не касаясь философских и религиозно-поэтических обобщений, мы должны были бы вплотную научно подойти к вопросу о коренном различии между живым и мертвым, которое должно, конечно, проявляться в нашем научном представлении о Природе.

Наблюдая ход истории мысли в этом вопросе, мы сразу сталкиваемся со своеобразным, можно сказать парадоксальным, явлением. Неуклонно в течение всего времени, когда вопрос о зарождении организма был поставлен в науке, начиная с начала XVII в., мы видим, что всегда он решался в науке однообразным путем — всегда и неуклонно, без существенного исключения, приходили к заключению, что живой организм происходит от живого же организма, и все те случаи, когда предполагался какой-нибудь другой процесс, оказывались неверными и получали иное объяснение. В этом заключается вся история этого вопроса.

И вместе с тем постоянно и неуклонно человеческая мысль выдвигала новую область явлений, куда переносила создание живого организма непосредственно из косной материи, и, несмотря на все противоречия трехсотлетнего опыта человечества, глубокая вера в возможность этого процесса незыблемо существует в человеческом сознании и могущественно влияет на научную мысль, до сих пор живо сказывается в научной работе. Все так же живо, по существу, стоит вопрос о происходящем или происходившем когда-то у нас на Земле превращении в живой организм мертвой, косной материи, как он стоял 2200 лет назад перед Аристотелем. И едва ли ошибочным является впечатление, что мы подходим к новой вспышке учений о произвольном зарождении, которая опять отбросила область, ей доступную, за пределы точно изученного царства организмов. Как бы то ни было, нельзя считать окончательно научно решенным вопрос о существовании — или отсутствии — гетерогенеза или абиогенеза по отношению ко всем доступным нам проявлениям живого.

В связи с этим в науке не поставлен до сих пор прямой вопрос и о причинах коренного различия между живым и мертвым веществом, и наоборот, считается научно правильным исходить во всей работе в этой области из постоянно опровергаемого научным опытом представления о том, что нет в природных процессах резкого различия между живой и косной материей.

41. Причиной такого странного явления в истории идей является то, что научное мировоззрение каждого времени отнюдь не является результатом только одной научной мысли и научного творчества. Оно проникнуто и охвачено созданиями объединенного знания — здравого коллективного смысла, философского искания, религиозного переживания, поэтического вдохновения. Под их влиянием идет научная работа и направляется научная мысль, причем, в сущности, толь-

ко благодаря помощи со стороны, проникновению научно создаваемой картины другими созданиями человеческого гения, создается возможность цельного научного представления о Вселенной. Однако это представление мозаично и части его не равноценны, требуют к себе критического отношения.

При современном состоянии науки для нее имеют наибольшее значение философские составные части нашего научного мировоззрения — они отражаются чрезвычайно резко и глубоко на нашем научном мышлении, и на них нам необходимо остановиться прежде, чем выяснять картину идей и достижений в учении о зарождении жизни. Как раз философские представления об отношении мертвой и живой материи ярко отражаются и на всех научных построениях о зарождении организмов, сдерживают и заглушают данные текущего и векового научного опыта.¹

В философских построениях крепко упрочилось представление об отсутствии резкой грани между живой и косной материей. Являются исключением также системы, которые ставили бы эту грань в резкой форме, и они не имели влияния на человеческую мысль. Мы видели даже, что в идеалистической философской мысли понимание жизни отделилось от живого организма, приняло чрезвычайно широкий и абстрактный характер и как таковое потеряло свое значение для конкретной научной работы. Но каково бы оно ни было, несомненно, что все важнейшие монистические системы философии <...> не дают места коренному различию между живым организмом и внешней мертвой природой, так или иначе сводят их к общим принципам. Не менее исчезает это различие и в дуалистических и плюралистических системах, так как в них в действительности основой деления являются не признаки, характеризующие живое или живой организм, но по своей сущности независимый от живого в научном смысле, могущий проявляться как в живом, так и вне его духовный элемент Природы.

Благодаря такому характеру философских воззрений эта идея о тесной и неразрывной связи живого и мертвого охватила человечество глубочайшими нитями и вековой культурной работой внедрилась в научную мысль.

В частности, по отношению к вопросу о самопроизвольном зарождении жизни в философской литературе мы встречаемся с признанием ею логической неизбежности даже в тех случаях, когда различие между живым и мертвым в Природе ясно сознавалось в философском миропонимании. Очень ярко это сказывается у такого мыслителя как А. Шопенгауэр (1788-1860), который был вполне образованным человеком и в области естествознания своего времени. Шопенгауэр был одним из немногих мыслителей, которые ясно признавали, что граница между органическим и неорганическим есть граница, наиболее резко проведенная во всей Природе, может быть, единственная, на которой не допускалось никаких переходов; так что положение *natura non facit saltum* здесь как будто оказывается исключением, и в то же время Шопенгауэр являлся не только сторонником представлений о самопроизвольном зарождении, господствовавших в его время и которые сейчас нам кажутся

¹ В.И.Вернадский имеет ввиду «классическую» домарксовскую философию (см. Предисловие, с. 7,8).-*Ред.*

резко противоречащими научным данным даже того времени, но и считал допущение той или иной формы самопроизвольного зарождения — в самом крайнем проявлении учения абиогенеза или археогенеза — логической необходимостью, раз только мы будем считать происхождение живых организмов в Мире так или иначе объяснимым. В происходившем в последние годы его жизни великом споре между сторонниками гетерогенеза, которым он интересовался, он считал противоречащим здравому смыслу то течение, которое в действительности победило в науке, течение, отрицавшее гетерогенез для микробов, грибов, инфузорий.

То же самое настроение мы наблюдаем и у других мыслителей, придававших живому огромное значение в философски создаваемом Космосе.

На почве этих философских течений выросли в последнее время две философские системы, тесно связанные с ростом естествознания и имеющие в прошлом многочисленные, сейчас большей частью забытые проявления.

Это системы, которые признают жизнь, живое как один из основных элементов Космоса, и они не могут избавиться от необходимости дать представление о его зарождении в современной форме, переносят вопрос о его генезисе в былые стадии Вселенной, в чуждую современности далекую космическую обстановку. Такими философскими метафизическими системами, далеко не безразличными для современной науки о Природе, являются философские учения Фехнера и Бергсона. Другую оригинальную глубокую картину зарождения жизни развил младший современник Шопенгауэра Г. Фехнер (1801-1887), не только вполне владевший наукой своего времени, но и оставивший в ней глубокий след. Фехнер, может быть, сделал наиболее глубокую попытку примирения идеи самопроизвольного зарождения с идеей о вечности жизни, и его философская система, может быть, наименее противоречит тем течениям, которые сейчас вырисовываются в современном ходе научной работы. Это совпадает с тем увеличением интереса к Фехнеру, которое сейчас наблюдается в мировой философской мысли. И Фехнер в своей системе, выдвинув на первое место в понимании мира живое, в то же время дал в ней место явлениям самопроизвольного зарождения.

Та же атмосфера мысли проявляется и в самостоятельных философских исканиях следующего времени, нашего поколения. Бергсон, точно так же, как Фехнер, придающий жизни огромное значение в общей картине мироздания и точно так же ясно сознающий вечность жизни, в то же время не может отрешиться от идеи самопроизвольного зарождения, археогенеза, принимаемого им, как и Фехнером, в космическом, а не земном масштабе.

Фехнер и Бергсон являются наиболее яркими представителями философских течений, для которых извечное существование принципа живого во Вселенной есть основание их *credo*. Но и они признавали некоторую форму зарождения жизни, переносили ее в чрезвычайно общей, чуждой конкретному представлению натуралиста форме в эволюционный процесс материи, отделяя жизнь от организма. Жизнь вечная, но жизнь в организме создана мировым процессом. Нечего и говорить о тех философских системах, а их большинство, для которых исчезало различие между живым и мертвым или потому, что не создавались конкретные

данные научного знания, или потому, что и живое и мертвое теряло свое реальное значение перед более общими принципами миропонимания. В этих системах признание постоянного между ними перехода — не только при смерти благодаря распадению организма в косную материю, но и возникновение его самопроизвольным зарождением из мертвой природы — являлось или неизбежным, или казалось ясным и вероятным.

42. В тесной связи с таким состоянием философского мышления, с философской атмосферой человечества, должно быть поставлено проникающее все научное мышление XIX — начала XX в. *стремление свести все процессы, наблюдаемые в живых организмах, на процессы, изученные и логически построенные на свойствах мертвой природы.* Это стремление выражается ярко в той задаче, которая ставится нередко биологией: объяснить жизнь физико-химическим путем. Это стремление не основано и не вытекает из эмпирического материала науки. Генезис его надо искать точно так же в истории философского мышления.

Если в вопросе о грани между живым и мертвым философия ограничивала научную мысль, не давая ей поставить проблему, вытекающую, казалось бы, из данных научного наблюдения, о резком различии живого и мертвого, то в этом случае мы должны признать скорее благодетельное влияние философского мышления на научную работу.¹ Ибо благодаря такому стремлению перед нами охватывается методами точного знания новая область явлений, возникают научные обобщения, которые могут быть получены только при сознательном усилии, при большом и тяжелом труде, направленном к поставленной цели и извне от фактов Природы.

Без такого готового убеждения, при хотя бы неосознанно проникающем науку чувстве резкого различия между живым и мертвым, в науке не имела бы места огромная часть той плодотворной опытной и наблюдательной работы, которая характеризует биологию XIX и XX вв. Только благодаря такому — идущему наперекор большинству точных фактических данных — стремлению из бесконечной области явлений жизни удастся выделить те, которые могут быть сведены к рамкам явлений, изученных на косной материи и нам более или менее хорошо известных. В сложной картине живой природы мы получаем некоторые точки опоры — хотя бы временные мостки, — откуда мы можем более спокойно и планомерно идти далее.

Обычно считается, что это стремление охватить жизнь целиком физико-химическими процессами, стремление к единству, является наиболее ярким выражением научной мысли, и иногда именно существование такого стремления рассматривается как освобождение научной работы от воздействия на нее чуждых науке построений и достижений.

История научной мысли доказывает нам как раз обратное, она показывает, что такое убеждение, как бы оно ни было распространено в научной среде, является иллюзией. Научные факты не заставляют нас идти в изучении живой при-

¹ Здесь снова В.И.Вернадский имеет в виду взаимосолияние естествознания и «классической» философии. (см. Предисловие, с. 7, 8). —*Ред.*

роды тем путем, каким мы идем в изучении мертвой. Наоборот, мы вносим это убеждение готовым и проводим его с трудом, делая усилия, вставляем в готовые рамки чуждого ему содержания. Всякий знает, как трудно внести в рамки живой природы методы исследования, выработанные в чуждой ему среде, и история науки дает нам яркую, постоянно в отдельных вопросах повторяющуюся картину таких усилий и блестящих достижений, с этими усилиями связанных. Но эти блестящие достижения получаются всегда, с одной стороны, ограничением области, подлежащей изучению, и, с другой стороны, изменением методики исследования, приравнивающейся к новым объектам изучения. Всегда за завоеванной областью остается огромная область, не подчинившаяся извне внесенным методам изучения, быстро разрастающаяся под влиянием выделения некоторой прежней части знания, охваченной физико-химическими и механическими приемами изучения. Несмотря на все успехи такого изучения биологии с XVII по XX в., область биологии, не охваченная приемами научной работы, выработанными на косной материи, не уменьшилась, а скорее увеличилась.

Такое упорное стремление охватить приемами работы, позволившими глубоко углубиться в косную материю, явления материи, охваченной жизнью, имеет объяснение в историческом ходе развития естествознания и тесно связано с указанным раньше коренным пониманием Вселенной философской мыслью, при котором грань между живым и мертвым не является чем-то извечным в ее резком проявлении.

История нового естествознания с XVI — начала XVII столетия дает нам любопытную картину двойственного процесса своего развития. С одной стороны, успехи математического и механического представления о косной, мертвой материи позволили уже к концу XVII в. достигнуть величайших обобщений, в частности теории всемирного тяготения, дальнейшее развитие которой начинается только в наши годы, через 240-250 лет после ее провозглашения. За это время человеческая мысль уловила в косной материи многие основные черты ее сущности и создала блестящее идейное ее отражение в человеческом сознании. Это новое знание выросло на борьбе с тем, чуждым нам теперь, средневековым научно-философским мировоззрением, которое тесно связано было с философской мыслью Древней Греции — с Аристотелем и неоплатонизмом. Новая научная мысль развивалась одновременно с созданием новой философской мысли, заменявшей старое философское понимание Сущего. Нередко она совмещалась в одних и тех же носителях этой идейной работы, в одних и тех же личностях.

Победа новой философии была связана с победой и новой научной мысли, и, построенная на изучении мертвой, косной материи, выросшая на неполном охвате Природы, научная мысль, казалось, достигла не построения Мира, основанного на части Сущего, но такого построения, которое является общим научным достижением. Космос, научно познаваемый на законах и свойствах косной материи, рассматривался как научно создаваемый Космос вообще.

Но в начале XVII столетия произошел не только разрыв в области философии, но и разрыв в области научного мышления. Огромная область явлений описатель-

ного естествознания лишь медленно и постепенно выходила из-под влияния старого сложившегося миропонимания и связывалась с новыми философскими течениями, проникалась достижениями научного понимания Природы, основанными на изучении косной природы. Великие собиратели фактов описательного естествознания в XVI и начале XVII столетия, такие, как например, Цезальпин (1519-1603) или К. Геснер (1516-1565), были тесно связаны с учением Аристотеля, и отчасти с тем новым его пониманием, какое выяснилось в это время благодаря успеху филологических знаний. Они не могли становиться в то резкое противоречие со связанными с учением Аристотеля философскими построениями, в какое стали физики, математики и механики, и для них был чужд схематический мир, построенный учеными и философами, исключавшими жизнь — в ее научном конкретном понимании — из своих систем мироздания. Вплоть до середины XVIII в. мы видим яркое различие в этих двух течениях человеческого мышления, и К. Линней (1707-1778) своими корнями, в сущности, не связан ни с новой философией, ни с новой экспериментальной наукой. Мы можем легче уловить его генетическую зависимость от построений Аристотеля и так или иначе связанных с ним — и с неоплатонизмом — теологически-философских исканий средневековой мысли и мысли эпохи Возрождения, с ее близостью к реальному облику видимой живой Природы.

Натуралисты-эмпирики и натуралисты-механисты лишь медленно находили точки соприкосновения, и при эмпирическом изучении окружающей нас природы резкое различие живого и мертвого и далекость живой природы от безжизненных, по существу отвлеченных построений мироздания физика-математика и рационалиста-философа бросались в глаза на всяком шагу. Наряду с входившим извне стремлением ввести научный охват живой природы в биологические науки, в рамки достигнутого на косной природе научного миропонимания, шло эмпирическое, не считавшееся *de facto* с современными или прошлыми философскими и научными представлениями о природе построение научных биологических дисциплин, основанное на научном наблюдении. В нем явления жизни в действительности занимали не то место и создавали совсем не ту форму представления, которую они должны были бы иметь при господстве механистического понимания окружающего, которое вылилось из научного изучения косной природы и крайнего рационализирования живого философами.

Благодаря проникновению этих готовых представлений в биологических науках достигается с трудом и усилием свое особое понимание окружающего. Однако оно постепенно все же создается, и одновременно с этим идет такая переработка механистических представлений при применении их к живому, которая совершенно меняет их облик. Учение о живом, в свою очередь начинает влиять на старое научное мировоззрение; особенно это сказывается в философии, которая никогда в целом не принимала чисто механистическую схему Вселенной, построенную на изучении косной материи. Резкое изменение представлений о материи, наблюдаемое в XX столетии, дает новые основы для начинающегося пересмотра понимания Космоса, в котором живое получит наконец свое реальное выражение. Физико-химическое понятие и механистическое объяснение меняют свой облик

по мере углубления в строение материи — оно должно быть еще более изменено, если мы захотим его сохранить при объяснении живого.

Мы должны это все время помнить, когда рассматриваем состояние наших знаний о зарождении в Мире живого, и должны помнить, что механистическое представление о Вселенной, сведение всего на то представление о мире, которое выработано на основании изучения косной природы, не есть требование хода развития науки, не вызывается основной сущностью ее содержания — ее конкретными научными фактами, а привнесено в нее извне — из философских исканий и из неясного нам в своих законностях хода истории научного мышления, процесса далеко не законченного и длящегося.

43. Достижения древней науки по вопросу о зарождении живого были наиболее глубоко и точно формулированы — среди дошедших до нас ее остатков — Аристотелем (384-322 до н.э.), и они определяют научное понимание этих явлений вплоть до второй половины XIX столетия, причем лишь в начале XVII столетия видим мы возникновение и быстрый рост того представления, которое сейчас господствует если не в области научных воззрений, то в области научных фактов. Сделать выводы из него предстоит ближайшему будущему.

Аристотель не только излагал идеи, известные в его время. В его зоологических трудах мы видим несомненное самостоятельное творчество. Он не проводил резкой грани между живым и мертвым, хотя у него различие между живым и косной материей видно более резко, чем у последующих натуралистов. Все же он предполагал, что и живое и мертвое связано между собой непрерывными переходами: «Природа постепенно переходит от косного (*γαρνοζ*) к живым существам, так что благодаря этой непрерывности граница между ними не замечается и есть промежуточная общая им область». Живое, характеризующееся присутствием принципа жизни *«αυωλ»*, может возникать и в мертвой среде, никогда не бывшей живой, — правда, не везде — не в твердой горной породе или камне, но в земле, пене, грязи, песке, росе... Такого произвольного зарождения живого Аристотель касается попутно, оставаясь чистым эмпириком, основываясь на фактах, недостаточность которых была тогда не видна. Так, произвольное самозарождение Аристотель допускал для: 1) некоторых бесцветковых растений, 2) многих *Gastropoda* и *Lamellibranchiata* (*Ostracoderma* Аристотеля), 3) многих насекомых (*Entoma* Аристотеля), 4) некоторых рыб (например, угрей). Это все область не изученных и малоизученных в то время явлений жизни, и она охватывала большую часть Природы, причем Аристотель допускал *абиогенез*, т.е. происхождение живого из мертвой материи, не считаясь с тем, была или не была она когда-нибудь раньше живой. Взгляды Аристотеля не были крайними для его времени; в это время допускали и образование четвероногих, высших организмов — из земли, но Аристотель, по-видимому, не допускал такой возможности, однако и он склонялся в этих случаях к возможности *гетерогенеза* — образования таких организмов при особых условиях из зародышей, обычно дающих организмы другого рода.

Эти идеи, высказанные Аристотелем, держались тысячелетия. Так, через 2100-2200 лет после него, в первой трети XIX в., другой эмпирик — крупный

натуралист К. Бурдах (1776-1847), исходя из тех же наблюдений, считал возможным — и происходящим — самопроизвольное зарождение для многих организмов. В 1837 г. он считал, что, вероятно, оно преобладает у инфузорий и *Entozoa*, менее распространено у грибов и некоторых других тайнобрачных. Сомнителен и даже невероятен у *Epizoa* и явнобрачных растений. Но для Бурдаха вопрос шел уже не об абиогенезе, а о происхождении этих организмов из другого живого вещества или при гниении и брожении продуктов его распада. Вопрос о непосредственном переходе косной материи, не бывшей живой, исчез из обращения. И это изменение произошло совершенно несознательно, так как натуралистов этот вопрос не интересовал, а процессы возможного произвольного зарождения все время наблюдались в среде гниющей и бродящей. Различие абиогенеза и гетерогенеза выяснилось позже.

Несомненно, в течение долгих столетий, когда человеческая мысль сталкивалась с этими вопросами, здесь вовсе не оставалось все неподвижным, но данных судить об этом у нас нет. Лишь в самом конце XVI — начале XVII в. ясно выразились в литературе новые направления мысли, противоречащие традиции. Надо отметить, что к этому времени весь вопрос получил — совершенно неожиданно — новое освещение, так как он оказался связанным с вопросами теологического характера. При том значении, какое имели в жизни первого полуторатысячелетия христианства теологические представления, и при необходимости считаться с господствующими взглядами при всех научных вопросах такая связь, как бы ни казалась она логически случайной, должна была могущественно сказаться на всем ходе развития мысли.

44. В научной работе того времени приходилось чрезвычайно считаться с католическими и протестантскими представлениями о Вселенной, как в целом, так и в частности, и в этих представлениях большую роль играли идеи о постоянно происходящем переходе мертвой материи в живую, в живой организм. Для огромных кругов образованного общества эти идеи делались едва ли не неопровержимым и незыблемым проявлением истины, нарушением веры в которую являлось равносильным колебанию основ религии. Христианство восприняло старинную веру в возрождение — в переход в жизнь через смерть. <...> В частности, исконное земледельческое представление о необходимости гниения зерна в земле для того, чтобы получилось живое растение, соединилось с идеей — воскресением Христа из мертвых, т.е. с основными верованиями. Апостол Павел на этом образе построил свои толкования, и они прочно утвердились в широких кругах общества. В этом воззрении — обычном и для древнеэллинской мысли, генетически перешедшей в христианские представления, на ней основанные, — признается постоянно совершающийся гетерогенез. Оно долго сохранялось в сознании, и еще в начале XIX в. его высказывали философы, например Шеллинг. В XVII в. оно было широко распространено и господствовало в ученых и влиятельных кругах образованного общества и духовенства, значение которого, как реальной общественной и государственной силы, ощущалось на каждом шагу. Со следствиями этого воззрения надо было считаться. Против него можно было возражать с осторожностью.

Но вместе с тем религиозный интерес получила и противоположная идея о непрерывном чередовании поколений организмов во времени. Один из величайших мыслителей — Плотин (204-269), влияние которого было очень сильно все время на христианскую философскую мысль, видел в этом непрерывном — бесконечном — происхождении организмов от себе подобных независимо от окружающей мертвой природы одно из величайших чудес, проявление божества в окружающем нас Мире. Плотин при чрезвычайной отвлеченности и проникновенности в Иррациональное осознание Мира не придавал большого значения вопросу о зарождении живого из мертвого, но он подчеркнул глубокое религиозное значение самой характерной его черты — генетической независимости, автономности в окружающем мире живого организма, его видовую дистальность — земную вечность — при краткотечности отдельной особи.

Мы не должны забывать и эту сторону религиозного понимания окружающего при том значении, какое имели в новое время, в XV — XVII вв., неоплатонические настроения. Они входили в духовную атмосферу той среды, в которой происходило создание новой идеи о вечности во Вселенной жизни, понимаемой конкретным образом, — вечности живого организма, живого вещества.

45. Эта работа мысли выявилась во второй половине XVII в., но началась она много раньше. Она шла в нескольких направлениях. Прежде всего в связи с концепциями о происхождении организмов, которые были достигнуты не научным путем и получали в глазах людей ценности иного порядка, — в обоих теологических направлениях, высказанных апостолом Павлом и Плотиним. И во-вторых, к ним привело точное исследование явлений Природы, проникновение в историю отдельных живых организмов, их наблюдение.

В XVII столетии мысль пошла по обоим направлениям. Необходимость гибели — умирания — зерна, для того чтобы выросло растение, отнюдь не разделялась древней наукой. Уже Эмпедокл совершенно ясно указывал на полное соответствие зерна растения яйцу животных, и Аристотель, и вся наука, с ним связанная, не видели в прорастании создания живого из мертвого. Необходимость, чтобы зерно сгнило — умерло — для того, чтобы дать начало новому живому организму, относительно быстро исчезла из сознания натуралистов-наблюдателей. Кажется, впервые И. Фабер (1570-1640) сказал об этом наиболее ярко, и к середине XVII в. уже нет в этом отношении сомнений, сколько-нибудь влияющих на ход научной мысли.

Одновременно мысль пошла и по другому пути, отголоски которого мы видели у Плотина. Для объяснения всюду зарождающейся жизни, в значительной мере в связи с изучением болезней в середине XVII в., еще раньше открытия микроскопических организмов, возродилась старинная идея панспермии, нахождения всюду, в воздухе и окружающей среде, зародышей и семян организмов, которые и дают начало появлению жизни там, где для ее объяснения допускали зарождение из мертвой материи.

Эту идею уже натурфилософы пытались свести к Пифагору, но следы ее неясны до XVII в., когда она вылилась в разных формах, высказанная различными

людьми разной эрудиции и характера работы. С одной стороны, к ней подходил в своеобразной форме, связанной с пифагорскими традициями, А. Кирхер (1602-1680), с другой — ее высказывали независимо от него в очень ясной и логически цельной форме в 1650 г. А. Гауптман (1607-1674) в Дрездене, а в Париже в 1666 г. К. Перро (1613-1688). В тесной связи с этим мысль исследователей пошла дальше и вызвала идеи Н. Гаймора в Оксфорде (1613-1685), развившего в 1651 г. представление о существовании особых органических молекул, свойственных только организмам, неуничтожаемых и частью собирающихся в организмы при их зарождении и рассыпающихся и рассеивающихся при их умирании. В этой идее, позже развитой независимо Бюффеном и имеющей корни в философской спекуляции Лейбница (1646-1716), скрытым образом заключается идея вечности жизни.

Почва для перехода к новому пониманию явлений жизни была подготовлена, и в середине XVII столетия начались точные работы натуралистов, постепенно менявшие наши представления о конкретно идущем зарождении организмов. Несомненно, как это видно из сохранившейся текущей научной литературы и из опубликованных теперь архивных данных, эта работа шла в первой половине XVII столетия. Работы, опубликованные в 1650-1660-х годах Гарвеем и Реди, начались на 20-30 лет раньше, явились делом всей их жизни, и их результаты были известны из переписки ученых.

В 1651 г. Гарвей опубликовал результаты своих многолетних исследований, положивших основание современной эмбриологии. Они были изданы в чрезвычайно неблагоприятной обстановке, среди ужасов междоусобной войны, когда в разрухе погибли его многолетние труды. Его младший современник Ф.Реди, последовавший по его стопам и пришедший к обобщению, к которому подходил, но не дал Гарвей, именно этими внешними обстоятельствами объясняет заблуждения и ошибки трактата Гарвея, опубликованного на закате его жизни (1578-1657). Гарвей выставил общее положение, что всякое животное происходит из яйца — *omni animal ex ovo*, включая сюда и всех тех мелких животных — насекомых и червей, которые, по мнению и Аристотеля, и ближайших к Гарвею ученых, занимавшихся этими вопросами, например Фабриция из Аквапенденте, возникали, по крайней мере отчасти, без участия организма. Введя представление о *primordium vegetale*, Гарвей считал его аналогичным яйцу и включал в такой процесс образования организма и растительный мир. Однако уже давно указано, что было бы ошибкой считать, как это нередко делают, что Гарвей понимал провозглашенный им принцип так, как это понимаем мы, и что он вводил что-нибудь резко новое в старые воззрения, отрицал гетерогенез. Гарвей допускал крайний гетерогенез, по-видимому абиогенез, для образования яйца и *primordium vegetale*. Всюду рассеяны яйца и зародыши, например носящиеся в воздухе, образуются путем самопроизвольного сцепления свободных атомов точно так же, как они образуются тем же процессом и внутри организма. В туманных и неясных образах Гарвей допускал при этом и вмешательство божества.

Но факты, собранные Гарвеем, и идеи, может быть, даже понятия-слова, им внесенные в научную мысль, очень быстро получили другое значение и вызвали

новое движение, приведшее к таким выводам, которых не делал Гарвей. Гарвей в это время — после многолетней борьбы — был признан современниками «величайшим философом нашего времени, бессмертным Вильгельмом Гарвеем», и к его мнению все прислушивались, его книги все читали.

46. Опубликование его работы вызвало то течение, которое привело впервые в истории человечества к отрицанию самопроизвольного зарождения. Первые же исследователи, ставшие на его путь, подвергли правильной критике его воззрения. Первые работы были опубликованы через 17-18 лет после выхода в свет труда Гарвея, но в это время ход развития научной мысли и проникновение нового шли медленно. Научное мировоззрение данного момента все время складывалось из достижений, нередко имевших многовековую историю, и мы имеем несомненные указания, что работы над зарождением организмов, приведшие к отрицанию самопроизвольного зарождения, начались в 1650-х годах. В 1668-1669 гг. вышли работы итальянца Реди и голландца Сваммердама, пришедших в основах к одному выводу, но обе эти работы собрали многолетние наблюдения, для Реди, несомненно, связанные с годами, близкими к появлению трактата Гарвея.

В истории данной научной мысли наибольшее значение имела работа Реди, но Сваммердам работал от него независимо, и наблюдения его, сделавшиеся известными после работ Реди, оказали, несомненно, большое влияние на ход мысли в этой области. Главное значение работ этих ученых заключалось в том, что они выяснили законности в развитии насекомых и показали, что в этой области нет места для самопроизвольного зарождения. Со времени их работ идея самопроизвольного зарождения, веками объяснявшая появление насекомых, была оставлена навсегда.

И. Сваммердам (1637-1680) не опубликовал при жизни всех своих наблюдений, так как он в самом разгаре научных достижений бросил работу и ушел в 1674-1675 гг. в мистику, подобно другому великому своему современнику, товарищу и другу Стенсену (Стенону) (1638-1686). Оба пережили один и тот же процесс сомнения в ценности научных исканий в момент величайших своих научных достижений. Главные результаты Сваммердама были опубликованы после его смерти, в 30-х годах XVIII в., но нельзя думать, что в XVII столетии они не были известны, так как многие данные содержались в его ранее опубликованных трудах, и в это время еще существовал широчайший письменный научный обмен среди ученых, сложившийся столетиями, и письма каждого ученого, его открытия и обобщения делались обычно известными задолго до их опубликования. Сваммердам был несравненный точный наблюдатель, и его работы, опубликованные в «Библии природы» в 1730-х годах, дали для решения этого вопроса материал, который тогда отсутствовал. При этом вся мысль Сваммердама, без всяких колебаний, не только не допускала гетерогенеза, но была проникнута единством зарождения всего живого.

Признавая его самостоятельное значение, нельзя отрицать, что главная заслуга принадлежит все-таки Реди и Валлиснери.

Ф. Реди сделал известными результаты своей работы через 17 лет после выхода трактата Гарвея. В 1668 г. он выпустил первые свои исследования над явле-

ниями самопроизвольного зарождения и возвращался к ним несколько раз в течение всей своей жизни. Он, несомненно, первым вывел следствие из обобщений и наблюдений Гарвея, мы должны считать его одним из крупнейших новаторов человеческой мысли. Имя его должно было бы быть гораздо более известным, чем это мы видим, и все внесенное им в наше научное мировоззрение до сих пор не осознано во всем его значении. Но и его биография, даже внешняя, несмотря на обилие материалов, во многом не выяснена (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 47).

К вопросу о зарождении организмов Реди подошел отчасти как врач, изучая внутренних паразитов. Нельзя не отметить, что в бумагах *Academia del Cimento* сохранились указания на подымавшиеся в ее среде те же вопросы, например вопросы о происхождении галл, которыми позже — может быть, тогда же — занимался Реди.

Ф. Реди сделал тот шаг, который подготавливался тысячелетней историей мысли, и высказал то положение, которое мы сейчас восприняли и которое я буду в дальнейшем называть *принципом Реди*. Он счел, что *все живое всегда происходит из живого же*, дает ли оно зародыши или нет. В ясной и не вызывающей сомнений форме он установил принцип биогенеза, хотя выражение *omne vivum e vivo*, противоположаемое гарвеевскому *omne vivum ex ovo*¹, было сделано не им, а другими гораздо позже, в XIX столетии. Но отличие своего взгляда от идей Гарвея Реди видел очень ясно.

Реди не принимал однообразного происхождения организмов. В полном согласии со своим принципом он допускал, что насекомые в галлах, которые как раз обратили на себя внимание в это время, в своем генезисе связаны не с яйцами, которые кладутся их особями, а с растением, в котором они наблюдаются, совершенно подобно тому, что мы видим при образовании в растении цветка и т.п. Он считал, что есть два случая появления «червей» на плодах, цветках, листьях, ветвях: во-первых, из отложенных в них яичек этих червей и, во-вторых, из особого свойства растительного организма производить галлы и содержащихся в них насекомых. Эти последние являются в таком случае таким же производным органом растения, каким является лист, плод или цветок. К тому же самому источнику — к силам живого организма (*anima*) Реди относил как возможное и происхождение внутренних паразитов внутренних органов животных.

Как ни странны для нас эти представления, мы не можем не видеть здесь, что Реди внес новый принцип в понимание окружающей природы. Этому принципу *omne vivum e vivo* не противоречат и все эти странные его объяснения. Это гетерогенез в живом организме, аналогичный тому, который допускался не раз для объяснения появления новых клеток среди тканей организма.

По-видимому, Реди под влиянием возражений Мальпиги (1628-1694) по поводу галлов отказался к концу жизни от этого взгляда и не опубликовал своих позд-

¹ Многочисленны в литературе следы правильного представления господства принципа *vivum ex ovo* с конца XVIII в. Из более ранних: «D'après l'état de nos connaissances on est conduit à preser que la nature vivante est toute entière évipare» (Moreau J.L. Discours sur la vie et les ouvrages de Vicq d'Azyr. Oeuvres de Vicq d'Azyr, t.1. Paris. 1805, p. 47). (Moreau de la Sarthe (Jacques Louis) (1771-1826).

нейших работ, которые он делал в этом направлении. Он увидел, что он ошибся.

В обобщении Реди мы видим окончательно утвержденным то положение, которое сейчас является господствующим в науке, и 1668 год, когда оно было выдвинуто, является годом перелома в воззрениях человечества в этой области, годом нового взгляда на Природу. Имя Реди должно быть нам памятно, ибо он впервые решился громко высказать воззрение, которое до него никогда не высказывалось.

А между тем до сих пор его имя не пользуется той известностью, какую заслуживает; отчасти это связано с тем, что широкие круги не могут примириться с внешней им в нашу мысль идеей. Поэтому много раз самостоятельно независимо от Реди открывался его принцип и в истории науки приписывался различным ученым среди тех, которые, исходя из тех или иных соображений, ясно сознавали невозможность произвольного зарождения жизни, непосредственного перехода мертвой материи в живую. Мне кажется, впервые в форме *omne vivum e vivo* провозгласил его, не зная и не идя по пути Реди, в 1805 г. в полной идеей натурфилософской работе Л. Окен (1779-1851). Окен придавал ему верное понимание, противопоставлял его принципу Гарвея. Но это обобщение Окена было забыто, и Д. Льюис (1817-1878), сам биолог, самостоятельно занимавшийся историей науки и историей философии, забыв и о Реди и об Окене, приписывал его провозглашение Огюсту Контю (1778-1859). Едва ли можно сомневаться, что Конт подошел к нему независимо от Реди и от Окена. К тому же он понимал этот принцип иначе, видя его смысл в другом.

Необходимо обратить внимание на то, что принцип *omne vivum e vivo* может иметь разное значение: с одной стороны, он указывает, что живое не может возникнуть непосредственно из мертвого, с другой — в отличие от положения Гарвея он не заключает необходимости образования организма всегда из яйца или из аналогичного ему тела. Поэтому к нему, как к более общей формуле, вернулись в начале XIX столетия, когда открыт был в живом мире партеногенезис, все ученые, для которых вопрос о самопроизвольном зарождении не являлся глубоким догматом убеждения. Они ценили в этом принципе эту другую его сторону. Выраженному в форме *omne vivum e vivo* положению не противоречило и издревле идущее, уходящее в бесконечную глубь веков разведение растений отводками, частями листьев, прививками. Но вместе с тем этот принцип допускал и известную неопределенность — он допускал, как мы видели, известные формы гетерогенеза, к которому склонялся не раз и сам Реди.

47. В этом смысле необходимая поправка в принцип Реди была внесена еще при жизни Реди его младшим современником падуанским натуралистом и медиком А. Валлисниери (1661-1730). И по справедливости следует считать, что ему принадлежит вместе с Реди огромная заслуга выяснения всего значения и содержания этого основного принципа современного понимания Природы. Он внес все необходимые поправки в принцип Реди — доказал ошибочность предположения Реди о двойственной форме зарождения червей в частях растений и об особом образовании паразитов внутри организмов животных. Он выразил принцип Реди иначе: «каждый организм происходит от себе подобного» — и, очевидно, этим

уничтожил всякую возможность применения для объяснения происхождения организмов каких бы то ни было форм гетерогенеза. Вместе с тем он давал повод допускать бесполое размножение, тогда известное, так что казалось, что он дал более точное и более ясное определение, чем то, которое высказано было в принципе Реди и привело самого Реди к неверным выводам. Формулировка Валлиснери была принята Линнеем и явилась основой его учения о видах: «*Simile Semper parit simile*».

Мы теперь знаем, что это не так. Во время кругосветного путешествия «Рюрика» в 1815г., через сто лет после Валлиснери, Шамиссо и Эсшольц открыли чередование поколений у сальп (отряд оболочников), и в 1850-х годах это стало общепризнанным. Поправка Валлиснери и тезис Линнея должны отпасть.

Валлиснери излагал свои взгляды в многочисленных работах, издавал не только свои собственные произведения, но и, по обычаю того времени, ученые работы и письма своих друзей со своими возражениями и разъяснениями, нередко сплетая их в одну книгу вместе со своими трудами. Он широко пропагандировал идею единообразного зарождения живого. Среди изданных им сочинений нельзя не отметить ученое письмо католического епископа Ф. Дель Торре, ставшего на его сторону и придавшего необходимый тогда церковный авторитет новому учению.

Возражения, встретившие в этот момент новое учение, были совершенно ничтожны, и оно быстро овладело умами современников. Но напрасно было бы думать, что причиной этого были опыты Реди, Сваммердама или Валлиснери или логическая критика противоположных воззрений. В основе изменения взглядов лежала область широкого *наблюдения фактов*. Работам ученых открылись новые условия жизни таких классов организмов, как насекомые и черви. Эти работы раньше не обращали на себя внимания, но они уже тогда показали, что явления жизни этих организмов столь же закономерны, как явления жизни других животных, вроде птиц или зверей, раньше не возбуждавших сомнения, и что всегда «себе подобное происходит от себе подобного». По мере точного описания организмов, изучения биологической истории каждого из них можно было в этом вполне убеждаться. В то же самое время открытие метаморфоза насекомых, их строения и устройства, выяснение половых элементов растений, открытие происхождения галлов растений и т.п. заставили относиться с большой осторожностью к тем случаям, когда *generatio alquivoca* относилась к организмам, история которых не была достаточно изучена, каковыми являлись, например, внутренние паразитные черви.

Все это создало в первые десятилетия XVIII в. чрезвычайно благоприятную почву для проникновения принципа Реди в сознание натуралистов.

Можно было думать, что победа выиграна. Скоро пришлось убедиться, что это был выигран лишь первый бой и что неизменно, не раз еще, будут возвращаться старые воззрения.

Старые идеи ярко возродились через несколько десятков лет под влиянием открытия нового мира органических существ — микроскопических организмов.

Существование этого мира было, по-видимому, указано Г. Поуэром в литературе еще раньше опубликования работы Реди (1664), но работы Поуэра не обратили на себя внимания. Лишь в 1679 г. А. Левенгук (1632-1723) рядом точных наблюдений раскрыл перед человечеством этот мир, существование которого подозревалось в течение столетий на основании косвенных признаков его присутствия. Левенгук был противником идеи самопроизвольного зарождения и принимал выводы Реди и Валлисниери, но по мере расширения наблюдений возникали в среде натуралистов все большие и большие сомнения в приложимости к этому миру существ представлений, созданных на изучении видимого мира организмов.

Перед человеком открылся целый мир новых организмов, мир, всюду его окружающий, о котором он не подозревал при всех своих первых суждениях о зарождении живого среди окружающей его Природы. И этот мир представлял особенности, не позволявшие вполне его сравнивать с более или менее изученным — старой картиной Природы. Пришлось медленно убеждаться, что в мелких невидимых организмах — инфузориях, как их долго называли, мы имеем дело с настоящими организмами, обладающими всеми свойствами организмов. Это убеждение проникло в общее сознание лишь в первой половине XIX в., после работ Х. Эренберга (1795-1876). Многие считали возможным смотреть на открытый мир организмов как на особый мир, отрицали не только животный или растительный характер наблюдаемых тел, но и обладание ими жизнью в ее обычных для живого размерах и пределах.

Пытались рассматривать эти организмы частью как своеобразные живые молекулы, каковыми их считал один из глубочайших натуралистов — Г. Леклерк де Бюффон (1707-1788), частью как живые составные части разрушающихся сложных организмов, как в начале века пытался их представить крупный натуралист и натурфилософ Л. Окен (1779-1851).

Открытия и обобщения Реди, Сваммердама и Валлисниери, касавшиеся насекомых, червей, растений, явно не могли иметь значение в этом мире новых организмов, количество которых казалось безграничным и которые стали открываться в огромном количестве всюду, где происходило гниение, брожение, разложение высших, ранее известных организмов.

В эту область были перенесены вопросы о зарождении живого, о существовании гетерогенеза или абиогенеза, и здесь, в следующем же поколении после работ Реди, через два-три десятилетия после утверждения его принципа, он вновь был подвергнут сомнению. Работами английского аббата Дж. Нидхэма (1713-1781) и Г. Леклерка де Бюффона принцип Реди надолго был отодвинут в сознании натуралистов.

48. Нидхэм и Бюффон вначале работали независимо, а затем их работы шли параллельно. Работы Нидхэма по микроскопии, заставившие его возражать против обычно принимаемого зарождения инфузорий, относятся к 1743 г., и он подерживал эти идеи через 20 лет, возражая Спалланцани. И Нидхэм и Бюффон, в сущности, не придерживались идеи о произвольном зарождении, они считали, что открытый новый микроскопический мир состоит не из животных или растений, а из организмов-молекул, на которые распадаются органические существа

при умирании и в которых Бюффон видел свои знаменитые органические молекулы, строящие живое и отличающие его от мертвого.

Значение этих работ было велико особенно благодаря авторитету Бюффона и успеху его «Естественной истории». Натуралисты, не принимавшие положительную сторону теоретических построений Бюффона — его органических молекул, принимали, казалось им, более фактическую — отличие этого нового мира от животных и растений, и особенность их зарождения — не из яйца или из с.ебе подобного. В то же самое время возродились вновь во всей своей силе и старые представления о самопроизвольном зарождении организмов, недостаточно изученных, например внутри- живущих паразитных червей.

В 1765 г., когда Л. Спалланцани (1729-1749)¹ опроверг опыты и наблюдения Нидхэма и Бюффона и вновь выдвинул принцип Реди, идеи самопроизвольного зарождения широко были распространены, не менее, чем во времена Реди. Правда, они оставили целиком царство насекомых — главное их внимание было обращено на микроскопический мир. Спалланцани проделал ряд опытов, которые доказывали с небывалой ранее точностью отсутствие различия по существу между инфузориями и животными. Он оставил вне сомнения, что мы имеем здесь дело с теми же самыми организмами, с какими встречались до сих пор среди созданий видимой Природы. В то же время для выяснения их внезапного появления и широкого распространения во время гниения, брожения и т.п. Спалланцани под влиянием знаменитого в это время натуралиста Ш. Бонне (1720-1793), одновременно выступавшего против самопроизвольного зарождения, выдвинул и развил идею панспермии — повсеместного рассеяния яиц, спор, зародышей инфузорий в воздухе. Вместе с тем он доказал у некоторых из них способность обычного способа размножения — через яйцо (цисты) и через выделение готовых молодых особей, наконец, делением.

Опыты Спалланцани были подтверждены независимо шедшими опытами молодого русского натуралиста М. Тереховского (1740-1796). Это был талантливый ботаник и анатом, только раз коснувшийся этого вопроса в работе, напечатанной в 1775 г. и обратившей на себя внимание. Опыты Тереховского были произведены и опубликованы раньше основных опытов Спалланцани, вышедших на итальянском языке через год и сделавшихся доступными в переводах через два года.

И те и другие, однако, несмотря на всю свою доказательность, не достигли той цели, к которой стремились. Они не повлияли на общий тон научной мысли. Конец XVIII - первая четверть XIX в. представляют расцвет идей гетерогенеза.

В 1803 г., разбирая весь спор 1775 - 1776., Г.Р. Тревиранус (1776 - 1837), подвергнув критике работы Спалланцани и Тереховского, приходит к заключению,

¹ Ни биография, ни значение научной работы Спалланцани до сих пор не изучены настоящим образом. В истории науки его образ не выявлен во всем его значении. Его биография: Alibert T.L. *Eloge de Spallanzana*. Paris, 1806 (очень внешняя). A-g.-s. *Biographie universelle*, t. XLIII. Paris, 1825, p. 240; Fabroni A. *Vitae italor, doctrina excellentum*, v.XIX. Pisa, 1804-1805. p. 39; Pozzetti P. *Elogio di L. Spallanzani*. Parma, 1800; Radl E. *Geschichte der Biologischer Theorien*. 2 Aufl. Leipzig un Berlin, 1913. S. 176 (Оценка Спаланцани представляется мне неверной) Spallanzani L. *Opere scelte*, t. I-XII, 1825-1826. В дальнейшем изложении мы часто будем встречаться с Спаланцани, крупнейшим натуралистом, который закладывал современное нам научное мировоззрение.

что работы Нидхэма и Бюффона поставили на правильное место в сознании современников достижения Реди и Валлисниери и тем открыли возможность дальнейшей свободной научной работы.

Конец XVIII - начало XIX столетия были временем расцвета идей самопроизвольного зарождения организмов. В это время крупные натуралисты всецело находились под влиянием этих идей. Они шли иногда так далеко, как не шли ученые последних столетий. Оригинальный и точный наблюдатель Природы, внесший много фактов в наши о ней познания, Ф. д'Азара, путешествовавший по Южной Америке с 1781 по 1801 г., одновременно с путешествием по ней Гумбольдта, допускал самопроизвольное зарождение не только для высших растений, но и для позвоночных — рыб, лягушек и т.д. Это было целостное мировоззрение.

Д'Азара не был книжным ученым; его научная подготовка была ничтожна. Это натуралист, получивший образование самостоятельным наблюдением живой природы. Но эти же взгляды были распространены и среди профессиональных ученых. И если они не шли так далеко, как д'Азара, вернувшийся фактически к идеям о Природе Аристотеля, они в это время проходили любопытный кризис идей. Так, Ламарк, который в 1776 - 1794 гг. высказывался в печати как противник гетерогенеза, в 1809 г. резко изменил свои взгляды. В это время он писал: «Древние, конечно, придали слишком широкое развитие самопроизвольным зарождениям, о которых они имели смутное представление (*le sourçon*), они сделали из него ложные выводы, и было легко доказать их ошибку. Но совершенно не доказали, что в природе не происходило ни одного самопроизвольного зарождения и что природа не проявляет его никогда (*point*) по отношению к наиболее простым организмам».

Ламарк считал, что можно утверждать, что «природа с помощью тепла, света, электричества, влажности образует произвольные или прямые зарождения на пределах каждого царства живых тел, там, где находятся наиболее простые из этих тел».

Этот переход был у него не случаен. Он тесно связан с общим изменением естественнонаучного мировоззрения Ламарка. Как раз между 1797 - 1800 гг., по-видимому, в 1799 г., сложились у Ламарка, вне какого-нибудь прямого влияния предшественников, идеи эволюции видов, и в 1800 - 1801 гг. он впервые высказал их публично и в печати.

Для Ламарка произвольное зарождение — на каких-то стадиях состояния живого вещества — было тем логически неизбежным началом, дальше из которого организованный Мир развивался путем эволюции. Возрождая и подчеркивая идеи самопроизвольного зарождения, Ламарк сознавал, что его мысли не отвечали господствующему взгляду, и он обращается, развивая (1809) свои идеи, к людям, «независимым от предрассудков», которые «рано ли, поздно ли» увидят заключающуюся в нем истину.

Ламарк ошибался. Он был не один. Стеффенс (1773 - 1845), ученый, поэт, натурфилософ и религиозный мыслитель, сильно влиявший на мысль своего времени, выражал те же мысли. Опыты Тревирануса, казалось, уничтожили силу

опытов Спалланцани и Тереховского, и это представление держалось целые десятилетия.

Под всеми этими влияниями в первые десятилетия XIX в., как вспоминает К.М. Бэр, огромное большинство натуралистов придерживались веры в самопроизвольное зарождение. Точку зрения этих натуралистов уже как раз к тому времени, когда эта вера явно исчезала, ярко выразил К. Бурдах (1776 - 1876) одинаково крупный и ученый и мыслитель. Он говорил: «Тот, кто защищает учение о произвольном зарождении, держится опыта; когда он встречает организованное существо, возникшее в условиях, в которых он, несмотря на все свои усилия, не может найти или какой-нибудь зародыш, или какой-нибудь путь, каким данный организм мог проникнуть в место своего возникновения, он признает, что Природа имеет силы создавать организованное существо из гетерогенных элементов. Его антагонист пытается доказать вероятность того, что в месте возникновения организма находятся скрытые зародыши (*germes*), потому что он считает эти зародыши необходимыми, ибо Природа, по его мнению, имеет силы только сохранять организованные существа, но не создавать новые».

Тем не менее именно эмпирический опыт постепенно и неуклонно ограничивал область, где возникали эти сомнения. Вопреки прямолинейной эмпирии ход истории научного знания давал победу предвзятому, казалось, пониманию Природы. Область, где являлось допустимым образование живого непосредственно из мертвого, все суживалась. Можно было, стоя на эмпирической точке зрения, подобно Бурдаху, отвергать самопроизвольное зарождение: надо было бы только еще ближе держаться фактов. Бонне выразил эту, другую «тоже эмпирическую» точку зрения очень ярко: «Я не принял самопроизвольных зарождений, во-первых, так как я их совершенно не знаю, и, во-вторых, потому, что такие зарождения показались мне противоречащими всему, что я знаю наиболее точно относительно зарождения животных и растений».

49. Во всем дальнейшем движении человеческой мысли в этой области мы можем заметить два течения — одно, которое интересовалось теорией зарождения и касалось самопроизвольного зарождения организмов как реального факта, и другое, которое подходило к изучению конкретной Природы, совершенно не касаясь этого, созданного вне научной области представления. Оно описывало и точно изучало отдельные явления и факты, совершенно оставляя в стороне не способ зарождения организма в тех случаях, когда оно не могло их объяснить, — при этом все большая и большая часть мельчайших организмов и организмов, раньше стоявших за пределами обычного зарождения, входила в его рамки. Процесс совершался естественным путем, и выводы из него были сделаны гораздо позже.

Тем же самым эмпирическим путем и так же незаметно для современников менялась вся обстановка представлений о Природе, в которой существовала идея о зарождении живого из мертвого.

Здесь на первое место надо поставить то изменение, которое произошло в наших представлениях о реальной границе между царством мертвой и царством живой Природы, — само деление Природы на эти два царства.

Мы видим деление на два царства Природы уже в древности у Аристотеля, отделявшего живую Природу от мертвой. Однако этому делению мы не должны придавать большого значения, так как Аристотель не допускал резкой границы между живым и мертвым и признавал в широкой мере не только гетерогенез, но и абиогенез. Деление Природы на живые и мертвые тела при этих условиях имело совершенно иной характер, чем оно имеет для нас теперь. Влияние Аристотеля было господствующим вплоть до начала XVII столетия, т.е. как раз до того времени, когда начались исследования над характером зарождения организмов. С конца XVI и до начала XVII в. — под влиянием герменестической философии мистических представлений, связанных с исканиями алхимиков, — выдвинулось другое течение, делившее Природу на три царства — на три совершенно равнозначные группы тел. Позже из того же источника вошло в науку и развилось в ней в связи с теологическими и натурфилософскими представлениями деление Природы на большее количество независимых частей. К царствам минералов, растений, животных присоединялось царство человека, а затем и большее число царств — до восьми.

Сложность процесса научной работы чрезвычайно ярко сказывается в этом вопросе. Как раз ко времени, когда стало выясняться резкое различие между живым и мертвым, ко времени открытия принципа Реди, из области описательно-естествознания уходило старинное, стоявшее с ним в полном согласии представление о делении Природы на два отдела — на Природу живую и мертвую, а стало распространяться резко противоречащее принципу Реди представление о трех равнозначных царствах Природы — царстве минералов, растительном и животном. Огромное большинство натуралистов определенно пошли по этому пути — по нему пошли те, которые оказали самое могущественное влияние на развитие естествознания в XVIII в. и в первой половине XIX в., — Линней (1701-1778) и Бюффон.

Под этим влиянием в XVIII в. оказались возможными такие великие сводки наших знаний, как «Systema Naturae» Линнея (1739-1768), которые продолжались на разных языках до первой четверти XIX столетия¹, и резко противоположная ей по кругу идей «Histoire Naturelle...» Бюффона, начатая почти в одно время и точно так же еще державшаяся в своих переизданиях и переработках вплоть до первой трети XIX столетия². Эти противоположные по пониманию Природы труды были проникнуты, однако, единством мысли, представлением единой Природы, единством трех ее царств. *Natura non facit saltus* и охват всей Природы, казалось, давали им право сравнивать как равнозначные понятия виды животных, расте-

¹ Первое издание *Systema Naturae*... осуществлено в 1735 г. Поладнее, 10-е линеевское — в 1759 г. Немецкая переработка Гмелина вышла в конце XVIII в. Попытки идти дальше по этому пути, поторяющиеся в немецкой литературе в первой половине XIX в. Никогда не приобретали того значения, какое имела работа Линнея. То же надо сказать и об английских последователях Линнея. Переработка Мерея вышла в начале XIX в., точно также и русская — В. Северигина (Начальные основания естественной истории, ч. I. СПб., 1794.-Ред).

² В 1788-1789 гг. переиздана de Lacerde в немецкой обработке Русская обработка с дополнениями Северигина — в XIX столетии.

ний, минералов, изучать одинаковым образом их историю и их морфологические проявления. Уже к середине XIX в. это стало невозможным, и труды этого рода, например такие компендиумы, как полезная книга И. Лейниса (1802-1873) и его продолжателей, к середине XIX в. получили значение лишь справочных, словарных книг, не связанных общей идеей единства живого и мертвого царств, так проникающей работу и Линнея и Бюффона.

Идея существования трех царств Природы оставлена была натуралистами и постепенно, лишь после того, как факты указали на полное несоответствие этого Представления с действительностью.

От представления о трех царствах Природы вернулись к старинному представлению Аристотеля и перипатетиков о делении Природы на живую и лишенную жизни.

Необходимость такого деления сделалась ясной в первой половине XIX в., когда развитие минералогии и кристаллографии ясно и неопровержимо установило резкое отличие царства минералов от двух царств, с которыми его соединяли. В то же самое время проникновение принципа Реди в сознание натуралистов создавало почву, благоприятную для возобновления старинного дуалистического взгляда на окружающую Природу.

Вначале он был связан, так же как и учение о трех царствах, с мистическими и философскими учениями алхимиков. В их среде давно создавалось представление об особом начале, свойственном живому, отличающем его от мертвого. В конце XVII — начале XVIII в. это течение получило яркое выражение у Г.Э. Штала (1660-1734), сведшего его к первой научной виталистической, даже анимистической, теории жизни. Но теория Штала важна не этой стороной, она интересна как попытка научного разграничения живого и мертвого: определение эмпирических признаков жизни, сделанное Шталем, является очень полным, и едва ли что существенное было дополнено к нему работой позднейших поколений.

Учение Штала проникало в научную среду медленно и совсем почти не охватывало наблюдателей-натуралистов, занимавшихся описательным естествознанием, т.е. как раз изучением царств Природы. Здесь реакция против трех царств Природы и сознание резкой разницы между живой и неживой Природой явились результатом точного наблюдения и выросли совершенно независимо от идей Штала. Одним из первых высказывавших эти идеи был, по-видимому, один из величайших натуралистов — П.С.Паллас (1741-1811). В одной из первых своих работ в 1766 г. он ясно и точно указывает, что вместо деления на три царства «правильнее тела, которые выявляет нам наш земной шар, различать как косные (*bruta*) — инертные и органические — живые; первые как будто образуют территорию Природы, вторые — ее население». Паллас, несомненно, придерживался этого взгляда неуклонно всю жизнь, это ясно видно хотя бы из его отрицательного отношения к гетерогенезу, но среди кипучей работы не возвращался вновь к обоснованию своего мнения. И хотя его работа «*Elenehus zoophytorum*», где он этот взгляд обосновал, и не была забыта, но она не оказала того влияния, какого можно было ждать. Но едва ли можно сомневаться в том, что идеи Палласа, проявлявшиеся во

всей его огромной, кипучей деятельности, оказывали неизменно свое влияние на современную научную мысль. Значение Палласа в нашей научной мысли до сих пор нами еще не осознано, и мы обязаны его мысли гораздо больше, чем мы это думаем. Обычно и идея разделения Природы на живую и неживую приписывается не ему, а другим его современникам. В 1786 г. ее высказал, совершенно независимо от Палласа, талантливый молодой французский ученый Ф. Вик д'Азир (1748-1794) в предисловии к своему трактату анатомии, выросшему из публичных лекций. Идеи Вик д'Азира, занимавшего в это время очень видное положение во французском обществе, обратили на себя внимание и оказали большое влияние. К тому же эти идеи носились в воздухе. Независимо от Вик д'Азира то же самое было высказано А. Л. Жюссье (1748-1836) в его знаменитом, оказавшем огромное влияние на развитие ботаники введении в изложение его системы растений. Работа эта готовилась несколько лет, и, несомненно, эти идеи Жюссье проповедовал долгие годы, может быть, на десятки лет раньше. После Вик д'Азира и Жюссье это деление Природы сделалось обычным, а вместе с тем неволью стала перед наукой задача о причине такого коренного различия тел Природы. Значение этой задачи еще увеличивалось тем, что к ней подошли — помимо каких бы то ни было теоретических построений — долгим путем эмпирических наблюдений, под влиянием всего комплекса научно установленных фактов.

50. В тесной связи с таким делением Природы на два царства стоит исчезновение границы между царством растительным и животным. Граница между живым и неживым становилась более яркой в сознании натуралистов, и грань между животным и растением стиралась. Необходимость исчезновения этой грани уже очень ясно указана у Палласа в его работе 1766 г., о которой говорилось раньше. Несомненно, та же самая мысль проникает и натуралистов XVII в., например Гарвея или Реди, когда они одновременно изучают яйцо, спору, зерно организма. Ее охватывает и обобщающий гений Штала.

Эта идея о тождественности всего живого — единстве жизни — получает свое выражение в это время, в конце XVIII в., и в объединении наук, занимающихся животным и растительным миром. Ламарк вводит для них название *биология* — наука о жизни — и ставит ей задачу — изучение общих явлений и общих законов жизни, в каких бы морфологических формах она ни проявлялась. Любопытно, что и эта логически ясная идея не сразу вошла в сознание натуралистов, потребовались десятилетия.

В общее сознание биология и биологические явления, как резко отличные от явлений мертвой природы, вошли в жизнь во второй половине XIX столетия, когда философские концепции позитивизма, в 1820-1840-х годах безуспешно проповедуемые Контом, вошли в сознание натуралистов под влиянием огромных успехов естествознания. К концу XIX в. биология как особая, независимая от других область изучения Природы окончательно вошла в общее сознание.

Признание общности явлений жизни в растительных и животных организмах получило подтверждение и яркое выражение в том учении, которое выросло в XIX в. и привело к представлению о клетке. Вместе с тем это учение — про-

никновение в строение организма — заставило еще глубже поставить вопрос о характере самопроизвольного зарождения. Зародившись в первой половине XIX в., учение об общей морфологической и химической основе жизни, учение о протоплазме и клетке получило свое настоящее развитие в 1860-х годах, когда вопрос о гетерогенезе и абиогенезе был в общих чертах решен в сторону принципа Реди для огромного большинства натуралистов.

Я вернусь позже к выяснению того нового, что внесено этим великим обобщением в наши представления о вечности жизни, но здесь необходимо отметить, что в связи с зарождением учения о клетке стал ярко вновь вопрос о правильности господствующего представления о гетерогенезе для низших, микроскопических организмов. В 1837 г. Шванн (1810-1882), один из создателей учения о клетке, опубликовал свои ясные и неопровержимые опыты над самопроизвольным зарождением, которые точно устанавливали теснейшую связь явлений гниения с жизнедеятельностью микроскопических организмов. Еще раньше Шванна с новыми опытами, опровергающими самопроизвольное зарождение, углубляющими и подтверждающими опыты Спалланцани и Тереховского, выступил точный химик, занимавшийся аналитической и агрономической химией, Ф. Шульце (1815-1873). Но незаконченные точные работы Шульце (давалась лишь предварительная о них заметка), так же как и Шванна, не обратили на себя достаточного внимания.

Гораздо большее значение имело в это время другое течение, представителем которого явился не экспериментатор, но наблюдатель — оригинальный, самостоятельно мыслящий натуралист К. Эренберг (1795-1876). Эренберг собрал огромный материал по изучению инфузорий и в целом ряде случаев выяснил условия их развития, доказав для них явления живорождения или образования цист и яиц и сведя, таким образом, их происхождение на обычные способы происхождения высших животных. Вся его деятельность была проникнута идеей обычного происхождения инфузорий и того, что они являются «совершенными животными», т.е. организмами, такими же, как и другие нам известные организмы. В этом отношении Эренберг нередко ошибался, но основная его идея была верна, а главное, им был собран огромный материал, указавший на то, что во всех тех случаях, когда начинали изучать какой-нибудь микроскопический организм, находили для него не *generatio aequivoca*, а обычный способ происхождения. Не только Эренберг высказывал такие мысли, но он наиболее ярко провозгласил этот принцип и обратил на него общее внимание.

51. За Эренбергом последовали — или одновременно независимо от него работали — ряд ботаников и зоологов, и постепенно, по мере того, как выяснилась сложность Мира микроскопических организмов, выяснялся и для них обычный биогенез. Самопроизвольное зарождение в различных его формах все более и более отодвигалось на пограничные области, где начиналось наше незнание.

Эренберг открыл споры грибов и плесеней и этим путем изъясил в сознании натуралистов эту широко распространенную группу организмов из области гетерогенеза. Точно так же он доказывает происхождение всех инфузорий из яиц.

В конце концов к середине XIX столетия благодаря всем этим работам создается новое настроение среди натуралистов, чрезвычайно неблагоприятное для гете-

рогенеза и абиогенеза. Принцип Реди начинает вновь охватывать научную мысль.

Во второй половине XIX в., в 1860-х годах, между двумя крупными и известными натуралистами — Пастером и Ф.А. Пуше (1800-1872) произошел знаменитый научный спор, оказавший огромное влияние на всю мысль в этой области, как их современников, так и последующих натуралистов. Его влияние чувствуется еще до сих пор.

Этот спор был бессознательно подготовлен всей предыдущей историей индуктивной научной работы. Он связан был с двумя представлениями об окружающей природе: с одной стороны, о происходящем в ней всюду самопроизвольном зарождении организмов, с другой — о проникновении ее всюду не видимыми простым глазом микроскопически мелкими живыми организмами и их спорами, цистами, зародышами. По мере того как терялась вера в самопроизвольное зарождение, расширялось представление о всеобщей рассеянности организованных элементов жизни. Это последнее представление казалось многим глубоким мыслителям (Шопенгауэр, 1844-1859) еще более парадоксальным, чем само самопроизвольное зарождение. Указания Шопенгауэра являются историческими документами допастеровского времени. Уже в это время мысль явно шла в сторону, которая, как мы видим, имела глубокие корни в прошлом и которая противоречила тому, что казалось господствующим.

Несомненно, конструкция Мира, вытекавшая из идей Спалланцани, которую в новой форме ввел Пастер и к которой мы теперь привыкли, должна казаться более сложной философам, конструировавшим Мир более рационалистического характера. Более того, это победившее в 1860-х годах представление в своем значении для научного мировоззрения осознается во всей полноте только при выяснении жизни как живой материи биосферы.

Однако представления о возможности новообразований живых организмов живы в науке до сих пор, и их неосуществимость неясна для большинства натуралистов; необходимо остановиться на их анализе, раз мы кладем в основу всего дальнейшего рассуждения резко противоположное представление о непреходимой границе между живым и мертвым. Конечно, я буду всюду касаться этих явлений только постольку, поскольку это необходимо с геохимической точки зрения. Мы здесь далеко не находимся в привычной нам области точно наблюдаемых фактов. Напротив того, факты здесь отсутствуют; мы находимся в области гипотез и предположений научно-философского характера, и нашей задачей является: 1) проверить, насколько они не противоречат фактам, и 2) точно определить ту область научного изучения, в которой мы должны их сейчас принимать во внимание.

Мы видели, как постепенно исчезла фактическая основа этого верования, получили иное объяснение природные явления, которые думали объяснить самопроизвольным зарождением. Но старые гипотезы не умирали; произвольно самозарождение переносилось в новые условия или допускалось для групп организмов, в данный момент не изученных. Гипотезы о воссоздании живого непосредственно из мертвого продолжали существовать, меняя свой облик по мере успехов знания (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, лл. 48-58).

Еще в конце XVIII в. и в XIX столетии ряд биологов, недостаточно учитывающих современное состояние наших геологических знаний, допускают, что процесс получения живого из мертвого происходит и по сей час в земной коре, что он является в ней обыденным, нами упускаемым из виду, не замечаемым явлением. Так, допускали существование такого процесса для современной земной коры в 1880-х годах крупные натуралисты, как Негели, и его высказывают целый ряд видных биологов в наше время, например, совсем недавно, Шеффер.

52. Философские представления, которые внесены ими в науку, шли по двум путям, вообще характерным для всех наших исследований в областях изменяющихся природных явлений. С одной стороны, это представления о создании живых организмов из мертвой материи, с другой — об эволюции мертвой материи в живые организмы. В связи с этим предполагается или существование новых форм живого вещества, не изученных морфологически и не входящих в известные нам группы и классы живого вещества, форм более простых по всей своей структуре, чем самые простые нам известные организмы, но входящие и в строение их мельчайших элементов, или же существование гипотетических образований, морфологически промежуточных между живым и мертвым, продуктов эволюционного процесса, идущего в Природе, при генезисе живого организма не из организма же, а из мертвой материи. В историческом ходе науки можно отметить несколько раз попытки наметить конкретно условия зарождения живых организмов из мертвой материи. Не раз предполагали существование на земной поверхности областей определенного характера, где происходил гетерогенез.

Таких областей намечали две: глубины океана и сгущения живого вещества роскошной тропической природы.

Одно время, в 1860-1880-х годах, думали, что подошли даже к открытию этого первого вещества, из которого произошли и происходят живые организмы. Малая изученность морских глубин, неисчерпаемое, казалось, богатство моря жизнью, следы водного происхождения у целого ряда наземных организмов в это время поддерживали древнее, имевшее глубокие корни представление о зарождении жизни в морских глубинах, на дне океанов.

Это представление корнями уходит в глубь мифотворчества. С морем связываются представления о божествах Средиземноморья, связанных с созданием жизни, божества любви — Астарте и Афродите, вышедшей из пены морской. В древнем мифе Греции море мыслится как рождающая утроба жизни. Корни этих воззрений ищут в еще более древней, критской — миносской культуре. В другой стране древнейшей культуры — в Египте начало жизни искалось в продукте воды, в нагретом иле Нила. Отсюда возникло представление о зарождении жизни в иле морского дна, в море. Это представление было широко распространено даже в конце XVIII столетия, в начале XIX в. В фантастических образах его выразил в начале XVIII в., в книге, опубликованной в 1749 г., де Малье; ярко выразил в конце века в *Temple of Nature* поэт-натуралист Э. Дарвин.

53. В конце XVIII столетия и на пороге нового натуралисты-натурфилософы придерживались тех же взглядов. Ламарк принимал зарождение жизни в море

или в очень влажных местах суши. Окен рассматривал море как колыбель жизни, придавал ему значение той среды, в которой все время зарождается жизнь. Идеи этого рода охватывали широкие круги натуралистов и живы до сих пор, хотя ясно, что они не основаны на фактах. Они генетически связаны со старинными спекуляциями, и к ним лишь подыскивают факты.

В 1860-х годах, когда идеи о зарождении жизни в море были еще совершенно свежи и глубоко проникали натуралистов, среди продуктов, принесенных драгами из морских глубин, наблюдался слой бесформенного органического вещества, которое было признано такими крупными и различными по характеру работы биологами, как Гексли и Геккель, за первичный организм *Bathybius*¹. Казалось, старое натурфилософское мечтание о зарождении первичной материи на дне Океана, переполненного жизнью и создающего ее, получало подтверждение. Дальнейшие наблюдения, однако, вскоре показали ошибочность этих заключений, так как батибий оказался не организмом, а продуктом, образовавшимся при хранении собранного материала. Он был вычеркнут из списка организмов. Но и помимо этого, более тщательное изучение природы мельчайших организмов и химии морского дна не позволяет прилагать к ним то простое представление, которое рисовалось в это время натуралистами, и когда вскоре Бессельс в северных морях открыл схожий с батибием организм *Protobathybius*, животная природа которого принимается до сих пор, — это открытие не изменило положения вопроса. И едва ли сейчас кто-нибудь будет возрождать старинные натурфилософские интуиции о зарождении жизни на дне современного океана из мертвой, минеральной материи. Следы этих старинных концепций сохранились только в предположениях о существовании такого зарождения в прошлые геологические эпохи, когда свойства океанов были иные.

Другая концепция — зарождение жизни среди сгущений живого вещества в тропической природе, — несмотря на свое широкое распространение, не получила таких ясных форм, как концепция морского гетерогенеза. Нигде не встретились с фактом, который бы заставил считаться реально с этой возможностью, как в случае с протобатибием. Мы имеем здесь только впечатления и переживания натуралистов; так, Стэнли, проходя через девственные влажные леса Центральной Африки в конце 1876 — начале 1877 г., останавливался в изумлении перед обилием в них жизни и чувствовал в них первую лабораторию Природы. Но эти ожидания не оправдались; точное знание ничем не подтвердило этих впечатлений первых наблюдателей.

Так как до сих пор никому не удалось доказать существование мельчайших простых элементов организма, рассеянных в Природе вне организма, а еще менее — простых организованных форм материи, не живой и не мертвой, а какой-то промежуточной, не удалось получить эти организмы и их морфологически изучить, то единственным реальным доказательством их существования было проявление их в окружающей их среде, т.е. в земной коре, — этим путем как раз доказано существование организмов, меньших, чем длина световых волн, и недоступных глазу.

1 Считали что батибий является предшественником Protozoa — Ред.

Но такого доказательства для этих гипотетических тел до сих пор не дано и быть дано, кажется мне, не может. Высказывающие эти догадки биологи предполагают земную кору *tabula rasa*, для которой возможно придумать всякие процессы. В действительности область возможных в земной коре явлений достаточно точно изучена, с химической по крайней мере стороны, в минералогии и геохимии, и можно утверждать, что нигде не встречено и следа воздействия на минеральные процессы таких гипотетических созданий человеческого мышления. Если такие первичные зачатки или элементы организмов образуются сейчас в земной коре, они ничем не отражаются в точно наблюдаемых нами геохимических процессах, следовательно, встречаются очень редко и, очевидно, могут быть нами в геохимии оставляемы в стороне. Но можно идти и дальше и утверждать, что едва ли существуют в земной коре химические условия для их создания.

Какие бы свойства ни придавать этим первичным образованиям — так называемым пробиям, геммулам и т.п., — во всяком случае, они должны в значительной мере состоять из сложных углеродистых азотно-углеродистых соединений, которые как таковые должны существовать в земной коре раньше, чем из них образуются гипотетические начатки организмов¹ (Ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, лл. 36-61).

54. Гораздо большее значение получило другое объяснение генезиса жизни после того, как Аррениус обратил внимание широких кругов на идею, явившуюся у многих, о заносе жизни из космической среды, о появлении на Земле готовых зародышей. Эти идеи зародились в начале XIX в., когда в науке утвердилось представление о космическом происхождении метеоритов, и уже в 1802 г. фон Маршалль высказывал такое представление для объяснения происхождения окаменелостей.

Среди массы других фантастических предположений натуралистов, которые оставили след в литературе первой четверти XIX в., мы встречаемся уже с предположениями о переносе зародышей жизни вместе с метеоритами из небесных пространств. Такие представления высказывал, например, в 1819 г. мюнхенский натурфилософ Грунтгуйден в своей космогонии и еще раньше француз Sales Guyom de Montlivault.

В 1865 г. эти идеи высказал в гораздо более яркой общей и научной форме немецкий врач Г.Э. Рихтер², связавший их с идеями эволюции и учением о панспермии. По этим теориям жизнь рассеяна в мировом пространстве всюду — теория панспермии — и переносится от одного тела к другому. Можно здесь отличать два разных течения — одно, которого придерживался Рихтер и которое связано с переносом жизни мелких организмов и спор в падениях метеоритов, космической пыли, космозоев. Общее внимание обратили идеи этого рода после того, как к ним независимо от Рихтера подошли У. Томпсон (Кельвин) в 1871 г.³ и Гельмгольц⁴ около того же времени, защищавший эту гипотезу до конца жизни. В 1872

¹ О геохимическом изучении организмов — см. ниже

² О Рихтере см.: Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 166-167

³ О Томпсоне см.: Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 167

⁴ Helmholtz H. Vorträge und Reden, Bd. II. Braunschweig, 1909, с. 167.

г. известный ботаник Ф. Кон¹ в публичной лекции обратил внимание на космозою Рихтера. С тех пор идеи эти не сходили с поля научного зрения. Но доказательства их защитников все же не имели большого успеха и вызвали многочисленные возражения разного рода, которые, мне кажется, не являются непреодолимыми². Одним из важнейших является медленность движения метеоритов, необходимость долгого их нахождения в не приспособленном для жизни небесном пространстве, невозможность сохранения жизни при столкновении небесных тел и т.п.³ В связи с этими возражениями Сванте Аррениусом (1859-1927)⁴ было принято во внимание давление светового луча и была выдвинута другая гипотеза — о перемещении мельчайших спор организмов с мельчайшей космической пылью под влиянием сильного лучевого давления. По Шварцшильду, максимальную скорость под этим влиянием приобретают шарообразные тела размером в 0,16 мкм, совпадающими с размерами организмов. Можно думать, что такие зародыши жизни все время попадали и попадают на Землю и другие планеты вместе с потоками такой космической пыли определенных размеров, которая постоянно попадает на Землю. Через небесные пространства эти пылинки передвигаются под влиянием давления световых лучеиспусканий со скоростью, близкой к скорости света. Этот поток зародышей, идущий из небесных пространств, из разных тел солнечных систем, может происходить извечно и переносить зародыши жизни от одной планеты к другой. Попадая на какое-нибудь планетное тело, они гибнут, если условия существования для них неподходящи, и развиваются, если на это есть возможности. Процесс этот может продолжаться и теперь и быть обыденным явлением.

Несомненно, после работ Аррениуса⁵, эти идеи получили в последнее время большое распространение. Они особенно удобны потому, что совершенно оставляют в стороне вопрос о зарождении жизни на Земле. Жизнь может быть извечной, но новой лишь на Земле, где есть условия для ее продолжения, но не для ее зарождения. Гипотеза Аррениуса заслуживает серьезного внимания и требует прежде всего тщательного изучения явления, лежащего в ее основе, — космической пыли на поверхности нашей планеты. Здесь мы имеем сейчас больше теорий и предположений, чем точных наблюдений. Необходима широкая организация наблюдений над космической пылью, причем должны быть приняты во внимание и выводы из гипотезы Аррениуса. Я не считаю их столь безнадежными, как предполагает сам Аррениус, указывающий, что количество спор может быть незначительно и может быть замечено в среде космической пыли.⁶ Надо раньше начать систематическое исследование, а тогда оно даст ответ и на это предположение.

¹ О.Ф. Коне см.: Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 167.

² Таковы например возражения о нагревании метеоритов. Уже Гельмгольц

³ О непригодности для жизни небесного пространства см. Еггега. Ср. Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 168

⁴ Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 162.

⁵ Arrhenius. Das Werden den Welten. Leipzig, 1907

⁶ Аррениус С. Образование миров. М., 1909, с. 177.

Эта гипотеза вызвала ряд возражений, в общем едва ли очень прочных.¹ С точки зрения геохимии нет серьезных возражений, если предположить, что проникновение космического живого вещества началось раньше геологического времени. Она не изменит в таком случае нашего заключения об извечности жизни в течение геологического времени.²

Гораздо сильнее, мне кажется, возражения общего биологического характера. Допуская предположение проникновения микроорганизмов (и то одного, определенного размера), Аррениус считает, что от них может путем эволюции развиться все то разнообразие живого вещества, которое мы сейчас наблюдаем у нас на Земле. Мне кажется, что это воззрение противоречит общему принципу эволюции. Мы имеем изменчивость — эволюцию — в течение геологического времени видов и родов живого вещества, но нигде не видим признаков эволюции всего уклада живого вещества. Едва ли мы имеем право из того, что мы знаем, предположить, что все разнообразие организмов, сложное живое вещество, могло путем эволюции вырасти из немногих одноклеточных организмов, поселившихся на земной поверхности из космического пространства. Нигде в геологии мы не видим следа эволюции живого вещества как целого. Если этот процесс развития существовал, он должен был про-исходить в догеологические периоды жизни Земли, — только тогда имели эти космические организмы значение в истории нашей планеты как возбудителя жизни.

55. Нельзя не отметить, что научно допустимые возможности далеко не исчерпываются теми решениями вопроса о зарождении жизни, которые были мной указаны на предыдущих страницах. Так, например, мыслимо и возможно допустить, что жизнь может в своем зарождении зависеть не только от высокой активности прежних космических периодов земной коры, но и от свойств космических лучей, с ней связанных в прежнее или настоящее время. Может быть, необходима для ее зарождения определенная комбинация геологических условий и космических излучений определенного характера. Возможно и допущение, что разные группы, разные порядки живой материи, с которыми мы ознакомимся ниже, неодинаковы в своем происхождении, например, что неодинаково по происхождению живое вещество, связанное с лучеиспусканием Солнца, — зеленый мир рас-

¹ Ср. возражения: Macallum A.B. On the origin of life on the globe.-Transactions of the Canadian Institute, 1909, v. VIII, N 18, Part 3, p.437. Этот автор, между прочим, указывает на то, что попадающие на Землю организмы оказываются сразу приспособленными к земным условиям, но вполне вероятно что «земные условия» имеют космический характер. Выживают на Земле те организмы из множества, которые способны усваивать CO₂ (хлорофилл), O, и N. Для азота эта способность более распространена, чем мы думаем. Но хлорофилл трудно представить себе вне земной поверхности. Или уже в спорах были заложены дающие начало пластиды, а жизненный процесс один на всем пространстве, где встречается жизнь? Есть еще возражения более логического, я бы сказал скорее философского, чем научного характера. (См. примечание на с. 164. *Ред*) Ферворн (Vervorn Max. Allgemeine Physiologie – ein Grundriss der Lehre von Leben. Jena, 1909) считает, что в такой форме вопрос может ставиться для всякого минерала. Это верно, но если такой процесс идет, мы будет считаться с ним для всякого минерала.

² В настоящее время идея панспермии не пользуется популярностью. Одно время в 1960-х годах возникло много работ, якобы доказывающих наличие органогенных образований в разных метеоритах. При более тщательной проверке было установлено, что это сложные органические (углеродистые) соединения, которые не связаны с жизнью. По сути дела вопрос остался в том же положении.

тений, населяющий поверхность нашей планеты, с одной стороны, и, с другой стороны, проникающий почву, грязи, океан и породы мир микроорганизмов, не связанный со светом и кислородом, строящей силу живого вещества из проявленной химической энергии.

В поэтическом и религиозном творчестве [различных космогонических построениях] и пограничных областях мы и сейчас имеем многочисленные другие теории, которые резко отличаются от рассмотренных; некоторые из них могут принять наукообразную форму. Мы не будем на них останавливаться, так как они не влияют на развитие научной мысли и не дают никаких данных для современной научной работы.¹ Но кто сможет сказать, что среди них нет таких, к которым в будущем обратится человеческая мысль, и что в них не найдется научная истина?

Человеческий ум бесконечен в своем разнообразии, и мы напрасно пытались бы заранее ограничить все доступные ему возможности, раз мы не можем проверить их на реальном облике Природы (Ф. 518, оп. 1, д. 49, лл. 68-71).

56. С идеей о вечности жизни тесно связано другое представление, которое мало обращало на себя до сих пор внимание в научной работе, хотя оно связано с глубочайшими проблемами жизни.

Это идея о невозможности полного и бесследного уничтожения жизни (Ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 72-79).

Но в науке эта задача не ставилась в ясной форме со времен Бюффона. Лишь в последнее время мы наблюдаем попытки подойти к ее обоснованию, попытки очень осторожные и все еще далекие от научной реальности, например в некоторых новых космогониях, недавно у Аррениуса или в работах отдельных ученых, членов Общества исследования психических проблем, например у Лоджа и т.д.

Обращаясь к реальному наблюдению явлений в Природе, мы видим, что уничтожение жизни без явного ее перехода в новую живую форму представляет редкое явление Природы. Такое уничтожение происходит с помощью огня во время катастрофических природных явлений, связанных с вулканическими извержениями, при геологических процессах тектонического характера с быстрым отложением осадков и т.п. Но эти явления в Природе не часты, при обычном ходе геологических процессов жизнь не уничтожается: вещество организма немедленно при смерти его переходит в вещество другого организма, не выходит из цикла жизни. Процессы уничтожений жизни, этим путем происходящие, как увидим, далеко не безразличны с геохимической точки зрения и чрезвычайно характерны для геохимической истории живого вещества. Они связаны с временем выхода вещества из биогеохимического круговорота. Но то, что при этом жизнь исчезает бесследно, есть все же пока лишь гипотеза, не противоречащая, правда, фактам, но стоящая вне научного изучения и научной проверки, ждущая исследования.

¹ Такова, например, гипотеза Сюлли Прюдома о потенциале жизни (Prudhomme Sullu. *One sais je? Examen de conscience. Sur l'origine de la vie terrestre.* Paris, 1896, p. 262). Ср. с фантазиями Н.Морозова. Среди окултистов есть теории, тоже признававшие возможной жизнь в расплавленной планете и постепенный переход ее в обычную жизнь. Это допустимо, очевидно, и с точки зрения всех гилозоистических представлений о Мире, например в такой натурфилософии, как натурфилософия В.Н. Карпова (Основные черты органического понимания природы. М., 1913).

В общем в Природе наблюдается явное стремление организмов — живой материи — удерживать в течение непрерывного времени то вещество, которое вошло в круг ее воздействия, и едва ли можно сомневаться, что часть, может быть даже большая, этого вещества не выходила из цикла в течение миллионов лет.

Нельзя, мне кажется, не отметить аналогии из других областей знания, которые заслуживают серьезного внимания для правильного понимания характера проблемы.

Учение об атоме, так ярко охватившее научную мысль XX в., выявило и для атома аналогичное обстоятельство. Уже Ланжевен указал, что атом «не стареет», что он умирает только вследствие обстоятельств, связанных с внутренним случаем. Возможно, что это случай и не внутренний, а внешний, если верны идеи Перрена (1919) о проникающих излучениях изнутри Земли как причине распада атома¹. Важно, что мы и в этом случае, как и в переходе живого в мертвое, имеем дело не с естественной эволюцией, связанной с необходимостью, а с внешней, по существу, случайностью.

Наконец, весь этот цикл идей находится в связи с третьей областью, уже не научных, а космогонических представлений, вырисовывающихся в человеческом сознании, но странным образом тоже не обративших на себя заслуженного внимания.

57. Среди космогоний долгое время создавались два течения, резко различные. С одной стороны, предполагался процесс изменения Мира во времени: в той или иной форме в космогонических представлениях господствовал эволюционный принцип. С другой — представление о Мире основывалось на неизменности его картины, в целом — вечности. Долго господствовали идеи первого рода. Представления о вечности картины Мира долго не проникали в научное и философское мировоззрение нового времени. Для них характерен в той или иной форме эволюционный принцип. Из новых философских систем XIX-XX столетий мне известна только система Чольбе, стоящая на почве неизменности картины Мира. Философская и научная мысль была охвачена эволюционными представлениями и так или иначе связывалась с представлением, что с течением времени картина Вселенной меняется и различна в разные эпохи.

Однако такое представление отнюдь не является необходимым с точки зрения эволюционных идей, и оно, по существу, противоречит идее о бесконечности Вселенной. Очень трудно, мне кажется невозможно, представить себе Вселенную, бесконечную в пространстве, которая бы на всем этом бесконечном пространстве проходила закономерно одну и ту же эволюционную стадию. Логически мы пришли бы здесь к противоречию идее бесконечности. В то же самое время представлять себе ограниченную Вселенную мы не можем.

Но процесс эволюции возможно мыслить происходящим различно в различных частях Вселенной и в общей картине, ею представляемой, видеть одновременно в ней существующие разные стадии этого процесса. Эволюционный процесс явится в этом случае одним из свойств неизменной в целом Вселенной,

1 Сейчас эти идеи не находят подтверждения

всегда в ней проявляющимся, причем общая картина ее, взятая в целом, не будет меняться в течение времени.

С космогониями, связанными с таким представлением о Вселенной, очень хорошо согласуется представление о вечности жизни и об отсутствии зарождения живой материи из мертвой в области явлений, подчиненных второму закону термодинамики.

Среди космогонических представлений последнего времени мы видим несколько систем, связанных с такой идеей о неизменности во времени картины Вселенной. Одной из таких систем является система Аррениуса. В круг явлений, охватываемых такими космогониями, входят и представления современной геохимии, основанные на вечности жизни, по крайней мере в течение времени, охватываемого химическими процессами.

Связь между живым и мертвым в биологии

58. Отсутствие переходов между живым и мертвым, невозможность создания живой материи исключительно из мертвой не противоречат другому исходному положению, что в земной коре существуют между живым и мертвым постоянные взаимоотношения и что живое почти всегда наблюдается в земной коре в непрерывной связи с мертвой материей. Оставив пока в стороне своеобразные состояния живого вещества, когда отсутствует или почти отсутствует его связь с мертвой материей, остановимся сперва на особенностях обычной связи живого с мертвым в земной коре.

С геохимической точки зрения взаимная связь между живым и мертвым очень резко сказывается в обмене химических элементов. Живые организмы непрерывно извлекают химические элементы из земной коры и возвращают их в нее вновь, до известной степени превращая их в новые соединения, неустойчивые вне среды их образования. Это производится организмами двояким путем — частью путем природного обмена, когда организмы проводят химические элементы через свои тела, частью путем изменения природных соединений без проведения их через свои собственные тела. Это последнее явление очень ярко представлено в геохимической работе человечества — таковой является вся его техническая деятельность, создающая современную цивилизацию.

В конечном итоге вся задача изучения живого вещества в геохимии сводится к изучению с химической точки зрения их взаимных соотношений. Как это ни странно, наука не подходила до сих пор к этим вопросам систематически и в достаточном масштабе. Ими не занимались ни биология, взятая в самом широком ее понимании, наука о живом во всех его проявлениях, ни науки геологического цикла.

Это объясняется ходом истории науки, и прежде всего проникновением в науку в готовой форме представлений о неразрывной связи живого организма с окружающей его мертвой материей. Проникшие в науку в готовой форме из религиозных или философских построений, они были восприняты наукой как нечто

обычное, всем известное, не были обоснованы на научном исследовании и вследствие этого долгое время не подвергались научному изучению и только изредка, в отдельных случаях, им охватывались.

Отчасти это связано было с тем, что в воспринятых наукой религиозных и философских верованиях не было, как мы видим, непроходимой в природных процессах границы между живым организмом и мертвой материей. Живой организм при смерти превращался в мертвую материю и мог быть из нее природными процессами воссоздан, что-нибудь вроде *via plastica Naturae* натурфилософов эпохи Возрождения.

С этими представлениями вполне совпадали господствовавшие в окружающей научную работу культурной среде мысли о неразрывной и неизбежной связи живого и мертвого. Скептическое отношение ученых к одной части философских концепций не могло не отразиться и на другой их стороне. Искания научной работы направлялись больше на организм, на его внутренние свойства, чем на его проявления и влияние на внешнюю среду.

В тех случаях, когда они встречались с этим влиянием, они всецело находились в атмосфере обычных господствующих воззрений своей культурной Среды, не приводя их в форму научных положений.

В течение тысячелетий мы наблюдаем ярко выражаемую мысль о тесной связи живой с мертвой материей и в религиозных и поэтических представлениях, связанных с бренностью жизни, со смертью, с нравственными переживаниями личности.

Еще гораздо ярче и для всех понятнее подходила мысль человека к связи живого и мертвого, когда вместо человечества мы обратимся к царствам животному и растительному. Здесь исчезают моральные вопросы, и здравый смысл — обыденное знание — вполне совпадает с реальной действительностью, являвшейся объектом научной работы.

Тесная связь живого и мертвого, проявляющаяся, таким образом, со смертью и разрушением организма, являлась готовым субстратом научной мысли, и, когда ученым приходилось касаться этого вопроса, она выступала как нечто само собой разумеющееся, но, полученная наукой извне, она не была переработана научной мыслью, и из нее не были сделаны научные выводы, которые, несомненно, явились бы, если бы этот принцип неразрывной связи вошел в науку в результате научной работы.

Поэтому эти представления о неразрывной связи живого и мертвого в земной коре не проникли научную мысль и научное мировоззрение в его целом, а проявились только там, где их вызвали к жизни обстоятельства исторического развития науки.

Благодаря этому мы видим их медленное проникновение в научное сознание даже тогда, когда научная мысль сталкивалась с этими вопросами вплотную, и только благодаря этому становится нам понятным, иначе непонятное, оставление их в стороне в тех случаях, когда применение их казалось бы с научной точки зрения неизбежным и плодотворным.

59. Особенно резко сказалось это в тех областях научного знания, которые связаны с изучением живого, — *в науках биологических*. Мы видим здесь, в их истории, на каждом шагу, проникновение этого принципа извне, его независимое происхождение от научной работы.

Очень ярко это видно уже на истории определения жизни, попыток формулировки этого понятия, исходного для всех биологических наук, которые постоянно возникали, хотя бы в связи с потребностями преподавания, т.е. при передаче молодым поколениям научных достижений прошлого.

В течение XVIII и XIX столетий мы наблюдаем многие десятки таких определений, вызвавших большую литературу. Их в обилии собирали великие физиологи, широко охватывавшие науку: в XVIII столетии — Галлер, в первой половине XIX в. — И. Мюллер, во второй — Клод Бернар.

Только во второй половине XIX столетия эти искания уменьшились, вошли в жизнь такие определения этого понятия, которые и сейчас господствуют среди натуралистов. Эти определения как раз заключают в своем содержании принцип неразрывной связи жизни с окружающей мертвой средой. Он вошел в определение жизни после вековой борьбы и все же, войдя в него, не оказывал до сих пор того влияния на научную мысль, которое можно было логически ожидать от его признания.

Одним из наиболее обычных, довольно удачных по сжатости и точности определений жизни является сейчас определение ее Г. Спенсером в его «*Основах биологии*», сделанное в середине прошлого столетия¹. Спенсер рассматривает жизнь как постоянное взаимодействие автономного организма и внешней среды. Спенсер указывает, что аналогичная мысль была высказана раньше него О. Контом, хотя легко убедиться, что Спенсер не вполне правильно понимал Конта и что Конт был яснее и глубже проникнут этой идеей, чем сам Спенсер. Уже после Спенсера и независимо от него и от Конта то же определение жизни в более яркой и очень красивой форме дал Клод Бернар в 1860-х годах, и только с тех пор оно вошло в научное сознание и стало для нас обычным и ясным. К. Бернар рассматривал жизнь как взаимодействие организма не только с земной, но и с космической средой. В этом красивом образе он, может быть бессознательно для себя, высказал глубокую мысль, великие следствия которой до сих пор не охвачены нашим сознанием².

В сознание натуралистов еще менее проникли последствия из тех более глубоких выражений этой связи живого и мертвого, даваемых теми учеными и философами, которые выдвигают динамический принцип, ярко выраженный в этом взаимоотношении. Его, например, утверждает из новых философов Бергсон. Он говорит: *«Жизнь, проявляемая организмом, является определенным стремлени-*

¹ Ф. Энгельс во второй половине прошлого века писал: «Жизнь есть способ существования белковых тел. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20. М., Издательство политической литературы, 1961, с 616.

² Сейчас существует много различных попыток дать определение жизни. Это требует специального рассмотрения с разных позиций, и здесь нет возможности останавливаться на этом.

ем (*effort*) добывать определенные виды (*choes*) от мертвой материи (*Matière brute*)». В науке господствуют чисто статические определения жизни, каковыми являются определения Спенсера и К. Бернара, а эти определения являются не чем иным, как выраженным на научном языке исконным верованием и пониманием природных процессов человечеством. Тех самых верований, которые ярко выражены были, как мы видели, средневековыми поэтами Востока, иногда даже за 1000 лет до К. Бернара, в формулах ученого языка того времени, когда наблюдаемое в живом веществе кругообращение химических элементов было образно представлено в XI в. нашей эры персидским поэтом Омаром Хайямом в виде вечного перемещения из живого в мертвое и обратно тех четырех элементов средневековой философии и науки, которые отвечают в значительной мере и нашим химическим элементам.

Но в действительности эти представления, принятые наукой только во второй половине XIX столетия, явно сознавались учеными много раньше Огюста Конта. История проникновения в науку этих обыденных представлений не изучена, но мы знаем, что уже в XVIII в. идея связи живого с мертвым как характерного проявления жизни на нашей планете, ее основного условия, была научно выражаема отдельными учеными. Ясные указания на понимание этого положения и сознание его значения мы видим в конце XVIII в. у Вик д'Азира¹ 23. Ее высказывали в более или менее ясном виде младшие современники Вик д'Азира в самом начале XIX в. — Ламарк, у которого ее находят некоторые его современные поклонники, и Тревиранус, мысль которого запуталась в философских построениях. Наконец, в 1811 г. ее выявляет с небывалой раньше ясностью, в яркой и блестящей форме Кювье, давший тогда свое определение жизни, правильно передающее происходящее в природе явление. Кювье рассматривал жизнь как вихрь, проносающий через организм химические элементы мертвой материи и возвращающий их назад в окружающую организм среду.

60. В научных определениях жизни другого рода — в определении, например, Биша, — в которых исчезает указание на теснейшую и неразрывную связь живого с мертвой материей, с окружающей организм средой, все проявления жизни переносятся в то неделимое, каким является организм. Только внутреннее его строение и процессы, в нем происходящие, необходимы для понимания жизни, и внешняя среда — окружающая организм мертвая материя — является для него чем-то чуждым и внешним, против чего организм должен защищаться. Для познания жизни и ее основных свойств нет надобности изучать те изменения, какие вносит организм своей жизнедеятельностью в эту чуждую ему стихию, ибо они жизненным проявлением не являются. Организм есть механизм не земной коры, но механизм в земной коре, с ней основным образом не связанный и чуждый происходящим в ней процессам.

Сейчас в научной мысли мы переживаем своеобразное явление, которое в значительной мере объясняется тем, что положение о неразрывной связи живого

¹ Vicq d'Azyr F. Oeuvres, v. 1-6 Paris, 1805

и мертвого не выведено в науке путем научного поиска, а вошло в нее извне — из философии и обыденной жизни.¹ Приняв формулу жизни Спенсера и К. Бернара, в науке не сделали из нее неизбежных логических выводов. Фактически и сейчас в науке царят еще в своих следствиях старые представления о живом организме как чуждом механизме в земной коре, с ней не связанным в своих жизненных проявлениях. Изучая организмы — живую материю, оставляют без внимания, как не важное для ее понимания явление, изменения, совершаемые ими в окружающей их внешней среде.

Несомненно, в таком представлении об организме есть большие удобства для научной работы. Часть истины оно захватывает, и во многих случаях можно им довольствоваться, не встречаясь с противоречиями в получаемых при такой работе следствиях. Организмы суть индивиды, они во многом независимы от окружающей среды, автономны, и многие явления, в них происходящие, могут безопасно изучаться только с этой точки зрения. Эта автономность идет, вероятно, очень далеко и далеко не безразлична с геохимической точки зрения, но она все-таки ограничена, не охватывает всех проявлений жизни.

Исторически, однако, сложилось так, что в биологии сейчас под влиянием общих философских представлений и преувеличения автономности организма ученые обычно довольствуются исследованием организма, если можно так выразиться, самого в себе. Даже в физиологии питания и дыхания, которые дают нам огромную массу любопытных наблюдений, факты и наблюдения рассматриваются исключительно почти с точки зрения внутренних процессов организма, их проявления во внешней среде как бы признаются неважными для познания жизни, чисто механическими следствиями, с ней не связанными и для нее случайными. То же самое в еще более резкой форме наблюдается в других областях биологии.

Морфологическая точка зрения на организм как на автономное неделимое преобладает среди современных натуралистов. Натуралист привыкает изучать организм отдельным от окружающей среды и забывает, что живой организм ни на одну минуту не прекращает своей с ней связи, к ней приспособляется, извлекает из нее химические элементы и вносит в нее другие элементы, что эта измененная им самим, измененная другими организмами — жизнью — внешняя среда, природа, могущественным образом влияет и на все его функции, и на его форму. Благодаря тому, что в огромной массе проблем биологии зависимость организма от внешней среды исчезает из поля нашего зрения, вместо живого организма изучается в ней искусственно отделенное от внешней среды тело, не отвечающее реальному объекту Природы.

61. Сейчас в биологии только в одной области сознание теснейшей связи внешней среды с жизнью организма проникло достаточно глубоко для того, чтобы повлиять на характер научной работы. Это мы видим только в микробиологии.

¹ Даже такие исследователи космогоний, как Пуанкаре (Poincaré H. *Lecons sur les hypotheses cosmogoniques, professées à la Sorbonne. P., 1915*), признающие, что лапласова теория все-таки лучше других, с небольшими поправками, объясняют известную нам сейчас картину Мира. Сейчас ее не принимают, так как она не объясняет многих черт звездной системы.

И как раз здесь, где одновременно точно изучается одинаковыми химическими методами влияние организма на внешнюю среду и влияние внешней среды на организм, достигнуто наибольшее проникновение в явления жизни, может быть, именно вследствие того, что здесь мы никогда не отделяем организм от внешней среды в нашем изучении, как это мы делаем в других областях биологии. Нередко здесь мы изучаем эту среду даже больше, чем сам организм. По крайней мере с химической точки зрения среда, в которой живут микроорганизмы, изучена больше и лучше, чем сами микроорганизмы. Мы не имеем, например, точных анализов микроорганизмов или, вернее, имеем их немного и очень неполные, хотя химические явления, идущие в окружающей их среде, нередко изучены достаточно точно.

Эти изменения внешней среды до такой степени оказываются характерными для познания микроорганизмов, что постоянно служат превосходными видовыми признаками, не менее точными, чем морфология организма. В вызываемых микробами болезнях или в связанных с их жизнью химических процессах мы можем изучать вид организма более точно, чем всеми другими способами. Достаточно с этой точки зрения вспомнить те тонкие проявления различия, какие открываются нам в продуктах брожения бродильных грибов, и те выводы, которые мы делаем отсюда о существовании определенных рас дрожжей.

Во всех этих вопросах микробиологии мы для получения нужных результатов для изучения изменения среды под влиянием организмов идем одним путем. Мы изучаем не влияние отдельного организма, а *проявление массового воздействия их совокупности*. Отдельный организм слишком слаб и ничтожен по сравнению с мощной земной средой, его окружающей. Мы можем удобно наблюдать его проявление в ней только тогда, когда эффекты отдельных неделимых складываются и дают суммируемое проявление. Очевидно, все организмы одного и того же вида действуют на окружающую среду в одном и том же направлении, в среднем одинаковым образом, и, для того чтобы получить *средний эффект одного неделимого* (т.е. видовой или расовый признак), нам необходимо разделить суммарное проявление совокупности неделимых во внешней среде на количество всех неделимых этой совокупности.

Очевидно, на тот же самый путь, как и микробиология, должны вступить и другие отделы биологии, в которых могут быть получены данные о связи живого и мертвого. Они собираются в физиологии животных и растений, отчасти в прикладных их отделах — в агрономии и зоотехнике, но, вообще говоря, эти данные относятся к индивиду; при этом большей частью они изучаются только с точки зрения того эффекта, который они производят в организме, а не в их массовом проявлении, как это мы видим в микробиологии. Для того чтобы иметь возможность пойти по этому пути, необходимо внести в науку новые понятия, в ней отсутствующие¹ (Ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 72-79).

¹ Космические исследования не подтвердили существование каналов на Марсе и показали невозможность существования жидкой воды на его поверхности в настоящее время. Это резко уменьшило вероятность наличия даже бактериальной жизни на нем, однако поиски жизни продолжаются.

Начало и вечность жизни в геологии и геохимии

62. В тесной связи с вопросом о космичности жизни стоит вопрос, проникший в науку извне, из религиозных и философских построений, одна из семи мировых загадок Дюбуа Реймона¹ — *вопрос о происхождении жизни*.

Его постановка и его значение совершенно меняются, будет ли жизнь признана всемирным — космическим — или земным явлением.

Вопрос этот постоянно ставится в науке, имеет большую литературу и сложную историю, но с точки зрения жизни как космического явления его постановка отнюдь не является неизбежной и необходимой.

Напротив того, совершенно ясно, что если жизнь есть космическое явление, происходящее всегда в определенных условиях существования планеты, то она всегда проявляется где-нибудь в мироздании, где существуют отвечающие ей термодинамические условия. В этом смысле можно говорить об *извечности жизни* и проявлений ее организмов, как можно говорить об извечности материального субстрата небесных тел, их тепловых, электрических, магнитных свойств и их проявлений.

С этой точки зрения столь же далеким от научных исканий будет являться вопрос о начале жизни, как и вопрос о начале материи, теплоты, электричества, магнетизма, движения. В этой плоскости вопрос может быть поставлен в философии, и так он ставится, но он не может являться объектом научного искания. В науке вопрос о начале жизни должен ставиться в конкретной обстановке независимо от того, имела ли жизнь вообще когда-нибудь начало. Так же изучали мы в науке вопросы движения или материи, или энергии, не касаясь вопроса об их вечном или временном существовании во Вселенной. Лишь в научных космогониях — философских обобщениях — мы подходим к испытанию этих вечных загадок.

Если бы даже мы стали рассматривать жизнь как космическое явление в другой плоскости — в миропредставлении тех физиков, которые считают ее появление маловероятным событием в мировом хаосе, то и здесь для нас не оказалось бы места для научной постановки этого вопроса, так же как нет места для научного изучения абсолютного случая² (Ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 37-39).

63. Извечность жизни во Вселенной не предрешает ее извечности на нашей планете. На Земле она может быть новым явлением. Признавая извечность жизни в Космосе, возможен вопрос: *когда жизнь появилась на нашей планете?* Решение этого вопроса имеет большое значение для правильного понимания задач, разбираемых в этом труде.

В науке сейчас установилось ошибочное убеждение, что постановка этого вопроса вытекает из научных фактов. Предполагается как будто, что на Земле, несомненно, существовали условия, когда жизни не было, и появились новые условия, когда жизнь началась. В действительности это есть только одна из возможных научных гипотез, не противоречащая в известной форме ее изложения

¹ Reymond E. Du Bois. Reden, Bd. 1. Leipzig, 1886, S. 391.

² См.: Ауэрбах Ф. Эктропизм или физическая теория жизни. СПб., 1911.

научным фактам, но из них не вытекающая. Совершенно так же не противоречит научным фактам — данным опыта и наблюдений — предположение, которое хотя и менее обычно, однако не раз делалось, например, Кернер фон Марилауном, что жизнь на земле извечна и что не было времени, когда на Земле не было бы организмов, даже больше того, Кернер фон Марилаун совершенно правильно считал возможным допускать, что некоторые группы организмов — хлорофиллоносные растения — наблюдались на Земле в течение всего геологического времени¹.

Сознание необходимости признания начала жизни на Земле так глубоко проникало в науку, что забылось его недавнее происхождение. Оно имеет лишь столетнюю давность. Раньше вопрос о начале зарождения жизни на Земле подымался в философских и религиозных построениях; он входил в космогонические системы, но наука стояла совершенно вдалеке и в стороне от него. Не было научных фактов, заставлявших подымать эти вопросы. В начале XIX в. Кювье было высказано удивление, что ему приходится научно ставить вопрос о начале жизни на Земле. Из этой вновь возникшей идеи Кювье сделал огромные выводы, новые и неожиданные. Исходя из казавшихся ему неопровержимыми геологических фактов, он считал необходимым Предположить, что жизнь на Земле возникала несколько раз, что были периоды геологических катастроф, когда она исчезала или замирала и затем — в новых шармах — вновь возникала.

Вопрос о начале, о возникновении жизни на Земле был поднят в науке в начале XIX столетия под влиянием, с одной стороны, неверных и неправильно понимаемых, как мы теперь знаем, геологических наблюдений, а с другой — под влиянием того, что Наука была охвачена космогоническими обобщениями, по существу ей чуждыми <...>, но изложенными в научной форме и вошедшими в научное мировоззрение.

Оба эти явления охватили науку уже в первой четверти XIX столетия, и лишь в конце XIX — начале XX в. начало меняться в ученой среде отношение к этим выводам и гипотезам.

64. Казалось, необходимость постановки вопроса о начале жизни на Земле вытекала из геологических наблюдений. Углубляясь в строение земной коры, исследователи встретились со слоями наиболее глубокими и древними, в которых не было ни окаменелостей, ни отпечатков организмов. Всюду на земном шаре, где бы человек ни углублялся в древние слои, он встречался с лишенными организмов, т.е. жизни, азойными — безжизненными — слоями так называемой архейской эры. Эти слои являлись мощными, более, может быть, мощными, чем те слои, в которых царил жизнь. Казалось, мы имели реальный факт отсутствия жизни на Земле, доказанный наукой.

Так этот факт и был воспринят в первое время большинством исследователей. В этих безжизненных отложениях видели остаток «первичной земной коры»,

¹ Под геологическим временем В.И. Вернадский понимает вполне определенный период времени, отвечающий приблизительно двум последним миллиардам лет истории Земли, изучение которого доступно по геологическим образцам горных пород. (см. главу 5)

отложения, происшедшие в отсутствие жизни, без участия живого вещества. Ставился вопрос: когда же она появилась?

Однако, по мере того как углублялось научное исследование, можно было убедиться, что такое объяснение неверно. Неуклонно во всех местах земной коры оказывалось, что никаких следов первичной земной коры мы не видим, везде, где только стали изучать эти азойные отложения точно и внимательно, могли убедиться, что они являются сильно измененными, метаморфизованными осадками, в которых были остатки организмов, но до нас не дошли, исчезли и до неузнаваемости изменились. И прав один из самых глубоких и точных исследователей этих архейских отложений, известный финский геолог Седергольм¹, который в результате своих многолетних исследований приходит к общему выводу, что условия самых древних архейских отложений очень близки к современным и происходили в присутствии и при участии живого вещества.

Сейчас этот вывод является господствующим в научной среде и едва ли может быть поколеблен.

65. Одновременно та же необходимость вопроса о начале жизни вытекала из космогонических представлений, охватывающих научное мышление. Великие астрономические открытия XVIII в., особенно открытия старшего Гершеля, чрезвычайно расширили наше знание звездного мира. В нем мы начали чувствовать не хаос, а новую стройную систему или системы много более грандиозные, чем та, какую выявила нам наша Солнечная система. Под влиянием новых открытий и развития небесной механики старые космогонические идеи получили новые формы. Лаплас, точный ученый и великий математик, придавал блестящую форму, связанную с научным материалом его времени, космогонии Солнечной системы². Космогонические идеи и системы, которые рисовались в XVII и XVIII вв. и больше по форме примыкали к философии, чем к науке, — космогонии Декарта, Бюффона, Райта, Сведенборга, Ламберта, Канта — были заменены новой, тесно связанной с достижениями небесной механики и наблюдательным материалом астрономии того времени. Космогония получила в ней новое значение в научном мировоззрении. По этим проникшим научное мировоззрение XIX в. космогоническим воззрениям Лапласа, Земля проходила через стадию высокой температуры, газообразного или жидкого состояния, через условия, не дававшие места на ней жизни. Казалось, что геологические наблюдения — наблюдения над азойной первичной корой — служили ее подтверждением.

Однако одновременно с крушением понятия о первичной коре шло изменение и космогонических воззрений. Наряду с кантлапласовской гипотезой появились новые гипотезы, строившие совсем другие формы былого небесных миров и в общем столь же хорошо объяснявшие многие наблюдаемые факты и столь же, может быть, недостаточные для охвата их всех, во всем их все увеличи-

¹ Sederholm. Bulletin de la Commission geologique de Finlande. Helsinki. (так у В.И. Вернадского)

² Сам Лаплас, по-видимому, не придавал своей гипотезе того значения, какое она имела в действительности. См.: Бело Э. Современные космогонические идеи. Перевод с франц. П. Юшкевича «Новые идеи в астрономии». Сб. №3. СПб., 1914, с.83.

чивающемся разнообразии. Гипотеза Лапласа потеряла то значение, какое она имела в XIX столетии¹. Среди существующих сейчас космогоний есть такие, которые открывают другие перспективы для жизни, совместимые с ее вечностью на нашей планете. Не говоря о стоящих в стороне представлениях о неизменности общей картины Мира, отрицающей те эволюционные изменения, которые даются другими космогониями (такова, например, космогония Чольбе²), есть космогонии и эволюционного характера, допускающие извечное состояние жизни на Земле.

К ним, например, относится своеобразная космогония Фехнера³, допускающая такое состояние Мира, когда не было ни живого, ни мертвого, а было особое космоорганическое состояние вещества, давшее начало и неорганическому (мертвому), и органическому (живому). Эти спекуляции Фехнера, стоящие далеко от точной научной работы нашего времени, но ей не противоречащие, приводят, как известно, к представлениям о небесных телах, как бы одаренных жизнью. Здесь уже меняется уже и само представление о жизни по сравнению с научным, а потому оно должно быть оставлено в стороне в научной работе^{4 5} (Ф. 518. оп. 1, д. 49, л. 40-44).

66. Чуждый науке в своей основе характер космогонии ясно виден уже и в том, что мы имеем одновременно много космогоний, резко противоположных, которые, однако, все имеют одинаковое право на существование. Если мы попытаемся охватить сейчас еще живые космогонии, т.е. те, которые имеют сторонников и могут оказывать влияние на человеческую мысль как построения, не противоречащие современному культурному миропониманию, мы увидим, что число их не менее числа живых философских систем.

В этой множественности равноценных космогоний ярко сказываются чуждые науке основные черты их создания. В связи с этим они менее зависят от подтверждения их фактами, чем научные истины.

Они останутся незыблемыми для тех, кто захочет их принимать, даже тогда, когда подтверждавшие, казалось, их научные факты получают другое объяснение.

Это мы можем видеть и на данном примере. Земной первичной коры — застывшей коры расплавленного шара Земли, лишённого жизни, не оказалось среди наблюдаемых геологических фактов. Но это никоим образом не отразилось на

¹ Даже такие исследователи космогоний, как Пуанкаре (Poincaré H. *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, professées à la Sorbonne. P., 1915), признающие, что лапласова теория все-таки лучше других, с небольшими поправками, объясняют известную нам сейчас картину Мира. Сейчас ее не принимают, так как она не объясняет многих черт звездной системы.

² О Чольбе см. библиографический очерк Johnson E. *Altpreussische Monatsschrift*, 1873, Bd X, Heft 4, S. 338-352; Ланге Ф.А. *История материализма и критика его значения в настоящее время*. Перевод Н.Н. Страхова, т. II

³ См. Fechner G. *Einige ideen zur Schöpfungsgeschichte und Entwicklungsgeschichte der Organismen*. Leipzig, 1873.

⁴ Из русских философов на точке зрения развития идей Фехнера стоит Гиляров. См. Гиляров А.Н. *Философия в ее существе, значении и истории*, т. I. 2-е издание. Киев, 1918, с.128. Он по существу присоединяется к той оценке значений идеи Фехнера, на которую указывал в свое время Лассвиц (Lasswitz Kurd. Gustav Theodor Fechner. 2-te cermiderne Aufl. Stuttgart, 1902, S. 129, 133, 192).

⁵ Сейчас представляется непонятной установленная космическими исследованиями исключительная обводненность Земли среди других планет. Вода как основа жизни ставит Землю в особое положение.

кантлапласовской гипотезе. Мы только отнесли предполагаемую в ней стадию Земли в более древний период, чем самые древние нам доступные геологические слои Земли. Мы должны отнести ее к тем временам, которые не отразились на изучаемой в геологии истории Земли,— перенести на космические, догеологические периоды земной истории.

67. Иногда пытаются обосновать необходимость принятия космогонических предпосылок для начала жизни иным путем. Считают, что они не зависимы от формы космогонии, а связаны с лежащим в ее основе принципом эволюции. В астрономии, геологии, биологии выдвигается принцип эволюции как основа всех изучаемых в этих областях знания явлений. Думают, что эволюция необходимо требует *начала* для объекта, в котором она проявляется, — для мироздания, Земли, жизни¹. Нельзя, однако, забывать, что космогонии могут быть основаны и не на эволюционном принципе или не на одном эволюционном принципе. Для таких космогоний необходимость начала жизни отнюдь логически не обязательна. Но даже и для космогоний чисто эволюционного типа далеко не всегда обязательно допущение существования начала эволюционного процесса. Я не могу здесь вдаваться в рассмотрение этого вопроса более философского, чем научного интереса, тем более что для данного частного вопроса о зарождении жизни на Земле начало ее, если бы оно при эволюционном процессе должно было бы существовать, надо отнести к тем космическим стадиям эволюции нашей планеты, которые пройдены ею до начала геологической ее истории, ибо в геологической летописи мы не видим никаких фактов, которые бы указывали на безжизненные эпохи земной истории. А эти стадии жизни Земли в геохимии не отражаются.

В частности, в явлениях, изучаемых в геохимии, нет ни одного сколько-нибудь серьезного указания на ход геохимических процессов в отсутствие жизни. Присутствие живого вещества, его участие в земных химических процессах, ясно видно в самых древних доступных точному геологическому изучению отложениях. А если мы не можем этого заметить, мы должны признать, что таких азойных периодов в геологические эры не было, ибо минералогические и геохимические явления изучаются с точностью, достаточной для этого вывода².

68. Поэтому с геологической точки зрения у нас нет никаких оснований ставить этот вопрос. Можно было бы, однако, думать, что его надо поставить на разрешение с *биологической* точки зрения. Здесь мы имеем явно эволюционный процесс в истории организмов, являющийся процессом развития, а не круговорота, если мы примем во внимание не все живое вещество, а отдельные виды и роды организмов. Для организмов в целом, в живом веществе, охваченном во всем его сложном складе, мы не замечаем, как увидим ниже, эволюционного процесса в геологическом времени.

¹ См.: Минот Ч. Что такое жизнь? М., 1913, с. 120.

² Сейчас известно что живые организмы существовали в древнейших породах по крайней мере 3300 млн. лет назад (см. например: Кальвин М. Химическая эволюция. Под. Ред. А.И. Опарина. М., «Мир», 1971) Возраст древнейших, известных тогда В.И. Вернадскому карельских пород составлял около 1200 млн. лет.

Обращаясь к видам и родам организмов, мы наблюдаем в палеонтологии эволюционный процесс, идущий в одном направлении.

Но, к сожалению, палеонтологические данные не дают нам никаких указаний на начало процесса. По-видимому, древнейшие отложения так метаморфизованы, что остатков организмов не осталось. Там, где они сохранились, в докембрийских пластах, мы уже видим сложный расцвет жизни, указывающий, что мы, может быть, здесь дальше от начала жизни, чем от теперешнего времени.

Путем палеонтологических наблюдений мы не можем, таким образом, подойти к выяснению условий начала жизни.

Были попытки к тому же вопросу подойти другим путем, исходя из соображений, связанных с морфологическими особенностями организмов. Так, некоторые биологи, например Рейнке¹, указывают на те затруднения, которые получаются при предположении вечности жизни, для некоторых вопросов, связанных с филогенезисом или селекцией. Однако едва ли следует придавать особое значение возражениям этого рода. «Затруднения» в науке не являются препятствием к изменению воззрений, тем более что они всегда связаны не с данными явлениями, например филогенезиса и селекции по существу, а с определенным господствующим в данный исторический момент их пониманием. Если бы научно было доказано, что в геологических условиях Земли не могла из мертвого зародиться жизнь, пришлось бы известным образом изменить наши представления о тех или иных биологических явлениях, и только. Это сделать тем более легко, что сейчас в области биологических наук мы имеем, именно в тех их частях, которые касаются общих вопросов биологии, чрезвычайное проникновение их чуждыми науке философскими построениями². Эти части биологии могут быть самым простым образом изменены без того, чтобы от этого потерпел ущерб хотя бы один мелкий факт, научно установленный. Как раз в приводимых Рейнке примерах имеем мы те области биологии, в объяснениях явлений которых имеют очень большое значение воззрения, вошедшие в науку, подобно космогоническим гипотезам, извне. Такие выводы должны приниматься нами с осторожностью.

69. Лучше всего можно выяснить право на существование гипотезы об *извечности живого вещества на Земле* в геологическое время, если попытаться оценить противоположные гипотезы — представления о том, что жизнь в геологическое время имела свое начало, что среди мертвой материи каким-то путем зародилось или зарождается живое вещество (организм).

При таком рассмотрении прежде всего мы сталкиваемся с основным фактом наблюдения, который стал считаться чрезвычайно вероятным, а иногда и несомненным со второй половины XIX столетия, после работ Пастера. Считают, что

¹ Reinke J. Einleitung in die theoretische Biologie. Berlin, 1901, S. 547.

² В.И. Вернадский снова и снова подчеркивает, что ни геологические, ни биологические данные в те (20-е) годы не позволяли научно обоснованно ставить вопрос о происхождении жизни. Говоря о чуждом науке проникновении философских построений, В.И. Вернадский, как и везде, имеет ввиду «классическую» домарковскую философию (см. Предисловие, с. 7,8, и статью В.И. Кузнецова в Послесловии к книге В.И. Вернадского «Размышления Натуралиста», кн. вторая, М., «Наука», 1977, с. 163-177). — *Ред.*

живой организм всегда начинается из живого же организма, что нет самопроизвольного зарождения жизни. Нельзя забывать, что это научное представление новое и что не только недавно ученые-биологи мыслили совершенно иначе, но что и сейчас не прерывается научная работа над опытной проверкой этого положения, причем существуют и работают отдельные исследователи, которые считают это общепринятое положение ложным, допускают самопроизвольное зарождение живого в мертвой среде.

Оставляя пока их в стороне, мы должны признать, что сейчас господствует воззрение, что живое происходит только от живого — *omne vivo e vivo, omne vivum ex ovo* — все живое от яйца, от зародыша. В последнее время мы замечаем дальнейшее логическое развитие этого принципа непрерывности жизни, но, хотя оно охватывает широкие круги биологов, его значение в истории научного мировоззрения более второстепенное, так как оно, по существу, вносит лишь вторичные черты в общее явление.

Omne vivum e vivo — эта аксиома вошла медленно и не сразу в научное сознание. Очевидно, в науке для высших растений и для высших животных она давно, издревле, была ясна, потому что она была ясна и в обыденной жизни и проникала в философию. Но для низших растений и животных, например для насекомых, раков, рыб, морских организмов, самопроизвольное зарождение сохранялось в науке для тех или иных групп или классов вплоть до 1830-х годов¹. Но это самопроизвольное зарождение происходило или в живой среде, или в среде, связанной с жизнью. Оно противоречило принципу *omne vivum ex ovo*, но не принципу *omne vivum e vivo*.

Этот последний принцип был в ясной форме провозглашен в 1668 г. Ф. Реди (1626-1698), который вместе с тем связал его с теологическим познанием окружающего. Из него он вывел резкую границу между живым и мертвым (ф. 518, оп. 1, д. 49, лл. 45-49).

Обобщение Реди проникло окончательно в науку лишь почти через столетие после великих опытов Спалланцани, лишь после блестящих открытий К.М. Бэра в начале XIX столетия и Пастера во второй его половине². С тех пор сторонники иных воззрений отошли в закоулки научной работы³.

Сейчас мы считаем научной истиной, что в пределах наших наблюдений все организмы происходят из зародышей. Зародыши генетически связаны с другим таким же организмом. Как бы далеко в глубь времени мы ни продолжали этот процесс, мы уверены, что встретим то же самое явление. Предки каждого организма, ныне наблюдаемого, скрыты в туманной бесконечности времени и были живыми. Мы как бы имеем дело с одной, меняющейся по составу вещества, но не

¹ Müller J.P. (1801-1858). Handbuch der Physiologie des Menschen, 1837, Bd. I, S. 18. Бэр, принимая после работ Пастера (он писал в 1864 г.) доказанным отсутствие самопроизвольного зарождения для микроорганизмов, считал, однако, невозможным объяснение многих случаев их появления обычным путем (Baer K.E. Raden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten Inhalts, Bd.I. 2 Aufl. 1886, S.177)

² См. историю идей Пастера на фоне развития этих представлений (Duclaux E.Pasteur, Histoire d'un esprit. Paris. 1896).

³ Hartmann E.V. Philosophie des Unbewussten. Leipzig, 1889. Bd. II, S. 214, 216; Bd III, S. 63.

по жизненному процессу живой материей на всем протяжении научно доступного нашему изучению времени, т.е. всего геологического времени¹.

Еще позже — в 1870-х годах — исчезли бывшие до того времени обычными в науке представления о своеобразной форме самопроизвольного зарождения клеток многоклеточных организмов, главным образом животных. Только после работ Вирхова² окончательно восторжествовала идея *omnis cellula e cellula*³, за научное поколение до того высказанная Ремаком.

Таким образом, в конце концов, наблюдая возникновение организма, мы видим сейчас в окружающей нас природе не возникновение зародыша, а его развитие и никогда не наблюдаем зарождения живого организма, а следовательно, и живого вещества из мертвой материи.

Нельзя попутно не заметить, что в этих сжатых положениях — *omne vivum e vivo, omnis cellula e cellula, omne vivum ex ovo*⁴ — в действительности в скрытой форме заключается отрицание вопроса о начале жизни. В них содержится обобщение огромного векового эмпирического научного наблюдения, в котором нет никаких указаний на зарождение на Земле живого из мертвого⁵.

70. Мне кажется, что эти эмпирические наблюдения подтверждаются сообщениями иного характера. Научные данные логики и теории познания, с одной стороны, и наблюдения минералогии, с другой — позволяют нам утверждать, что в геологическое время зарождение живого организма из мертвой среды не могло иметь места.

Из этих данных мы при самом широком допущении должны заключить, что самопроизвольное зарождение, если оно было в геологически доступное изучению время, могло происходить только в пределах живой материи. Следовательно, решение этого вопроса в положительном смысле не снимает вопроса о возникновении жизни из мертвой среды.

Останавливаясь сперва на научно-логической стороне вопроса, необходимо подчеркнуть огромное значение с этой точки зрения того различия, какое имеет появление зародыша организма по сравнению с дальнейшим его ростом и проявлением его развития, его жизнедеятельности.

Появление зародыша резко отличается по физическим условиям, его определяющим, от роста зародыша.

И это резкое отличие свойственно не только жизненному процессу. Оно имеет многочисленные физические аналогии и может быть рассматриваемо как проявление общих физических законов в явлениях жизни, охватывающих разнообразные физические процессы, имеющие общим одно — то, что они могут быть приведены к законам механических равновесий неоднородных средин. К числу таких явлений принадлежит, несомненно, и явление жизни.

¹ Любопытно что Плотин видел в этом проявление свойств божества.

² Р.Вирхов (1821-1902) – немецкий ученый, основатель теории клеточной патологии.

³ Каждая клетка происходит только от клетки

⁴ Все живое – от живого, все клетки - от клеток, все живое – от яйца.

⁵ Впредь, до нахождения соответствующего метода.

Поэтому между явлениями жизни и между целым рядом разнообразных физических явлений мы видим — в некоторых чертах процесса — огромное сходство. Но это есть сходство не самих явлений, а тех общих законов их изменений, которые отражают лишь законы изменения формы. Это сходство формального логического характера, а не сходство реальное, не сходство по существу.

Бессознательно — по внешней аналогии — до выяснения законов равновесия систем сходство между многими относящимися сюда явлениями было давно подмечено натуралистами. Так, уже в течение всего XVIII и XIX вв. они связывали или сравнивали некоторые явления жизни с явлениями кристаллизации и роста кристаллов. Но эти сравнения шли обычно дальше того, что допустимо при сходстве проявляющихся в этих процессах законов, и потому или ни к чему не приводили, или заводили исследователей в дебри неудачных аналогий и выводов. Никаким выяснением явлений жизни и никакой помощью в научной работе они не являлись.

При современном взгляде на кристалл как на однородное твердое состояние материи, аналогичное жидкому и газообразному ее состояниям, мы должны очень критически и отрицательно относиться к аналогиям, обычно проводившимся между живым организмом и кристаллом. Но та аналогия, которой я сейчас считаю необходимым пользоваться, есть аналогия совершенно иного характера. В прежних представлениях, кристалл и организм нередко сопоставлялись в частности, сравнивались как аналогичные произведения Природы. Еще до создания современной кристаллографии, в конце XVIII столетия, нередко кристаллы и организмы, например, считались составленными в отличие от остальной материи из особых молекул (*molecules organiques* Бюффона), создававших организм, «особь» — правильность, то резкое отличие от окружающей среды, какое мы видим в кристалле и в организме. В XIX столетии эти течения — в разной форме — нередко возрождались и в биологии и в кристаллографии, и отголоски их мы имеем до сих пор. Окончательный удар им был нанесен только ростом физической химии, когда кристалл как особь потерял значение и когда выступил на первое место кристалл как определенная форма строения однородного, химически чистого твердого вещества.

Но в этих старых исканиях и в попытках сравнения было здоровое зерно, верная мысль. И ее можно удержать и при том резком изменении взгляда на кристалл, какое произошло в конце XIX столетия. Эта здравая мысль заключается в том, что между законами кристаллизации и между некоторыми законами роста организмов и их зарождения есть формальное сходство, вызываемое не общностью или сходством явлений, но общностью формы тех изменений, какие в этих явлениях наблюдаются¹.

Такого рода сходства наблюдаются в науке всегда, когда в разных явлениях есть механические стороны их проявления, которые могут быть подведены к одинаковым формам движения. Так, например, явления самого различного физического характера, выражаемые законами волнообразного движения, например многие явления света, звука, электричества, магнетизма, теплоты, маятника,

¹ В настоящее время разбираемые на этой и ближайших страницах вопросы хорошо изучены и освещены, а в тексте В.И. Вернадского есть ряд неточностей. Однако для связности изложения всей работы решено эти страницы сохранить.

жидкостей, газов, твердых тел и т.п., могут быть сведены к очень аналогичным формам законов, хотя между самими явлениями не будет ничего общего. Больше того, мы имеем возможность безбоязненно использовать для объяснения многого неизвестного то, что установлено для хорошо изученных явлений, сводимых к аналогичным формам законов. Еще недавно мы имели возможность наблюдать блестящий пример применения этого метода научного искания в области электричества, когда была установлена аналогия законов электричества с волнообразными законами света.

Но совершенно такое же сходство можно наблюдать и тогда, когда мы будем подводить их к аналогичным законам, связанным не с динамическими представлениями, а со статистическими, когда мы будем обращать внимание не на движение, происходящее в изучаемом явлении, и его законы, а на геометрически выраженные соотношения между частями данного явления, каково бы ни было это явление и каковы бы ни были эти части. *Таковы явления, сводимые к законам равновесий*, будут ли это явления сыпучих тел, химических реакций, перехода из одного физического состояния в другое и т.д.

Как раз подобного роста случай мы имеем в явлениях кристаллизации и зарождения и роста организмов. Те и другие сводятся к формам законов равновесия неоднородных механических систем, хотя между самими организмами и кристаллами еще менее общего, чем между светом и звуком, т.е. между колебанием эфира и дрожанием материальных частиц.

71. Явления кристаллизации, например из раствора или сплава, представляют частный случай появления в какой-нибудь неоднородной системе, стремящейся к равновесию, новых фаз, будут то фазы жидкие, газообразные или твердые. В том случае, когда выделяются твердые фазы, мы имеем явления *кристаллизации*, когда выделяются жидкие фазы, мы имеем дело с так называемым выделением жидких капель, когда мы имеем дело с газообразными фазами — с выделением *газовых пузырьков*. Мы не должны забывать, что кристаллы твердого тела, капли жидкости и газовые пузыри представляют родственные явления и что не будет ошибкой назвать кристаллический многогранник, получающийся при кристаллизации, каплей твердого тела. По существу все эти явления совершенно аналогичны, и законы их чрезвычайно близки. Наиболее изучены из них явления кристаллизации, так как они обращали на себя особое внимание вследствие разнообразия получаемых при кристаллизации форм выделения твердой материи и открываемых при их изучении законностей.

При кристаллизации мы должны резко отличать явления зарождения кристалла от его дальнейшего роста и *размножения*¹. Предметом изучения долгое время были эти последние явления, и только в недавнее время центры кристаллизации обратили на себя более серьезное внимание².

¹ Под размножением кристалла я подразумеваю появление новых центров роста (зародышей) в среде в которой появился уже один зародыш.

² О центрах кристаллизации см: Tammann Gustav. Kristallisieren und Schmelzen – ein Beitrag zur Lehre der Aenderungen des Aggregatzunstandes. Leipzig, 1903.

Мы остановимся здесь только на явлениях зарождения кристалла, так как условия зарождения кристалла позволят выяснить нам общие физические основы, отвечающие форме законов, обуславливающих явления зарождения организма, т.е. жизни.

Мы будем пользоваться аналогией указанного типа между этими явлениями кристаллизации и некоторыми проявлениями жизни. Кристалл, появляющийся и изменяющийся во внешней среде, находящийся в теснейшей с ней связи, взятый вместе с внешней средой, представляет систему, стремящуюся к равновесию.

Такую же систему, стремящуюся к такой же форме равновесия, представляет организм, появляющийся и изменяющийся во внешней среде и находящийся в теснейшей с ней связи, если мы возьмем этот организм одновременно с его внешней средой.

Беря общие законы появления кристаллов или организмов в их внешних средах, мы можем изучать общие формы законов, связанных с таким их положением в системах, не обращая внимания на простой по составу, физической структуре и разнородности кристалл и на чрезвычайно сложный по всем этим категориям организм.

Явления пересыщенности растворов, переохлажденности и перегретости жидкостей неуклонно показывают нам, что однородное твердое вещество не образуется, пока не появляется в этой среде зародыш, или *центр роста кристалла*¹. Обычно такой зародыш появляется извне, из окружающей среды, часто из атмосферы, совершенно аналогично тому, что наблюдается и при зарождении жизни в какой-нибудь уединенной, лишенной жизни среде. Появляется из воздуха уже готовый твердый кристалл, кристаллическая пылинка того же самого или изоморфного данному веществу кристаллического строения. Несомненно, воздух так же переполнен бесчисленным множеством твердых частиц самого разнообразного кристаллического строения, как и переполнен он самыми различными зародышами микроорганизмов. Он даже, как это логически ясно, переполнен больше ими, и процесс зарождения должен идти быстрее и скорее, чем аналогичный процесс заражения микробами, ибо строение кристаллов проще и их в природе больше, чем микроорганизмов.

Изучение кристаллизации пересыщенных растворов дает нам совершенно ту же картину, какую мы наблюдаем в процессах гниения или брожения. Мы можем обычно сохранять жидкости в пересыщенном состоянии — без центров кристаллизации — года, раз только мы их изолируем, например, слоем воды или формой сосуда, позволяющей воздуху до проникновения его в кристаллизующуюся жидкость осадить несомую им пыль от соприкосновения с богатым зародышами воздухом. И эта кристаллизация начинается мгновенно, как только связь с воздухом будет восстановлена. Очень многие опыты Спалланцани и

¹ Обычно считается возможной кристаллизация без зародышей, но это предположение противоречит теории теплоты. Возможность влияния «пыли» для создания центров кристаллизации для термодинамического объяснения требует подходящей пыли, т.е. такой, которая отвечает условиям того твердого компонента системы, являющегося нам при кристаллизации в виде кристалла.

Пастера над явлениями гниения или брожения могут быть целиком воспроизведены — и были воспроизведены — над кристаллизацией, например, салола или сернистого натрия.

Судя по характеру заражения зародышами кристаллов, мы должны допустить их большее распространение, чем это наблюдается для зародышей организмов и для микробов. По-видимому, вся материя земной поверхности охвачена этими тончайшими и мельчайшими по величине частицами разнородных по химическому составу твердых тел, которые при благоприятных условиях могут увеличиваться в размерах, расти согласно известным нам законам системы равновесия, т.е. при благоприятных условиях являться центрами кристаллизации. Мы сталкиваемся здесь с тем явлением рассеяния вещества, с которым под именем микроскопических смесей мы встретимся ниже, при изучении распространения химических элементов в земной коре. Каждый самый чистый сосуд, каждая поверхность могут заключать эти зародыши. Мы не имеем для избавления от них даже тех средств, какие находятся в нашем распоряжении по отношению к зародышам организмов и микробов. Для некоторых веществ ни высокая температура, ни кислоты, ни щелочи, сколь бы продолжительно ни было их действие, не уничтожают их индивидуальности. Тем более что центром кристаллизации может явиться вещество химического состава, не тождественного с данным, но с ним изоморфное, т.е. принадлежащее к тому же самому кристаллическому классу близкой кристаллической сетки.

Совершенно то же должно быть допущено и в области, еще более, на наш взгляд, отдаленной от организмов, для выделения жидкостей в форме капель, например для образования так называемого тумана жидкостей, для плавления перегретого твердого тела или для появления пенистой структуры из газа и жидкости.

72. Но в этой области явление менее изучено и менее ясно. Возвращаясь к явлениям кристаллизации, необходимо отметить, что бывают случаи, когда мы не умеем кристаллизовать тело из раствора или жидкого состояния, т.е. вызвать появление в данной системе кристаллизации ее центров. Приходится допустить, что в окружающей среде нет или чрезвычайно мало соответствующих этим центрам зародышей. Мы имеем несколько случаев, очень ярко обнаруживающих это явление. Обычный глицерин может служить прекрасным примером. Глицерин издавна считался всегда жидким и не мог быть приведен в кристаллическое состояние. Совершенно неожиданно несколько десятков лет назад в одном из складов глицерин выкристаллизовался; полученные кристаллы твердого глицерина оказались центрами кристаллизации для всякого глицерина: достаточно коснуться таким кристаллом глицерина, для того чтобы началась его кристаллизация. Точкой плавления оказалась температура $+13^{\circ}\text{C}$, а обычно мы имеем дело с переохлажденным глицерином. Можно объяснить это явление так, что зародыши, способные явиться центром кристаллизации для глицерина, отсутствуют в окружающей среде; случайно в одном месте оказался такой зародыш, произошла кристаллизация, мы получили на Земле твердый глицерин. Теперь мы получили возможность, внося пылинку твердого глицерина в жидкий, вызывать его кристаллизацию в любом месте, в любое время и в любом количестве. Это явление получило техни-

ческое применение для перевозки твердого глицерина, а не жидкого. Очень возможно, что то же самое явление можно наблюдать и для других веществ, которые не удастся получить в ясных кристаллах, например белка. Возможно, что для них мы не имеем пока еще возможности получить зародыши из кристаллизации, центры кристаллизации, как долго не могли мы этого сделать для глицерина.

73. Итак, исходя из указанной формальной аналогии, возможно воспользоваться изученным в явлениях кристаллизации для выяснения условий зарождения жизни.

Для этого проведем аналогию дальше. Попробуем выяснить в этом более простом случае — кристаллизации, каковы будут общие формы законностей, если для кристаллизации возможно самопроизвольное зарождение, если центром кристаллизации будет не готовый кристалл-зародыш, а что-то другое. Выяснив общие условия этого явления с точки зрения условий равновесия системы, перенесем эти условия на явления жизни.

Мы можем быть уверены, что в общей форме, нами изучаемой, они будут наблюдаться и в этом последнем случае, раз только самопроизвольное зарождение будет иметь место, так как форма явления зависит от общих для обоих явлений формы законов равновесия.

Для нашей цели достаточно обратить внимание на два вопроса.

Возможно ли появление центра кристаллизации в системе, если в ней отсутствует извне принесенный, уже готовый кристалл? И во-вторых, каковы будут при этом общие физические условия, могущие дать такую возможность?

74. По-видимому, можно утверждать с несомненностью, что центры кристаллизации могут появляться в некоторых случаях и помимо зародыша готового кристалла. Мы не можем утверждать, что это бывает всегда — при определенных условиях — для всякого вещества, как мы можем это делать для жидкого и газообразного состояний выше и ниже их критической температуры. Критическое состояние твердых средин является темной, мало разработанной областью, и путь аналогии нам здесь не дает ничего¹. Но мы можем утверждать, что для многих веществ и для многих случаев центры кристаллизации появляются вне зависимости от ранее образовавшегося тела того же состава и того же строения, вне зародыша кристалла.

Таких явлений есть несколько, из которых достаточно привести два: одно — кристаллизацию в виде снега, сублимацией из газообразного состояния, другое — кристаллизацию во время химического процесса.

¹ Не ясно даже есть ли критическое состояние твердой материи резко выраженное. По-видимому, есть для отдельных твердых фаз. Они неизбежно должны переходить в новые. Причина этого едва ли связана с чем-нибудь иным, кроме кристаллической точки перехода. При превращении твердого вещества тоже получаются центры кристаллизации и внутри. Другим явлением, сюда относящимся приходится рассматривать так называемое *критическое состояние материи*. Здесь потенциальная энергия системы или одной ее фазы меняется вследствие изменения внешних условий существования. Наиболее, может быть, удобно рассматривать это явление как такое, в котором меняется в резкой форме трение системы (в смысле Дюгема). В этом случае центры кристаллизации и их аналоги (для газовых и жидких состояний) создаются вне всякого предшествующего нахождения готового зародыша или появления точки в среде с исключительной действительной энергией. Если допускать самопроизвольное зарождение, надо думать, что и здесь могут быть проявления той же формы.

Первое явление тесно связано с открытым Вильсоном¹ появлением тумана при ионизации воздуха. При ионизации в той системе, какую представляет воздух или иная смесь газов и паров, в зависимости от температуры выделяются капли жидкости или кристаллы твердого тела. Центрами их выделения являются отрицательные ионы воздуха — те газовые центры, которые создаются в газовой среде в связи с явлениями электричества и радиоактивного распада и которые, несомненно, являются в ней центрами энергии. Мы вынуждены допустить — по всему, что мы о них знаем, — что ионы представляют такие места в газовой среде, в которых сконцентрированы или из которых исходят большие количества действенной энергии. В обычных представлениях о действии ионов принимают, что они меняют поверхности натяжения окружающих тел. Очевидно, здесь речь идет о другой функции ионов — они выступают в качестве источника энергии².

Центром кристаллизации здесь является не готовый кристалл, где-то, помимо данной системы, образовавшийся, а созданный извне ион, являющийся в самой системе центром концентрированной энергии. Вокруг него внутри системы идет создание новой фазы вещества, раз внешние термодинамические условия это позволяют. Ионизация системы связана с внесением в нее внешней энергии, концентрирующейся в определенных отдельных точках.

Другим случаем самопроизвольного зарождения кристаллов — выделение твердой фазы в той системе, где ее не было, — является кристаллизация во время химической реакции, в момент образования твердого соединения, *in statu nascenti*³. Все эти реакции связаны всегда с тепловыми эффектами, вносимыми в систему, и, подобно тому как мы это видели для ионов, здесь самопроизвольное зарождение кристалла происходит в таких точках системы, в которых происходит концентрация этой энергии. Несомненно, случай кристаллизации при химических процессах, при образовании из своих составных частей кристаллизующегося тела, представляет случай более сложных равновесий, чем обычная кристаллизация из растворов или расплавленной массы, но в той части, которая нас интересует, явление от этого не меняется и форма его законов остается неизменной.

Есть и другие случаи самопроизвольного зарождения кристаллов, еще менее изученные. Нет надобности на них останавливаться, важно отметить, что и они связаны с местами концентрации новой энергии, входящей в систему равновесия, какую представляет собой кристаллизация.

¹ Wilson Ch. [The condensation method of demonstration of the ionization of air under normal conditions. – Philosophical Magazine, 1904 v. 7]

² Вопрос о центрах тумана все — так очень неясен. По-видимому, такими центрами могут быть: 1) мельчайшие пылинки, 2) молекулы азота, аммиак и другие соединения азота и т.п. и, наконец, 3) ионы. Только последнее доказано экспериментально. Действие другие причин, здесь указанных, неясно. Может быть, мы имеем в конце концов одну причину — ионизацию?

³ Приходится допустить выделение энергии во время процессов образования какого-нибудь соединения как источника зарождения кристалла. К сожалению, нет попыток выяснить, при каких условиях получаются центры кристаллизации; в этом случае было бы интересно рассмотреть этот вопрос в связи с термодинамическими данными. Белки и другие вещества, не выделяющиеся в кристаллах, образуются с большим поглощением тепла, а не с его выделением. На связь кристаллизации с химическим процессом обратил внимание П. Орлов. О *status nascenti* как элементе кристаллизации писал Нернст.

75. Можно попытаться вывести необходимость исключительной концентрации энергии в местах появления зародыша из свойств системы равновесия.

Такая система, предоставленная действию своих сил, приходит в равновесие, если какая-нибудь внешняя сила на нее не подействует. Внутренняя ее свободная энергия постепенно растрачивается, и когда она придет в равновесие, то вся эта энергия уже будет истрачена, станет равной нулю. Никаким образом система сама не может вызвать появление такого центра ее изменения, который вызвал бы в ней новое изменение, идущее в другом направлении, чем достижение начавшего складываться равновесия. Совершенно ясно, что появление новой фазы вещества, например твердого кристалла, требует вхождения в систему нового, в ней не бывшего количества активной энергии. Эта энергия будет всегда внешней, все равно, будет ли она принесена для центра кристаллизации падением пылинки-зародыша, готовой твердой фазы — его зарождением во время химического процесса, или появлением иона, содержащего и излучающего энергию. Под влиянием роста кристаллизации зародышей в системе начинаются новые перераспределения ее частей, происходят новые движения. Мы имеем здесь аналогию с более простым случаем равновесия, например водой в сосуде. Если температура в воде во всех ее точках одна и та же, вода находится в покое. Если мы станем нагревать одну точку в сосуде, то начинается движение воды, связанное с постоянным притоком новой внешней энергии в данную систему из нагреваемой точки. Такой же приток внешней энергии мы имеем в появлении иона или зародыша в пересыщенном растворе, в котором идет кристаллизация.

Когда такой ион или зародыш появляется в данной системе, он или дает начало кристаллизации, появлению в системе новой фазы вещества, или исчезает, растворяется, и погашается сопротивлением системы, стремящейся сохранить неизменным ход процесса, протекавшего до появления этих центров изменения.

Это сопротивление, зависящее от потенциальной энергии системы, выражается *тем трением*, которое необходимо преодолеть для того, чтобы нарушить ход процесса и ввести в него новые изменения. Величина этого трения различна, но в общем она огромна, особенно если мы представим себе ничтожные размеры того зародыша, который появляется в этой системе.

Представляемая им энергия должна быть больше этого трения, больше потенциальной энергии системы — иначе он будет поглощен системой, войдет в ту или иную ее фазу.

Количество энергии, которое сосредоточивается в какой-нибудь точке системы для того, чтобы было преодолено это внутреннее трение, должно быть огромно. Мы не имеем таких вычислений для центров кристаллизации, но имеем для более простого случая — появления газовых пузырей при кипении. Появление газового пузыря в нагреваемой жидкости возможно только тогда, когда пузырь преодолет сопротивление того столба жидкости, который над ним находится, и, как мы знаем, пузыри появляются только в особых местах сосуда, и возможность их появления тем больше, чем выше температура нагревания, больше упругость их пара.

Но то же самое явление мы имеем и для центров кристаллизации, только здесь, вероятно, благодаря большей сложности явления требуется еще большая концентрация энергии.

76. Какие бы предположения мы ни строили для самопроизвольного зарождения живого из мертвого, оно неизменно должно отвечать этим основным свойствам систем равновесия, общим для всех геохимических процессов на земной поверхности. Они должны отвечать им даже тогда, когда мы примем это зарождение в форме эволюционного процесса; здесь, согласно тем же законам, будут образовываться первые стадии гипотетических предков организмов, туманных созданий человеческой фантазии, подчиненных, однако, законам механики. Системы равновесия для генезиса жизни будут более сложны, чем равновесия кристаллизации. Зародыши ее — тоже. Надо думать, что необходимая для их появления концентрация энергии в этих системах должна быть значительно больше той энергии, которая наблюдается при зарождении кристалла, т.е. больше энергии ионов или всех химических тел, известных нам в кристаллическом состоянии.

Если, однако, мы можем представить себе в той или иной форме возможность нахождения на земной поверхности таких концентраций энергии, мы встречаемся еще с другим условием, которое наблюдается во всех случаях самопроизвольного зарождения кристаллов. Одновременно с концентрацией в одной точке больших запасов энергии должны быть в той же среде условия, благоприятные образованию тех веществ, которые строят кристалл.

Эта одновременность, несомненно, отсутствует для живого вещества на всем протяжении геологической истории. Ибо нет на Земле случаев создания химических веществ, строящих организм, помимо организмов, и нет нужных для этого условий.

Чрезвычайно характерно, что мы не знаем ни одного химического процесса на земной поверхности, где бы эти вещества создавались вне зависимости от биохимических процессов и вообще вне связи с живым веществом в том его понимании, какое дано в этом сочинении. Можно убедиться, что мы их не видим сейчас, и нет их следов в прошлые геологические эпохи.

Сейчас минералогия земной коры изучена достаточно точно, и мы можем утверждать, что вне живой материи нет никакой возможности допустить существование на нашей планете условий образования большинства таких веществ, которые входят в состав организма, — белков, жиров, углеводов и т.п.

Мне кажется, это постоянно забывают при обсуждении вопроса о генезисе жизни. Не считаются с нашими современными знаниями о генезисе минералов и об условиях хода химических процессов в земной коре. Крупнейшие биологи считают возможным делать в этой области гипотезы, очевидно не связанные с фактами, ибо делают свои гипотезы свободно, забывая, что имеют дело не с *tabula rasa*. Только при таких противоречащих фактам геологии и минералогии допущениях возможны гипотезы Негели¹ о происхождении организмов из мертвой

¹ Nageli. Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, Bd 1. Munchen und Leipzig, 1884, S. 86.

материи через гипотетические, более простые, чем организмы, тела — пробии. Точно так же не отвечают фактам и более новые воззрения не о зарождении живого из мертвого, а об эволюционном процессе мертвого в живое¹. Эти воззрения Мельдола, Шефера и некоторых других напоминают старинные представления натурфилософов о телах, промежуточных между живым и мертвым — не живых и не мертвых. Читая эти новейшие искания, невольно сравниваешь их с их старыми аналогами, столь же, как они, далекими от действительности. В философских концепциях мы находим такие искания как в XVIII столетии², так и в XIX в.³ Но они имеют исключительно спекулятивный характер: никогда и нигде в окружающей нас природе мы не находим таких тел, равным образом мы не находим их следов и условий существования в прошлом или потому, что эти все вещества бесследно исчезли, образовавшись в один какой-нибудь период земной истории⁴, как думают одни, или же потому, как думают другие, что, образуясь постоянно, они немедленно же переходят в обычное живое вещество и, таким образом, для нас неуловимы⁵. В обоих случаях приходится для этих гипотез допускать существование явлений, следы нахождения которых неуловимы для научного исследования, т.е. явлений, которые согласно научной логике, должны быть в научной работе оставлены без внимания.

Необходимость таких предположений служит прекрасной иллюстрацией того факта, что в области и современных, и древних геохимических и минералогических процессов нет ни одного, который указывал бы на возможность небиогеохимического в широком понимании этого слова образования нужных для живого вещества соединений углерода, азота, водорода, кислорода. Мы увидим, что их соединения, образуемые неорганическим путем, иные и не дают возможности создания нужных для организмов тел при термодинамических условиях, существовавших для биосферы в течение всех геологических эпох.

77. Несомненно, с тем же самым связано и то, что все известные опыты и все предположения современных искателей самопроизвольного зарождения имеют дело не с неорганической средой, а, так или иначе, с продуктами изменения организма, содержащими вещества, генетически связанные с былыми организмами, т.е., по существу, они имеют дело не с зарождением живого вещества, а с оживлением замерших частей живого вещества, с созданием зародышей в живом веществе. Поэтому даже если бы и было когда-нибудь доказано, что создание зародыша организма этим путем возможно, но это может произойти только в среде, связанной с ранее бывшим живым веществом.

¹ Meldola R. Evolution Darwinian and Spencerian: the Herbert Spencer Lecture delivered... 8 December, 1910. Oxford, 1910, p. 16-24; Schaefer E. Report of the British Association for the advancement of Science. London, 1913, v. LXXII, p. 13.

² Очень схожи воззрения Дидро. См.: Diderot D. Pensees sur l'interpretation de la nature. Paris, 1757.

³ См.: Hartmann Eduard. Philosophie des Unbewussten. 1 Aufl., Bd II, S. 214, 216; Bd. III, Aufl. Leipzig, 1889, S.63.

⁴ Lockyer N. Inorganic evolution as studied by spectrum analysis. London, 1900, p. 169-170.

⁵ Allen F. Report of the British Association for the Advancement of Science. London, 1896. Cp. Roy. Lons-ter Protozoa. Enciclopedia Britannica.

То же самое необходимо сказать, очевидно, и о тех случаях, когда к созданию веществ, входящих в состав организма, подходит человек работой своего разума. Очевидно, с точки зрения природного процесса мы имеем и здесь дело только с проявлением свойств одной из форм живой материи. В отсутствие живого вещества эти соединения на Земле этим путем образоваться не могли бы.

Очевидно, если зарождение жизни будет признаваться в той или иной связи с живым веществом, с остатками или выделениями организмов, мы не получим никакого решения вопроса о самопроизвольном зарождении. Вопрос о происхождении из мертвой материи тех организмов, которые дают эти необходимые для *generatio spontanea* остатки и выделения, останется во всей его силе и во всем значении нетронутым.

Оставляя в стороне всякие другие возражения против самопроизвольного зарождения¹, достаточно одного отсутствия каких бы то ни было геологических данных в пользу зарождения живого из мертвого вещества, образования в мертвой, не связанной с живым веществом материи белков или других, связанных с ними геологически веществ для того, чтобы оставить без рассмотрения в дальнейшем изложении все представления этого рода.

Исходя из всех этих данных, мы должны признать, что в пределах геологического времени жизнь должна считаться извечной и что в эти времена всегда на Земле существовало живое вещество. Мы увидим, что и его количество, и его геохимическое значение были в общем в течение всего этого времени почти неизменными (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 40-67).

Таким образом, сводя все это вместе, мы видим, что: 1) в земной коре нет ни одного малейшего намека на процессы зарождения живого из мертвых соединений, не связанных в своем генезисе с живой материей в масштабе, заметном в геохимических процессах, 2) нет ни одного случая геохимических реакций, при которых азот и углерод давали бы нам независимо от живого вещества сложным путем органические соединения, необходимые для создания живого организма.

Поэтому, поскольку мы будем стоять на точной почве научного наблюдения, мы должны оставить в стороне все противоположные предположения, как не отвечающие научным данным догадки.

При современном состоянии научных знаний мы должны признать, что в данную геологическую эпоху в земной коре ни в какой форме не происходит зарождение живого из мертвого.

78. Необходимо остановиться, однако, на другой возможности. Некоторые биологи считают, что зарождение живого из мертвого происходило в земной коре в былые периоды истории нашей планеты и прекратилось в современный, в котором, как мы видим, и нет никаких признаков его существования.

Эта гипотеза теснейшим образом связана не с научными, а с космогоническими представлениями и требует чрезвычайно осторожного к себе отношения.

¹ Часть этих возражений касается всякой теории произвольного зарождения. Сравни логические возражения Канта (*Kritik der Urtheilskraft*, 81). Reinke J. *Die Welt als Tat*. Berlin, 1905, S.297; Reinke J. *Einleitung in die theoretische Biologie*. Berlin, 1901, S. 556.

Нельзя отрицать, что сейчас эта гипотеза кажется огромному числу ученых совершенно обязательной, так как помимо ее почти невозможно объяснить появление на Земле живых существ. Но в ее основе лежат два предположения, которые заставляют нас самым решительным образом оставить ее без внимания в нашей работе, так как она или противоречит фактам, или, в лучшем случае, относится к области явлений, лежащих вне той, которая подлежит нашему изучению.

Высказывая эту гипотезу, ее приверженцы недостаточно критически отнеслись к понятию *геологического времени*. Они смешивают разные периоды истории Земли, разные не только хронологически, но и по степени достоверности наших о них представлений. В связи с этим они исходят в своем рассуждении из предположений, что в истории Земли было время: 1) когда на нашей планете не было ничего живого и 2) когда условия земной коры были в ней резко иные в смысле, например, термодинамических параметров, чем те, которые мы в ней сейчас наблюдаем. Очевидно, изучая явление с геохимической точки зрения, я буду останавливаться только на этих явлениях, т.е. в данном случае буду говорить о тождественности или различии хода геохимических процессов в течение геологического времени.

Прежде чем идти дальше, мы должны определить область того, что мы называем геологическим временем. Мы будем называть геологическим временем или геологическими эпохами те эпохи, проявления и остатки которых мы можем изучать в геологии всеми теми приемами и методами, которыми располагает эта наука. Древнейшей эпохой будет для нас, при наших современных знаниях, эра архейская.

Несомненно, существовали периоды в истории Земли и более ранние, но они ничем не проявляются для нас в геологических процессах и геологических явлениях. Мы будем называть эти догеологические периоды истории Земли космическими периодами ее истории, так как все наши представления о Земле этого времени основаны не на научных, а на космогонических достижениях, достоверность которых совершенно несравнима с научными данными. Поэтому мы всегда должны различать, говорим ли мы о геохимических процессах в течение геологических или космических периодов земной истории, и помнить разную достоверность наших о них представлений¹.

Обращаясь к данным геологии, мы должны признать, что жизнь существовала во все геологические периоды. Она не зародилась в них, но уже являлась в них в полном развитии.

Самые древние остатки организмов наблюдаются в альгонгкскую эру. Уже в это время мы видим их в таком развитии, которое указывает нам на долгие периоды геологической истории, в течение которых происходила эволюция видов,

¹ Со следами «космических периодов» в истории развития планеты впервые, по-видимому, столкнулись на Луне лишь после развития космических методов изучения планет. Так, многочисленные кратеры на метриках луны объясняются ударами и взрывами малых космических тел (типа метеоритов или комет) в конце периода акреции 3,5-4 млрд. лет назад. Аналогичный процесс известен для Меркурия и Марса.

хотя до нас вследствие процессов метаморфизма не сохранились органические остатки. Относительно хорошо изученный органический мир кембрия неизбежно предполагает долгие геологические периоды эволюции. Он не только богат формами, но, как увидим, представляет ту же неизменную структуру живого вещества, какую мы наблюдаем сейчас. Очевидно, за ее эти геологические периоды столь же мало можно допускать зарождение живых форм организмов из мертвой материи, как и в современную эпоху.

Явления метаморфизма сгладили органические остатки более древних слоев. Мир организмов альгонгкской эпохи представляет ничтожные остатки былого, однако анализ и этих остатков приводит к тому же заключению, что ему предшествовали долгие периоды широкого расцвета и развития органической жизни.

Наконец, в еще более глубоких слоях, в самых древних отложениях архейской системы, которая по всему, что мы знаем, по количеству времени превышает все другие геологические системы, вместе взятые, и представляет, вероятно не одну геологическую систему, а целую совокупность геологических систем, мы уже не видим морфологически различимых остатков организмов, но наблюдаем лишь продукты их несомненного присутствия, вроде углистых веществ в когда-то, несомненно, осадочных и обломочных породах, генетическая связь которых с былыми организмами не может возбуждать никаких сомнений.

Таким образом, присутствие жизни в самых древних доступных изучению геологии земных слоях является несомненным. И очевидно, никаких научных оснований искать решение вопроса о генезисе живого, о его происхождении непосредственно из мертвой материи здесь не имеется.

Но мы имеем к тому же и другие указания, еще более укрепляющие этот вывод научного наблюдения. Блестящие работы финских геологов, наиболее глубоко проникших в строение архейских слоев, указали нам, что мы видим в них проявления динамических геологических процессов, которые указывают нам на то, что физико-географические условия земной коры и в это безбрежно отдаленное от нас время были чрезвычайно близки, вероятно, тождественны с современными. Тесная зависимость физико-географических условий образования горных пород в биосфере в настоящее время и в более новых геологических породах, где это легче точно констатировать, заставляет нас считать, что тождественность этих условий в архейской системе указывает на неменьшее присутствие и в ней живого вещества. На то же самое указывают и другие явления, правда не достигающие до архейских слоев. Работы Вант-Гоффа, посвященные соляным залежам, показывают, что для всех периодов геологической истории температура образования залежей была приблизительно одинакова, т.е. неизменна она была с кембрия. Распространение кораллов — с девона — приводит к тому же выводу. Постоянство температуры на земной поверхности указывает на неизменность за это время солнечного лучеиспускания.

К этим доказательствам можно прибавить еще выводы геохимического характера. Изучение минеральных процессов земной коры показывает нам их неизменность в течение геологического времени. Никаких следов эволюций в этих

процессах мы не наблюдаем в течение всех эпох геологической истории, начиная с древнейших архейских отложений вплоть до современных мы видим всюду образование одних и тех же минералов и одних и тех же горных пород, причем мы не можем заметить не только качественных, но и количественных различий. Конечно, есть колебания в разных местах и в разные времена, но эти колебания или местные, или периодические, несколько раз повторяющиеся в течение геологических периодов, например скопления ледяных масс во время ледниковых периодов. Нет ни одного минерала, характерного только для одного определенного геологического периода, ни одной такой горной породы, кроме разве тех, в которых морфологически проявляются свойства, участвующие в ее генезисе живой материи (вроде мела меловой системы). Любопытно, что в истории большинства периодически уменьшающихся или увеличивающихся в количестве минералов, например гипса, солей, углей, кальцитов (известняков) и т.п., мы сталкиваемся в процессе их образования с ролью живого вещества. Все это указывает нам на неизменность условий химических процессов земной коры в течение всей геологической ее истории.

Изучение этих геохимических процессов позволяет идти дальше. Как мы увидим ниже, история всех химических элементов, которые изучены, указывает нам на самое энергичное участие живого вещества в их геохимических процессах. Те или иные минералы, в том или ином количестве, с теми или иными свойствами получаются в биосфере исключительно благодаря участию живого вещества, которое не только связано с привнесением тех или иных химических элементов в эти минералы, но и является источником энергии, необходимой для их образования. Это несомненно для С, О, Н, N, P, S, Cl, Br, I, Fe, Ca, Mg, Na, K, Rb, Cu, F, Mn, Al, Zn, В, чрезвычайно вероятно для Ag, Sr, Ba, Li, V, Se, Pb, Ni, Co, Sn и вероятно для Ta, Te, Cd, Th, Ti, Y, Nb. Как мы увидим ниже, только недостаточность научной работы в этой области заставляет нас быть более осторожными в выводах. По мере изучения становится ясным, что в истории всех химических элементов живое вещество является тем фактором, участие которого необходимо и неизбежно для получения тех их природных соединений и их естественных ассоциаций, которые образуются сейчас в земной коре и которые мы видим неизменно во все геологические эпохи их прошлой истории. Даже если мы обратимся только к тем химическим элементам, для которых это вполне доказано, мы получим, что это доказано для $99/100$ по весу земной коры, т.е., несомненно, для всех без исключения наиболее распространенных элементов. Отсюда следует, что живое вещество и на основании этого рода наблюдений должно было существовать с той же силой проявления, т.е. с тем же количеством входящего в него вещества и связанной с ним энергией в течение всех геологических периодов.

Таким образом, все точные данные научного наблюдения, данные палеонтологии, петрографии, минералогии и геохимии, неизменно приводят нас к одному и тому же выводу о неизменности физико-географических и химических условий земной коры в течение всего геологического времени и о нахождении в ней в течение всего этого времени живого вещества в развитии, аналогичном современному.

Едва ли можно в связи с этим допускать в эти эпохи земной истории проявления в ней гипотетичного генезиса живого из мертвого, и едва ли можно сомневаться в правильности нашего вывода, *что никакого зарождения живого из мертвой материи не происходило не только в течение современной эпохи, но и на протяжении всей геологической истории Земли.*

Этот вывод является результатом новых работ, но отвечает и прошлому геологии, которое было забыто поколениями геологов. В первой половине XVIII в. впервые начало проникать в геологию представление о существовании морских отложений, отвечающих морю, лишенному жизни или ею бедному. Эти идеи высказывал Де Малье, к которому ученые-специалисты современники относились с большим предубеждением. Оно отвечало и космогонии Бюффона. Но это воззрение сперва не встречало широкой распространенности среди ученых-наблюдателей. Область точного геологического знания была слишком мало изучена для того, чтобы можно было научно подходить к этим вопросам. Ответ на вопрос о происхождении жизни на Земле искали в готовых выводах из космогоний.

Исходя из космогонических, отчасти религиозных воззрений, в геологии считалось как бы непреложной истиной, что жизнь на Земле имела начало, что его имели и сами геологические процессы — в гранитах искали остатки первичной земной коры. И как раз в это время шотландский геолог-мыслитель Геттон в самом конце XVIII в. провозгласил другой принцип. «В экономике Мира, — говорит он, — я не могу найти никаких следов начала, никаких указаний на конец». Особенности пород он правильно объяснил метаморфизмом первичных отложений, изменением их, уничтожившим следы первоначального сложения в течение миллиардов лет. Идеи Геттона и его ученика и толкователя Плейфера имели более широкое распространение, чем это выражено в литературе. Считались с библейскими сказаниями, но считались с ними формально — в научной работе шли другим путем. Это ярко сказывается, например, в выражениях, какими Кювье определял свое отношение к началу жизни на Земле: «Но еще более удивительно и что тем не менее несомненно («*mais ce qui etonne davantage encore et ce qui n'est pas moins certain*»), что жизнь не всегда существовала на Земле и что наблюдатель легко определит точку, где она начала отлагать свои продукты». Лишь после Кювье идеи о начале жизни в геологической истории более прочно вошли в науку. Лишь подчиняясь силе неопровержимых, как ему казалось, фактов, он создал теорию катастроф, сменяющихся исчезающие формы старой жизни новыми зарождениями в начале каждого нового геологического периода. Кювье высказывался чрезвычайно осторожно по отношению к этим зарождениям, он выдвинул теорию миграций из мест, остававшихся не тронутыми катастрофами. Лишь его последователи, особенно д'Орбиньи и Агассис, развили дальше идеи Кювье, и д'Орбиньи (1849) уже указывал не только на сменяющиеся катастрофы, но и на сменяющиеся творения, имеющие всеобъемлющий характер. Они придали этим идеям более догматическую форму, господствовавшую в первой половине XIX столетия. Но созданная ими теория катастроф отошла в область пережитого под влиянием идей трансформизма и более тщательного изучения явлений метаморфизма.

Сообщение Геттона осталось непоколебленным, и мы к нему возвращаемся. В геологических процессах мы не видим никаких следов начала жизни.

Последним убежищем для этой гипотезы являются те периоды истории Земли, которые я назвал космическими.

Вполне признавая, что живое не образуется из мертвого в земной коре в настоящее время, и что на Земле нет сейчас условий для образования углеродисто-азотных соединений, необходимых для живого вещества, ряд исследователей, например Пре-йер, в последнее время Маккэнзи (?), предполагают, что такие зарождения живого вещества и такие условия были в прошлых периодах земной коры.

При таком предположении вопрос о произвольном самозарождении переносится на совершенно другую плоскость. Вместо постоянно идущего процесса образования живого из мертвого мы имеем здесь дело с единичным событием первого зарождения живого из мертвого; причем дальнейшее развитие живого подчинялось принципу, открытому Реди.

Мы находимся здесь в области возможностей, но не научных выводов. Путеводной нитью являются достижения космогонии. Но космогоний всегда можно представить себе много. Они с одинаковым успехом будут объяснять те немногие научные факты, которые из них выходят. В этом отношении системы космогоний вполне аналогичны системам философии. Подобно им, только отчасти, и притом в небольшой части, могут быть проверяемы научным опытом и наблюдением, ибо главное их содержание и вся картина, ими строяемая, навсегда недоступны научной проверке. Рисуя картины былого мироздания, или в частности нашей планеты, они опираются на немногие отражения этого былого, которые мы можем наблюдать в областях, охваченных научным опытом или наблюдением.

Так, например, для Земли эти охваченные космогонией и ею объясняемые положения почти исключительно сводятся к ее астрономическим элементам, притом в очень обобщенной форме. Все попытки проникнуть глубже оказывались всегда очень малонадежными или совершенно исчезали при дальнейшем более тщательном изучении. Сейчас, помимо астрономических элементов, при изучении Земли только в двух-трех областях прибегают к космогоническим выводам, например при объяснении большего удельного веса всей Земли по сравнению с удельным весом земной коры и внутренней теплоты Земли, но оба эти явления могут иметь и другое объяснение, которое не связано с космогоническими построениями.

По своему характеру сейчас космогония вопреки ее страстным сторонникам отнюдь не может по достоверности своих достижений быть поставлена наряду с наукой. Космогония ближе к философии¹ и представляет попытку реконструкции былого на основании основного и недостаточного научного знания современного состояния Мира, причем человек проникает в это былое одновременным применением методов науки (на первом месте математики) и философии. Несомненно, значение такой работы огромно, так как она позволяет проверять те причинные

¹ В.И. Вернадский имеет в виду «классическую» домарсовскую философию. (см. Предисловие, с. 7,8).- *Ред.*

соотношения, которые принимаются для окружающего нас мироздания в научной работе, возбуждает новые научные вопросы, указывая на возможные соотношения между природными явлениями, вызывая и улучшая научное наблюдение, научный опыт и научные методы искания, в том числе математику и связанные с ней теоретические дисциплины — физику, механику, химию (Ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 62-66).

79. Однако невольно мысль человека переносится в более древние эпохи истории Земли, в эпохи, не подвергнутые нашим геологическим исследованиям, для него сейчас недоступные. *Мы будем называть эти эпохи космическими эпохами существования Земли.*

Была ли и для этих эпох жизнь извечной? Или Земля переживала в эти эпохи условия существования, несовместимые с жизнью, выходящие за пределы ее термодинамического поля существования?

Несомненно, мы выходим здесь из области тех точных научных данных, на которых мы до сих пор основывались, вступаем в область космогоний.

Однако, мне кажется, нам необходимо на них здесь остановиться, так как без этого мы не будем иметь возможность вполне оценить и охватить область, подлежащую нашему изучению, познать точность наших достижений.

Необходимо остановиться и потому, что в научной работе нельзя оставлять без внимания ни одного пути, который может дать нам надежду охватить научным исканием область явлений, ему пока недоступную.

Движение научной мысли и сила проникновения научной работы бесконечны, и недоступное сейчас для научного изучения будет ему доступным через короткое время.

Несомненно, будет время, когда станут доступными научному изучению и космические периоды земной истории. И это время наступит тем раньше, чем больше будет обращаться к этим явлениям научная мысль, не будет оставлять их без внимания.

Но помимо этого, не может считаться вполне доказанным и утверждение, что зарождение жизни возможно только в космические периоды истории Земли.

Правда, нет ни одного явления в минералогии и геохимии, которое указывало бы нам на возможность образования необходимых для создания организмов веществ не биохимическим путем.

Но, кладя в основу нашего утверждения факты наблюдения, мы должны считаться с возможностью их неполноты. Мы должны всегда помнить, что вывод, положенный нами в основу нашего суждения, может быть изменен неожиданными открытиями.

Мы знаем из истории наблюдательного естествознания, что нередко существующие явления в природе не были видны потому, что их не искали, изучали природные явления безотносительно к их существованию.

Несомненно, до сих пор никогда не приступали к изучению природных явлений с точки зрения существования или отсутствия этих тел. Минералогия и геохимия органогенных элементов — углерода, азота, кислорода, водорода, серы,

фосфора и т.д. — слагались вне этого поля зрения. Мы можем сейчас только утверждать, что при таком исследовании природы мы не видим следов и возможностей образования необходимого для создания организма вещества вне их, вполне независимо от них идущими процессами.

Но для окончательного ответа этого мало. Надо убедиться, что этих фактов не найдется и тогда, когда мы будем их искать. Пока все-таки есть сомнения, и они должны быть проверены.

Это искание может идти плодотворно только тогда, когда мы будем иметь какие-нибудь путеводные нити или рабочие гипотезы.

С этой точки зрения научные космогонии с допущением зарождения жизни в космические периоды земной истории имеют большее значение в науке.

80. Обращаясь к этой гипотезе, мы видим, что, сойдя с прочной научной почвы, мы сразу попадаем в область, где одновременно могут существовать различные гипотезы зарождения жизни, и мы не знаем, на какой из них остановиться в нашем заключении. Нам необходимо принимать во внимание несколько возможностей.

Среди гипотез возникновения жизни в космические периоды истории Земли две их группы могут быть оставлены без рассмотрения, так как они по самой основе своей не оставляют места для научной проверки. Одна из этих групп допускает, что жизнь создана актом творения, волевым проявлением творца. Другая считает, что она появилась вследствие единожды происшедшего случая, не повторяющегося и не повторяемого. Первая группа гипотез жива до сих пор, и не раз к ней обращались величайшие ученые, может быть считавшие безнадежным и в данный период развития науки всякие научные разрешения этого вопроса и разрубавшие гордиев узел¹.

Другая группа гипотез получила очень яркую форму, не противоречащую научной логике, когда она оказалась связанной со статистическими представлениями о Природе и ее законах². Но гипотеза «Случая» не может быть связана с каким бы то ни было процессом, ибо всякая связь появления жизни с какими бы то ни было другими явлениями уничтожает тот абсолютный Случай, который только и мыслим при таком представлении о Мире. Поэтому при научной работе мы не

¹ Очень часто возникновение этих теорий объясняют известным приспособлением к господствующим религиозным воззрениям. Мне кажется такое объяснение слишком поверхностным. Несомненно, критика существующих объяснений происхождения жизни вполне может привести в сознанию их чрезвычайной случайности и произвольности. Перед этими объяснениями, которые только кажутся научными, приобретают особое значение такие объяснения, которые открыто или явно выходят за пределы научного понимания. Поэтому такие объяснения – творческий акт творца – допускал, например, Дарвин. *Darwin Ch. Origin of species by means of natural selection.* London, 1859; *Reinke J. Einleitung in theoretische Biologie.* Berlin, 1901, S. 559. Салли Прюдом указывает, что этих же воззрений придерживался французский геолог Э. Фуке (*Prudhome Sully. Que sais je? Sur l'organe de la vie terraine.* Paris, 1896, p. 254-255).

² Выдвигал гипотезу «Случая» Умов (*Умов Н. Собрание сочинений под редакцией А. Бачинского,* т. III. М., 1916, с. 337). Он указывает, что она делает ненужной гипотезу о специальном акте творения. Это верно. Обе эти гипотезы равноценны и могут заменять друг друга, но обе лежат вне поля научных исканий. Одна основана на религиозном представлении об окружающем, другая — на философском (см. примечание на с. 101.— *Ред.*).

можем и не должны обращаться к Случаю, пока мы можем находить причинные связи между изучаемыми явлениями.

Для нас гипотеза Случая является столь же стоящей в стороне от области научных исканий, как и гипотеза специального божественного акта творения.

За исключением этих гипотез, остаются три возможности: 1) жизнь создавалась на Земле при космических стадиях ее истории в условиях, не повторявшихся в позднейшие геологические эпохи; 2) жизнь была на Земле и в космические эпохи ее былого, она извечна; 3) жизнь, извечная во Вселенной, явилась новой на Земле, ее зародыши приносились в нее извне постоянно, но укрепились на Земле лишь тогда, когда на Земле оказались благоприятные для этого возможности.

81. Воззрения первого рода теснейшим образом связаны с очень распространенными среди ученых представлениями об истории Земли как части Солнечной системы, создавшейся согласно теории типа теорий Канта или Лапласа. Предполагается, что Земля имела некогда очень высокую температуру и проходила через стадии, совершенно несхожие с современным или с геологическим изучаемым состоянием.

Одно время, когда эти воззрения казались научно установленными, необходимость такого рода воззрений о начале жизни представлялась в конце логически неизбежной.

Мы имеем при этом две возможности: 1) жизнь зародилась при условиях особых, прекратившихся в геологические периоды земной истории, и 2) жизнь в виде самопроизвольного зарождения создавалась в догеологические периоды в условиях, близких к условиям геологических периодов, и совпадает с их началом.

Из этих двух предположений можно оставить в стороне второе, так как оно не дает нам никаких указаний на возможность существования на Земле новых процессов образования на Земле белков, углеводов, жиров и т.п., нужных организму, идущих помимо него. Поэтому по отношению к нему остаются в силе все те возражения, которые делаются нами по отношению к возможности самопроизвольного зарождения в геологические эпохи.

Совершенно иное представляет первое предположение. Оно может очень хорошо объяснить, отчего мы не видели следов зарождения жизни в геологические периоды. Вместе с тем оно допускает нахождение на земной поверхности в это время таких количеств и форм действительной энергии, которые совершенно достаточны для всякого рода мыслимых на Земле изменений, в том числе и для зарождения жизни.

Согласно этим предположениям, в эпохи, когда Земля обладала высокой температурой, имела горячую атмосферу, в эпоху интенсивной свободной энергии, произошел синтез тех углеродно-азотистых соединений, которые могли служить источником зарождения организмов. Эти условия не повторялись на Земле в позднейшие геологические эпохи, и потому дальнейшего зарождения организмов не происходило.

Идеи этого рода были выдвинуты, кажется, впервые Пфлюгером, который основывался на эндотермических условиях образования циановых соединений, ко-

торые действительно образуются при высоких температурах. Хотя связь циановых соединений с белковыми или другими необходимыми для организма углеродно-азотистыми телами очень отдаленная, однако нельзя отрицать, что они действительно указывают на новые условия образования сложных углеродно-азотистых соединений, которые мы не должны упускать из виду при наших исканиях.

В позднейшее время в этом направлении было сделано несколько разнообразных гипотетических предположений. Допускали возможность синтеза белков при высоких температурах, считали возможным образование мочевины в присутствии аммиака, хлористого карбонита, углекислоты, а еще при понижении температуры до 100° — аминокислот. Этим теориям нельзя отказать в большом интересе и в значительной допустимости таких предположений. Но дальше идти мы пока не можем. Ибо следов нахождения этих тел мы в земных условиях до сих пор не встретили.

Но надо их искать. Ибо нельзя отметить, что в области углеродно-азотистых тел мы должны считаться с недостаточной разработанностью наших знаний в области минералогии и геохимии азота. Несомненно, и сейчас образуются на Земле циановые и аммиачные соединения при более высоких температурах — в метаморфической оболочке, в вулканических извержениях; есть указания и на образования карбонильных тел, а в последнее время указываются не связанные, по-видимому, с живой материей оксины, состоящие из углерода, азота и кислорода. Но до сих пор нет никаких указаний на их нахождение в формах и условиях, которые хотя бы отдаленным образом приближались к тем, при которых можно было бы — при самых смелых допущениях — предположить возможность в связи с ними возникновения (зарождения) зародыша живого организма из мертвой материи.

Самое большое, что они дают возможность заключить, это только то, что искания в этой области не вполне безнадежны и что в земной коре существовали, а может быть, и существуют условия, которые и в геологические эпохи допускали образование углеродно-азотистых тел, не связанных с живой материей.

От этих тел еще далеко до соединений, входящих в состав тела организмов, но вполне мыслимо, что в других догеологических эпохах синтез этих тел происходил в большем размере и в иных формах и приводил к тем гипотетическим синтезам мочевины или аминокислот, о которых я говорил выше.

Но сейчас для нас эти предположения являются бесплодными, так как никаких указаний на нахождение их в геологических явлениях мы не видим, кроме самого существования в геологических процессах живой материи, появление которой можно объяснять и иначе.

Нельзя не отметить, что для этих гипотез нет никакой необходимости исходить из теорий типа кантлапласовской; и планетозимальные теории позволяют предположить нахождение на земной поверхности термодинамических условий того же самого порядка.

К этому циклу идей подходят и предположения об образовании органических соединений, нужных организму, из неорганических путем длительной эволюции.

Но мы стоим здесь в области научных догадок, лишенных пока каких бы то ни было научных фактов, указывающих на реальную возможность их образования¹.

Поэтому мы должны в научной области оставить их без рассмотрения, хотя как раз эти идеи в последнее время, после речи физиолога Шефера в 1912 г. на съезде Британской ассоциации наук, обратили на себя внимание широких кругов образованного общества.

82. Значительно более отвечают нашему теперешнему научному миропониманию гипотезы, которые допускают, что жизнь зарождается не на Земле, а на Землю приносится извне, из космических пространств в готовом виде.

Появление первых зародышей жизни на Земле извне, конечно, может вполне объяснить отсутствие на ней самопроизвольного зарождения. Однако эта гипотеза совершенно не объясняет земной структуры, столь приспособленной для ее развития.

Эти идеи о космическом зарождении живой материи и о заражении ею Земли тесно связаны с представлениями о ее происхождении из метеоритов и о падении на Землю метеорита или космической пыли. По-видимому, они возникали не раз в связи с изучением этих явлений, хотя в литературе отражались относительно не часто. Указывают как на предшественника этих идей на Саль Гюйом де Монливо (Sales Guyom de Montlivault)², который в 1821 г. высказал идею о происхождении семян жизни из Луны, откуда производили тогда и метеориты³ (Ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 67-68).

83. Однако нельзя отрицать, что дальнейшее углубление в изучение биохимии приведет нас к нахождению столь часто искавшегося различия между живым и мертвым веществом. Но, по-видимому, оно укажет нам на различия, связанные не с причиной жизни, а с ее следствиями.

К этому осторожному отношению приводит всякого вдумывающегося натуралиста изучение истории развития мысли в этой области. И прав Дюкло (1920), когда он указывает, что в 1860-х годах после победы органического синтеза никто не мог бы представить себе зарождение новых идей в этой области, в неожиданной форме возрождающих старые, только что как будто бы побежденные представления. Он призывает к осторожности и пишет: «...когда вдумываются в эти

¹ Я оставляю в стороне другие принадлежащие к тому же типу гипотезы о развитии жизни, не стоящие на почве лапласовской или аналогичных космогоний, ибо эти представления не вошли в научное мировоззрение и не повлияли на научную мысль. Они являются поэтому пока всецело уделом философии (См. примечание на с. 100.— *Ред.*). Таковы, например, идеи Фехнера об особом космоорганическом состоянии вещества нашей планеты в то время, когда могла зародиться на ней жизнь. Впрочем, на почве фехнеровских идей стоит «теория диссоциации». «Мы не имеем точки опоры для суждения о том, каким образом, или из каких предшествующих ступеней неорганической материи могла развиваться протоплазма. Скорее еще можно было бы понять это, если бы можно было считать возможным, что на известной стадии уплотнения первичной туманности в общей вещественной основе неорганическая часть Природы отделилась от сходно устроенного с природой органического. Но при этом мы можем натолкнуться на непреодолимые, может быть, трудности» (*Раубер А.* Руководство анатомии человека, Отдел 1, СПб., 1912, с. 62).

² О нем см.: *Аррениус С.* Образование миров. М., 1909, с. 166.

³ Изучение Луны космическими средствами показало ее безжизненность. Метеориты, по современным данным, являются телами астероидального типа не связаны с Луной.

обстоятельства, возбуждается вопрос, окончательна ли достигнутая победа и различие, дважды исчезнувшее, не возобновится ли в какой-нибудь момент в новой форме, когда мы познаем факты до конца».

Эта вторая попытка нахождения резкого различия в свойствах материальной среды в живом веществе и в мертвой материи была неожиданно для всех выдвинута в 1860 г. Л. Пастером в связи с явлениями симметрии ее молекулярного строения, отличной от симметрии молекулярных группировок мертвой материи. Пастер опубликовал свои соображения поздно. Еще в 1848 г. он нашел основное явление, их оправдывающее, — разложение рацемического тела на два компонента и энантиоморфность формы этих компонентов, принадлежащих к одному и тому же кристаллическому классу. Несомненно, эти идеи бродили у Пастера уже тогда, но высказывать их он не решался. Указывают (Л. Дюкло), что Л. Пастер как верующий христианин не мог примириться с тем, что между мертвым и живым нет в основе вещества никакого различия. Очень вероятно, и почти наверное это так, мы здесь видим один из многочисленных примеров в истории науки случаев, когда только благодаря религиозному сознанию получается научное новое достижение. Мимо явления, перед которым остановилась научная мысль Пастера под влиянием его религиозных переживаний, другие проходили, ничего особого в нем не видя.

Пастер указал это различие в своеобразных свойствах вещества, создаваемого организмами, резко отличающимися его от вещества мертвой природы. Только в живых организмах создаются на нашей планете такие соединения, молекулярные структуры которых лишены элементов сложной симметрии. Очень часто, к сожалению, говорят об этих явлениях как об отсутствии симметрии. В действительности среди энантиоморфных разностей рацемических компонентов вещества без элементов симметрии представляют редкий случай. В огромном числе случаев мы имеем здесь формы, которые обладают осями симметрии, но не имеют элементов зеркальной (сложной) симметрии. Изучая тела организмов, Пастер обратил внимание на два явления: 1) что такие энантиоморфные структуры, связанные с молекулярным строением, получают разделенными только в телах, вырабатываемых организмами, и 2) что организмы обладают свойством давать неравенство двум энантиоморфным молекулярным изомерам, причем живое вещество в своей живой составной части оказывает преимущество левым изомерам. Ему сперва казалось, что даже при наших синтезах мы не можем обойтись для получения чисто левой разности без посредства организма в той или иной стадии процесса, без его участия в ней, прямого или косвенного. Это последнее условие оказалось неправильным в такой категорической форме — можно получить левые изомеры и при отсутствии в процессе их получения живой материи, но в общем это верно: в огромном большинстве случаев такое получение идет легче и быстрее при участии в нем живой материи. К тому же более тщательное изучение этих явлений показало нам, что такое преобладание антиподов одного знака не является исключительно свойственным левым антиподам. Оно свойственно или левым, или правым. Важно сохранение одного антипода — все равно какого — живой материей и свободное нахождение в нем другого. Так, в спарже находится лишь

левый аспарагин, а в сахарном тростнике — только правый тростниковый сахар, в табаке — только левый никотин, а в костях — только правый глютеин.

Но больше того, с геохимической точки зрения все обобщение Пастера по существу кажется нам правильным, не имеющим исключения. Мы должны сравнивать вещество, вырабатываемое в организмах, не с продуктами наших лабораторий, а с продуктами земной лаборатории, происходящими вне влияния живого вещества. С геохимической точки зрения все продукты лаборатории — создания человеческого сознания, т.е. неизбежно связаны с живым существом. Без него их не будет на нашей планете.

Для нас сейчас стоит вопрос, возможно ли вообще образование на нашей планете молекулярных группировок, не обладающих элементами сложной симметрии помимо живого вещества, т.е. организмов, — все равно, будет ли это какая-нибудь *Betula pana*, производящая такие соединения бессознательно, или *Homo sapiens*, ведущий процесс путем сознания.

И мы пока должны ответить на этот вопрос отрицательно, как это в другой форме делал Пастер.

Несомненно, что даже при этом условии чрезвычайно трудно обойтись в этом процессе без участия — в той или другой его стадии — непосредственного участия живого вещества, будет ли это культура *Penicillium glaucum* или другого гриба, выбирающего левые и правые изомеры, или будет это избирательная деятельность человеческого сознания, производящего такой обзор по левым и правым энантиоморфным комбинациям кристаллических многогранников.

Несомненно, сейчас только в организмах получают эти молекулярные структуры, притом так, что количество обоих «оптических» изомеров почти никогда не бывает равным, чего мы в наших синтезах без участия живого вещества не достигаем¹.

В общем даже едва ли можно отрицать, что условия химических процессов в организмах способствуют образованию левых изомеров, и прав Пастер, что возможна иная структура живого вещества, отсутствующая на нашей планете, в которой преобладают условия, благоприятные для образования правых изомеров, ибо мы не видим никаких оснований предполагать, что свойства жизненных процессов вообще препятствовали проявлению правых структур распределения атомов в пространстве.

Пастер, как известно, до конца жизни чувствовал все значение этого явления и связывал его с глубокими и своеобразными космогоническими представлениями.

84. В сущности, однако, это реальное различие живой и мертвой материи едва ли может служить каким бы то ни было препятствием для их соединения вместе в одно общее, как это приходится делать нам в геохимии, где мы имеем

¹ В наше время показано, что аминокислоты, сохранившиеся в составе скелетных тканей ископаемых организмов, в течении геологического времени подвергаются рацемации и таким образом исчезает признак различия между аминокислотами биологического и абиогенного происхождения. В результате химического синтеза в лаборатории всегда получают оптически неактивные аминокислоты.

дело с живым веществом, объединяющим и вещество, охваченное жизнью, и вещество вполне косное, мертвое.

Мы не можем утверждать, как мы только что видели, чтобы такое вещество с молекулярной структурой без элементов сложной симметрии было носителем жизни. Мы можем лишь утверждать, что такие молекулярные структуры в природных условиях получаются исключительно в организмах. Но совершенно так же мы можем утверждать, что и белки или углеводы, жиры, сахара получают в земной коре только в живом веществе или при участии живого вещества.

Это не особые формы материи, для которых жизнь является специфическим свойством, а те формы мертвой материи, которые устойчивы в среде, где царствует жизнь.

Мы пользуемся этим эмпирическим обобщением даже в такой степени, что в тех случаях в природе, где мы открываем такую молекулярную структуру, например в нефтях, мы видим в этом, как это сделали первыми Вальден и Ракузин, доказательство их происхождения из продуктов, выработанных организмами.

Ибо энантиоморфные разности в природе представляют образования, которые, по нашим господствующим научным воззрениям, по существу отличаются от рацемических компонентов.

Правый и левый кварцы, образующиеся чисто природными процессами вне всякого как будто участия живого вещества, связаны со структурой того кристаллического класса, к которому они принадлежат. Еще недавно нам казалось вполне возможным резко отличать их структуру и структуру других минералов без элементов сложной симметрии (например, киновари) от структуры, например, левой, правой, рацемической винной кислоты. Там мы видели причину этого энантиоморфного строения в химической молекуле, здесь — в минералах — в кристаллической молекуле.

Этот взгляд сейчас вызывает большие сомнения и настойчиво требует пересмотра. С одной стороны, рентгеновский свет, примененный к изучению кристаллов, вызывает сомнения в существовании кристаллических молекул. Кристалл составлен из атомов, подобно тому как составлена из атомов химическая молекула. Мы подходим к мысли, что кристаллы — по крайней мере некоторые, например алмаз, — являются сами по себе как бы целой химической молекулой, каковы бы ни были их размеры [53]¹.

С другой стороны, как будто отпадает и другое отличие, ранее выставлявшееся, — связь энантиоморфных антиподов с присутствием асимметрического атома в химической молекуле. Этому противоречит Нахождение таких антиподов Верастом в ряде хромовых, кобальтовых, радиевых, железных сложных соединений, например в хлорнокислом триэтилодиаминкобальте — $\text{Co}\{\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2\}(\text{ClO}_4)_3$.

Причину энантиоморфизма, нахождения оптических изомеров, надо, очевидно, искать в другой области, и мы можем сейчас только догадываться, что она

¹ Сейчас больших успехов достигла структурная кристаллография. Во времена написания этой работы она только начинала развитие.

лежит, может быть, в области самого атома при известных условиях его комбинирования с другими атомами.

Но идти уверенно по этому пути мы сейчас не можем. Нельзя, однако, не отметить, что среди всех природных сил мы знаем только одну, где явно проявляется отсутствие элементов сложной симметрии, — вещество организмов. Между тем, как показал в своем глубоком анализе явлений симметрии П. Кюри (мало еще обратившем на себя внимание исследователей), причина, не обладающая элементами сложной симметрии, не может вызвать следствий, ими обладающих.

Для объяснения таких структур, как кварц или киноварь, приходится или допустить влияние живого вещества через свои продукты распада, или искать в окружающей среде другие силы, связанные с энантиоморфной симметрией¹. Намеки на существование таких сил имеются в проявлении лучистой энергии. Как показал Беккерель, от водных поверхностей под влиянием земного магнетизма получаются лучи света с круговой поляризацией, неодинаково относящиеся к прохождению через антиподы, и явления электролиза в магнитном поле тоже должны быть разными для антиподов, тогда, может быть, различными должны быть и излучения Солнца. Но это все явления, которые только ярче обнаруживают наше незнание. Пока мы точно знаем одну энантиоморфно существующую в природе нашей планеты среду — живую материю.

С геохимической точки зрения, однако, нельзя отказать этим явлениям в их значении, ибо, по-видимому, появление энантиоморфных химических соединений организма связано со структурой атома, и должно быть, к тому же сводится к явлению энантиоморфных кристаллических многогранников.

Но эти отличия сейчас, при современном состоянии наших знаний, не могут выходить из области гипотез. Нельзя только отрицать, что в учении об изотопах элементов мы имеем почву для построения новых гипотез об особых системах атомов жизненной материи (Ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 150–153).

¹ Позднейшие работы (например Г.Г. Леммлейна) показали, что среднее число правых и левых кристаллов, например, кварца, в месторождении одинаково, т.е. связывается со случайными причинами и аналогично рацемической смеси их.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЖИВОЕ И МЕРТВОЕ

Еще раз об определении «живого»

85. Исходя из вечности на Земле — в пределах геологического времени — организмов, а следовательно, и живой материи, необходимо еще раз внимательно остановиться на том определении живого, которое мы кладем в основу нашего изучения.

В этом определении живого вещества в области геохимических явлений нас будут интересовать главным образом три его свойства: масса живого вещества в целом и в ее частях, т.е. вес организмов, составляющих живую материю, характер и количество химических элементов, в ее состав входящих, и свойственная живой материи и ее частям энергия.

Мы уже видели, что в состав живой материи — организма — неизбежно должны вносить заведомо безжизненную материю — трупы, отбросы, выделения, экскременты, прилегающие части воздуха, воды, почвы.

Имеем ли мы право это делать с логической точки зрения? Можем ли соединять воедино с организмами эти отбросы и остатки как нечто с живыми организмами единообразное?

Мы можем это делать только в двух случаях. Во-первых, тогда, когда различия между безжизненной материей и материей организма нет, во-вторых, тогда, когда различие между ними хотя и существует, но охватывает небольшую — ничтожную по весу — часть вещества организма в тех формах его проявления, которые имеют значение в геохимических процессах, т.е. с точки зрения его веса, энергии и состава.

Поэтому стоящий перед нами вопрос может быть поставлен иначе. Есть ли какое-нибудь существенное различие между веществом и энергией организмов и присоединяемых нами к ним в образе живого вещества частей заведомо безжизненной материи?

При изучении геохимических процессов необходимо отделить свойства, связанные с весом и составом вещества, от проявлений энергии организма, ибо проявление энергии организма не касается целого ряда химических явлений, связанных с историей химических элементов и играющих огромную роль в геохимии.

Поэтому мы можем еще более ограничить наш интерес. Есть ли в организме в достаточном количестве специальная и материальная среда — носитель жизни, — или ее совсем нет, или она составляет ничтожную по весу часть организма?

Для того чтобы пояснить значение этого вопроса, удобно взять аналогию с недавно вошедшими в научное сознание представлениями о радиоактивности. Есть ли в организме такая среда, носитель жизни, какую мы имеем в радиоактивном теле в форме радиоактивных элементов — урана, тория, радия и т.п., от которых мы не можем никакими способами отделить выявление радиоактивных свойств? Очевидно, если бы так же точно связаны были с какой-нибудь материальной частью организма жизненные свойства, мы не могли бы эти материальные части живой материи всегда соединять воедино с другими ее частями, заведомо этих свойств лишенными.

Вопрос в такой форме резко и определенно стал в науке сравнительно в недавнее время. Раньше господствовали воззрения о независимости в той или иной форме явлений жизни от материального субстрата. Прежние воззрения пришли в науку извне, развились на иной почве — философской и религиозной, получая временами лишь научную форму выражения. Для человека и высших животных они приняли форму «души», «душевных» явлений как сущности жизни, независимой от материального субстрата. Очевидно, при таком воззрении никакой необходимости самой постановки вопроса не было бы, по крайней мере для человека. Он решался отрицательно. Для животных и растений поднимался другой вопрос — тот, который долго занимал философскую, теологическую и научную мысль: обладают ли они «душой» или нет? И этот вопрос решался различно.

В этой форме уже давно — десятилетия — представления о жизни исчезли из научного кругозора. На их место стали другие построения. Одни, которые связывают жизнь с определенным веществом или комплексом веществ, считают ее, так или иначе, свойством материи. Для других представлений, вне зависимости от свойств той или иной его материальной части, организм *как целое* является проявлением жизни, и ни одна часть его вещества не обладает специальными признаками жизненности, а, изъятая из организма и химически неизменная, является идентичной по свойствам с мертвой материей.

Мы должны будем касаться здесь только вновь возникших воззрений, ибо воззрения, признающие «душу», отдельную от тела, совершенно не связывают жизнь с материальной средой организма, которая одна только изучается в геохимии. Они находятся в другой плоскости, чем изучаемые нами явления. При их наличности мы совершенно спокойно и безбоязненно могли бы соединить воедино как вещество организма, так и его остатки, имели бы и в том и в другом случае один и тот же прах.

Но при наличии в науке новых воззрений мы этого делать не можем, не выяснив вопроса о тождественности или различии мертвой материи и оживленной материи организма.

При выяснении этого вопроса мы встречаемся с трудностями двоякого рода, с одной стороны — общего теоретико-познавательного характера, с другой стороны — с трудностями, по существу связанными с характером самого явления жизненности.

86. Ибо, пытаясь различить в материальном субстрате живое от мертвого, можно поставить вопрос об этом различении двояким образом: 1) как и чем отличается живой организм от мертвого выделения земной коры и 2) есть ли в составе живого организма материя — с точки зрения массы, энергии и состава, — отличная от другой его части?

Есть два пути для ответа на эти вопросы. С одной стороны, можно подойти к их разрешению путем логическим, пытаясь дать определение жизни или *жизненности* живого организма. С другой стороны, возможно идти путем эмпирическим, пытаясь отделить в живом организме от живого те материальные его части, которые, взятые отдельно, явно не имеют признаков живого или жизненности. Оставшийся остаток будет являться «субстратом» жизни.

Я буду идти вторым путем. Ибо первый путь не есть по существу путь научного искания. Это путь философии. Ученый может идти им и должен идти им иногда, но должен при этом всегда помнить, что он идет по пути, ему чуждому. Он должен идти всегда по нему с осторожностью, до известного предела, ибо иначе этот путь логических определений научных понятий, углубления в их содержание уведет его далеко в сторону от обычной и родной ему стихии научных исканий¹.

Углубляясь в научные понятия, ученый совершает философскую работу и для правильного и свободного творчества в этой области должен обладать широким философским образованием, совершить такую работу, которая чужда его непосредственной задаче. Несомненно, бывают случаи, когда он это делает и даже когда он необходимо должен это делать для достижения непосредственных своих целей. Но это бывает редко и, мне кажется, сейчас не стоит перед исследователем живого вещества.

Пытаясь дать логически неопровержимое определение какого-нибудь научного понятия, углубиться в него, мы сталкиваемся с тем, что: 1) это понятие неразрывным образом связано со всей массой общих понятий, которыми пользуется ученый и которые изучает философия, в частности логика и теория познания, и 2) это понятие, как и всякое другое, никогда не может быть просто и неопровержимо определено в логических образах.

Мы не можем дать сейчас новых и точных научных и философских определений ни в одной области изучения природы. Все основные понятия естествознания, как, например, понятие пространства, времени, вещества, химического элемента, движения и т.д., всегда неизбежно вызывают возражение, и они заключают элемент иррационального, не поддаются точному и ясному логическому вы-

¹ В.И. Вернадский имеет в виду именно ненаучную, «классическую» философию, методология которой принципиально отличалась от методологии работы естествоиспытателя (см. Кузнецов И. В. Естествознание, философия и становление ноосферы. Послесловие к книге В. И. Вернадского «Размышления натуралиста», кн. вторая. М., «Наука», 1977, с. 175).— *Ред.*

ражению. Это не мешает им, однако, быть для нас понятными и быть объектами плодотворного и точного научного исследования, раз только они являются не абстрактными созданиями нашего ума, а определениями проявления Природы, реально существующей.

Такой характер этих понятий связан с тем, что мы никогда — ни в научной, ни в философской, ни в геологической работе — не в состоянии охватить в логических формах выражений все бесконечное разнообразие природы или какой бы то ни было ее части, т.е. охватить реально Сущее. Мы не можем это сделать — в логических образах — даже в поэтическом творчестве. Поэтому вечное наше понятие не охватывает того реально изучаемого явления, для которого оно нами создано. При углублении в это понятие мы неизбежно сталкиваемся с несовершенством нашего логического аппарата, нашего слова, и на всяком шагу будем встречаться с противоречиями между ним и реальной действительностью.

«Мысль изреченная есть ложь» — крылатые слова Тютчева в яркой и ковальной форме лучше долгих изысканий выражают это явление. Я признаю огромное значение философской работы этого рода и не отрицаю необходимости ее энергичного и последовательного проведения. Несомненно, научная работа будет пользоваться ее достижениями, и она важна для ее широкого развития. Ярким примером этого для нас может служить то значение, какое приобретает философская работа этого рода в области выяснения понятий «математика» и «физика» для математиков и натуралистов¹. Но работа эта не должна смешиваться с обычной научной работой; должна идти отдельно уже по одному тому, что она сама по себе громадна, захватывает все время, всю мысль, всего человека.

87. В обычной научной работе мы можем и должны пользоваться научными понятиями, но достаточно глубоко выявленными, если только это не создает нам затруднений. В частности, таких затруднений по отношению к явлениям жизни, различению живого и мертвого мы не встречаем или почти не встречаем.

Практически мы ошибаемся в отделении живого от мертвого в чрезвычайно исключительных и редких случаях, и обыкновенно очень просто, быстро и неопровержимо эта ошибка исправляется. Никаких неудобств отсутствие глубокого, полного определения понятия живого в научной работе не вызывает. В истории науки есть случаи, когда мелкие, микроскопические организмы принимались за тела мертвой природы или, наоборот, процессы вроде гниения и брожения считались за чисто химические, но все это частности, не имеющие значения в общей колоссальной массе наблюдений, где никаких затруднений различение живого и мертвого не представляет.

Понятие «живого» не создано наукой. Оно вошло в нее извне как создание здравого смысла, донаучного народного знания. Оно относится как раз к этой

¹ В. И. Вернадский использует здесь термин «философия», имея в виду проблемы методологии и логики основ естественных наук. — *Ред.*

области мыслей, которые наука получила извне, готовыми. Мы его принимаем, как мы это раньше делали со связанными с ним представлениями, как не подлежащую доказательству и определению аксиоматическую истину. Резкое отличие живого от мертвого является аксиомой, точно так же, как являются ею положение о существовании неразрывной связи между живым и мертвым и круговорот химических элементов в живом веществе.

Различие между живым и мертвым, существование жизни являются столь же реальными явлениями в области точного знания, какими являются пространство, время, материя¹, сила и т.д. Оно столь же мало меняется в своем научном изучении при более точном и глубоком философском определении, как мало меняется в области точного знания пользование указанными понятиями в зависимости от меняющихся и колеблющихся их философских или логических определений² [...].

Живая часть в организме

88. Оставив в стороне на этих основаниях попытки определения жизни и живого, обратимся к рассмотрению второго поставленного нами вопроса. Есть или нет в составе организма вещество различного характера, с одной стороны — носитель жизни, вещество специфически живое, с другой стороны — входящее в состав живого организма, заведомо мертвое, с точки зрения явлений жизни, ею не охваченное. При этом мы будем останавливаться главным образом на тех основных свойствах вещества, которые имеют для нас значение, — на массе вещества, его составе и его энергии.

Для того чтобы разобраться в этом вопросе, лучше всего произвести мысленно анализ организма, исключить из него все те его части, которые явно не являются носителями жизни, являются столь же «неживыми», как и всякие другие сторонние организму вещества. Эти части, хотя и принадлежат к живой материи в нашем определении этого слова, являются, по существу, столь же мертвыми формами материи, как экскременты, выделения организмов, части почвы, газов, воды, трупы, которые мы тоже причисляем к живой материи.

Для нашей цели мы можем остановиться на обычном в биологии делении организмов на многоклеточные и одноклеточные. Признавая большое значение за все усиливающейся критикой значения клетки как элемента, строящего целиком все организмы, для решения нами поставленной задачи, выводы не изменятся, если не весь многоклеточный организм будет в конце концов состоять из клеток, ибо при всех существующих воззрениях жизненные его свойства все же связаны с клетками, в состав его входящими.

Обратимся сперва к более сложным организмам — организмам многоклеточных и колоний. В их состав входит много миллионов клеток, но, кроме них, мы в этих ор-

¹ В физическом смысле.

² В век научно-технической революции человек внес ряд необратимых явлений в биосферу, и вопрос об охране окружающей среды сейчас стал одним из важнейших вопросов международного сотрудничества.

анизмах находим ряд других веществ, которые мы должны принимать во внимание, раз только для нас имеют значение вес (масса), состав и энергия организма.

Прежде всего в каждый организм входит огромное количество *воды*. Эта вода химически не связана с организмом, находится в нем в жидком, газообразном и физически связанном состоянии. Количество воды в живом организме, особенно если мы исключим такие состояния, как зерна или споры, огромно. Оно одинаково проникает в одноклеточные и многоклеточные организмы.

Для *жизни* эта вода необходима; однако мы не можем признать эту воду организма живой, как не можем признать таким вдыхаемый или выдыхаемый воздух, столь же необходимый для жизни. Принимается обычно, что количество воды в организме составляет от $\frac{2}{3}$ до $\frac{9}{10}$ веса всего его тела. Но в действительности эти указания не дают вполне верного представления о явлении. Количество воды для некоторых организмов много превышает эти пределы, особенно для водных организмов, где оно обычно превышает 98%, а для некоторых прозрачных морских животных числа превышают 99 % — доходят для *Cestus* или *Salpa pinnata* до 99,7%¹.

Может быть, некоторые из этих чисел не удовлетворяют тем требованиям, какие мы должны ставить химическому анализу, ибо вода определена не прямым путем², но в общем эти числа ясно показывают нам, какое огромное количество находится в организме вещества, которое ни в коем случае мы не можем счесть живым. В некоторых из них будет меньше 0,3% по весу такого вещества, по отношению к которому может быть поставлен вопрос, является ли оно живым. Но и наземные организмы чрезвычайно богаты водой; и по отношению к ним не может быть никакого сомнения, что главная по весу их составная часть не является живой. Для пресноводных водорослей указывается 75% воды и более³. Но эти исчисления явно не точны. Количество воды значительно больше. Огромное количество ксерофитов имеют разнообразные приспособления для удержания воды, в них находятся полости или ткани, переполненные водой. Здесь ее количество достигает максимальных размеров. В то же время гидрофиты выделяют колоссальные количества воды на своей поверхности⁴. Причем эта вода, несомненно, должна быть присоединяема к живому веществу, так как она связана с жизнью и проникнута биохимическими продуктами⁵.

Не менее обычна вода и в наземных животных, для которых она никогда не спускается ниже 60% по весу, а обычно ее гораздо больше.

Вода нередко собирается в жидком состоянии в организме, образуя в нем целые системы жидкостей, на 90-99% из нее состоящих. Таковы кровеносная, лимфатическая, «водная» системы (последняя у морских) животных, проникающие нередко сплошь весь организм, заполняющие его полости. Очевидно, эти жидкости не могут считаться отличными от обычных жидкостей; они не живые; в

¹ *Vernon H.* The Journal of Physiology, v. XIX. London, 1895, p. 18.

² Вместе с водой взвешиваются летучие составные части, газы и т. д.

³ *Schimper A. F. W.* Pflanzen-geographie auf Physiologischer Grundlage. Jena, 1898, S. 13.

⁴ *Dastre Albert* (1844—1917). La vie et la mort. Paris, 1908, p. 186.

⁵ Ср. *Radl E.* Geschichte der biologischen Theorien. Leipzig, 1909, Bd 2, S. 390.

них могут быть рассеяны отдельные обладающие жизнью клетки, но по весу эти клетки являются ничтожными, а сама жидкость столь же инертна и безжизненна, как воздух, заполняющий полости тела.

Еще более, конечно, безжизненны такие жидкости, как желудочный сок животных или пасока растений, хотя количество последней, например весной, иногда достигает огромных размеров, превышает 75% от веса дерева.

89. Очевидно, столь же мало живыми являются находящиеся в организме *газы*.

Организмы содержат огромное количество газов — воздуха, углекислоты, нахождение которых теснейшим образом связано с жизнью организма, например в планктонных организмах та углекислота или кислород, которые заполняют вакуоли и позволяют им держаться на поверхности¹. Водоросли нередко переполнены пузырями кислорода, и это количество кислорода в природе так велико, что мы должны принимать его во внимание в геохимической истории этого элемента. Если исключить деятельность человека, это — наиболее концентрированные его нахождения на земной поверхности.

Но газы наблюдаются в не меньшем количестве и в наземных растениях. Оставляя в стороне находящиеся в жидких частях организма растворенные их количества, мы наблюдаем не меньшие их массы в особых заполненных воздухом пространствах в высших растениях. Так, например, в листьях иногда по объему пространств межклеточных (занятых воздухом) больше, чем заполненных клетками. Так, в листе *Pistia texensis* Klotsch на такие межклеточные пространства приходится 71% объема, в листе банана — *Musa sapientum* — 48% и т.д.² В среднем в листе растений 21% его объема состоит из газовых пор³. Есть растения, например мангровые, содержащие специальные газовые вместилища.

Огромные количества газов проникают и все животные организмы. Внутри них есть большие полости, заполненные газами, например у рыб. Иногда кости их, например птиц, проникнуты газами. Газы в растворе в теле организма и в мельчайших выделениях — пузыри в полостях, нередко микроскопически мелкие — являются характерной чертой строения организма.

Благодаря такому строению организма мы получаем даже некоторые о нем представления, когда берем его вес, ибо мы взвешиваем только часть газов, в нем находящихся, только те, которые находятся в нем в растворе или замкнутом пространстве. Другие газы находятся в сообщении с воздухом и при взвешивании в воздухе, очевидно, не влияют на вес организма.

Однако, несомненно, во всех организмах живой материи количество таких газов весьма значительно, и в то же время едва ли можно отрицать, что эти газы,

¹ В пресноводных корненожках *Arcella Diffugia hydrostatica*, синезеленых водорослях. См.: *Воронков Н. В.* Планктон пресных вод. М., 1913, с. 6. См. числа Бишофа и Г. фон Либиха у А. Раубера (Руководство по анатомии человека. СПб., 1912, отдел 1, с. 202).

² *Unger F.* Beitrage zur Physiologie der Pflanzen. — Sitzungsberichte der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. Wien, 1854, Bd XII, S. 373.

³ *Unger F.* Beitrage zur Physiologie der Pflanzen. — Sitzungsberichte der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. Wien, 1854, Bd XII, S. 377; *Aubert.* Bevue general de botanique, 1892, t. IV, p. 276.

входящие в теснейший обмен во всех химических процессах, должны не менее воды, проникающей организм, считаться частью живой материи. И газы, и вода, хотя и часть живой материи, ничего специфически «живого» в себе не заключают.

Процесс одревеснения — старения дерева — связан с переходом камбиально-го, состоящего из клеток с плазмой и клеточным соком слоя в конце концов в деревянистый слой, причем плазма и клеточный сок исчезают из органов, и на их место становятся вода и газы. Ни деревянистая часть, ни газы, ни вода ствола или ветвей не могут считаться специфически живыми. Исключив живой камбиальный слой, мы имеем всю остальную часть древесного растения, ничем не отличающуюся от обычной неживой материи, она играет роль устойчивого скелета, в котором и органическое вещество (древесина или клетчатка)¹, и вода, и газы одинаково не вызывают необходимости признания за ними жизненных свойств. Если мы примем во внимание распространение этих образований в растении, например в очень бедном камбием *Robinia pseudoacacia*² их нахождение в коре, стволе, ветвях, корнях, мы ясно можем представить себе огромное количество заведомо неживого вещества, сосредоточенного этим путем в живом организме. Его относительное количество должно преобладать по весу не меньше того преобладания воды в живых организмах, на которые указано выше. К сожалению, я не нашел указаний, которые позволили бы выразить это преобладание неживых частей живого дерева в числах. Если ко всему этому мы примем во внимание, что в оставшейся от древесины части количество воды не менее 70% по весу, а, вероятно, более, то станет ясно, что подавляющая масса дерева ничем не отличается от обычной мертвой материи.

90. Уже принимая во внимание воду, газы, части скелета, мы видим, какое количество по весу живого организма не имеет ничего специфически жизненно-го, когда оно изучается с точки зрения свойственных ему массы, энергии, химического состава. Но на этом не кончается такое строение многоклеточного организма. Мы встречаем в нем еще огромные отложения запасных веществ, нередко чистых химических соединений, приготовленных организмом для постройки его тканей или для пищи вообще и ничем не отличающихся от тех же соединений, изготовленных в наших лабораториях, кроме как своим происхождением.

Достаточно с этой точки зрения рассмотреть строение любого яйца или зерна. В нем подавляющая по весу часть состоит из запасных веществ, химических соединений, не имеющих никаких признаков жизни. Это будут, без сомнения, неживые белки, крахмалы и т.д. Количество таких соединений нередко огромно. Очевидно, особенно в таких телах, как плоды, мы имеем ничтожное количество вещества (зародыши в зернах), относительно которого может быть сомнение, что оно обладает какими-нибудь особенными жизненными свойствами. Если мы возьмем какой-нибудь плод в скорлупе, заключающий один зародыш или обычное птичье яйцо, имеющее скорлупу, мы можем здесь иметь яркий пример того,

1 *Hartig R.* Ueber die Vertheilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Baumen, und iiber die Ursache der Wasserbewegung in transpirierenden Pflanzen, Bd 2. Berlin, 1882, S. 46.

2 На *Robinia pseudoacacia*, как очень бедную лубом, указал мне Е. Ф. Вотчал. Надо думать, что для нее количество неживого вещества будет особенно большим.

что только ничтожная часть вещества плода или яйца может считаться одаренной жизнью. Остальная часть плода или яйца состоит из веществ запасных или выделений скелета. Яркое это выражается в больших яйцах и зернах, например в яйце страуса или в кокосовом орехе. В орехе есть много клеток, но они переполнены запасными веществами, в нем сосредоточена богатая сахаром и белками жидкость, толстая деревянистая скорлупа.

Перед количеством этих веществ даже теряется та ничтожная — по весу — группа клеток, которая составляет зародыш. Но и в этом зародыше только небольшая часть веса клеток может возбуждать сомнение в смысле ее идентичности с обычными свойствами материи.

В не менее яркой форме видим мы эти явления в беспорядочных скоплениях одноклеточных организмов, которые так или иначе соединяются вместе в собрания, неправильно называемые колониями, например в серных или железных бактериях. Здесь вещество клеток составляет небольшую часть массы сгустка бактерий, а главная часть по весу состоит из вещества скелета (оболочек) или запасных. Так, в сгустках серных бактерий *Beggiatoa* внутри клеток и между клетками наблюдается огромное количество запасного вещества в форме серы. Количество такой серы временами доходит до 95% всей массы бактерий.

В весе каждого организма эти запасные вещества всегда составляют заметную большую часть, а иногда они в виде отложения сала, жиров вообще, углеводов (крахмала), белков являются преобладающими по весу частью не только в отдельных органах организмов, но и в отдельных неделимых. В организме человека обычной толщины жир весит нередко столько же, сколько весит скелет, а у полных людей мы имеем нередко количества жира, превышающие количества других частей организма. Необходимо иметь при этом в виду, что как раз жиры очень бедны водой, и необходимая для организма вода сосредоточена при этом вне жировой части организма, так что валовой процентный состав ее дает нам неверное представление о количестве воды в «живой» части организма.

Очевидно, эти вещества ничего специфически живого собой не представляют.

К ним же относится и нахождение в организме таких веществ, как сахара или некоторые минеральные вещества, как селитра, количество которых в иных случаях исчисляется многими процентами.

91. Таким образом, огромная часть многоклеточных организмов и колоний одноклеточных — в самой их элементарной форме — заведомо состоит из вещества, никаких свойств жизненности не имеющего.

Только по отношению к остающейся части живой материи, одноклеточным организмам и клеткам многоклеточных может быть разговор о каких-нибудь особенностях в свойствах и составе их вещества, отличающего их от обычной мертвой материи.

Легко убедиться, однако, что и здесь мы в огромной части их массы встречаем обычную материю, неотделимую от безжизненной материи, раньше рассмотренной.

В составе клеток мы встречаем прежде всего те же продукты, которые мы имели и раньше. Мы имеем здесь: 1) воду и другие жидкости, лишенные жизни, 2) твердые или студенистые образования, имеющие значение скелета или опоры, 3) газы и 4) выделение запасных, нужных для организма веществ.

Все эти вещества необходимо исключить из состава клеток, если мы хотим обратить внимание только на ту часть их вещества, которая может обладать особыми свойствами. В составе воды организма мы обычно изучаем и состав воды клеток. В общем это количество больше среднего количества воды в многоклеточных, по крайней мере наземных организмов. К сожалению, химический состав одноклеточных организмов нам известен недостаточно; анализов очень мало¹. Но из того, что мы знаем, мы видим колебания в количестве воды между 68-89 %. Так, плазмодий *Aethalium septicum* дает до 80-90% воды², лейкоциты человека — 88-51%³ и т.д.

Помимо воды, мы имеем в клетках и другие жидкости, сторонние их основному составу, и, хотя количественно учесть их значение мы не умеем, мы можем утверждать, что оно очень велико. Эти жидкости заполняют вакуоли, находятся в клетках в виде капель.

В растворе в веществе клеток и в форме газовых вакуолей находятся и газы, которые заполняют иногда значительную часть объема клетки. И здесь мы должны довольствоваться общим впечатлением значительности этого явления, но не можем учесть его в количественных данных.

В каждой клетке находятся студенистые или полутвердые выделения скелета. Характер их различен, иногда они состоят из тончайших нитей, иногда более сложных образований. По-видимому, и для клетки мы имеем дело с большим весом этих частей их скелета сравнительно с весом клетки, так как, очевидно, они состоят из более плотного, а может быть, и более тяжелого вещества, чем главная масса вещества клетки. Но и здесь, кроме того, что эти вещества чрезвычайно распространены и составляют заметную часть образований клетки⁴, никаких количественных данных мы не имеем.

Огромную часть содержимого клетки составляют запасные вещества. Иногда они составляют много больше 99%, например в таких клетках, где отлагается крахмал, в зернах или плодах, но и в обычной клетке эти запасные вещества самого различного характера — жиры, углеводы, сера и т.п. — должны играть огромную роль и составлять по весу значительную часть клетки.

Наконец, в клетке могут находиться остатки старой клетки, оставшиеся при ее делении, которые можно счесть отмершими, т.е. заведомо не обладающими

¹ *Reinke J. Rodewald*. Untersuchungen aus dem botanischen Laboratorium Göttingen, Bd 2, 1881; *Reinke J.* Einleitung in die theoretische Biologie. Berlin, 1901, S. 231.

² *Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Körpersäfte. Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, S. 11.

³ *Lilienfeld Leon*. Zur Chemie der Leucocyten.— Zeitschrift für Physiologische Chemie, herausgegeben von F. Hoppe-Seyler. Strassburg, 1893, Bd XVIII, S. 485.

⁴ *Heidenhaim Martin*. Plasma und Zelle. Erste Abteilungen. Allgemeine Anatomie der lebendigen Masse. Jena, 1907; *Koltzoff N.* (работу В. И. Вернадский не указал.— *Ред.*) *Gaidukow N. M.* Dunkelfeldbelichtung und Ultramikroskopie in der Biologie und in der Medizin. Jena, 1910.

жизненностью¹.

92. Включив все эти вещества, как несомненно, с одной стороны, принадлежащие к организму, а с другой — ничем не отличающиеся от обычной материи, вполне характеризующейся массой, энергией и химическим составом в наше живое вещество, в организмах останется только небольшая, иногда ничтожная, часть их веса, которая обычно называется протоплазмой или, как теперь, может быть, удобнее ее называют, клеточной плазмой — цитоплазмой.

Но и по отношению к этой клеточной плазме у нас нет никаких оснований видеть в этом веществе что-нибудь особенное и отличное, считать его целиком материальным носителем жизни в составе организма, хотя бы в том смысле, в каком радиоактивный химический элемент может считаться носителем радиоактивности в составе минерала.

Строение *цитоплазмы* очень сложное. Удобной формой его рассмотрения будет то деление ее вещества, которое дается некоторыми из новых биологов², различающих в цитоплазме биоплазму, метаплазматические и параплазматические выделения и образования. Ясно из предыдущего, что все метаплазматические³ и параплазматические⁴ выделения и образования вполне принадлежат к рассмотренным ранее частям вещества организма и никакого сомнения в смысле принадлежности к живому веществу в употребляемом здесь смысле не вызывают. Таковы их образующие выделения гликогена, аледрона, целлюлозы, зерна пигментов и т.д. Следовательно, из общей клеточной плазмы остается сомнительной только та ее часть, которая носит название биоплазмы.

Но и сама биоплазма является чрезвычайно сложным образованием, и, несомненно, большая часть ее по весу никакого отношения сама по себе к явлениям жизни не имеет. Неясно лишь значение остальной, хотя бы и небольшой по весу, ее части.

93. По отношению к биоплазме сейчас мнения исследователей разделяются довольно резко, и существуют в науке воззрения самого противоположного характера. До известной степени это одно уже служит указанием на степень нашего незнания.

Согласно одному из главных течений мысли, все вещество биоплазмы одинакового характера и как таковое не является носителем жизни. Носителем жизни является организм как целое, в одном из наиболее простых случаев — клетка, но клетка целиком, а не ее биоплазма или какое-нибудь другое вещество, в

¹ Н.Ф. Кащенко называет их некроном в отличие от трупа многоклеточного организма (Смерть и долголетие с биологической точки зрения. М., 1914, с. 23).

² См. *Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Korpersafte, Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, S. 29.

³ Метаплазматическими образованиями являются «зернышки» клеток, состоящие из продуктов изменения коллоидов протоплазмы. «Metaplasmatische Strukturen und Stoffe sind also: die intercellularen Strukturen und Stoffe der Stützgewebe, die Kittsubstanzen, die Cellulosemembranen, die intraund extracellularen Skellete, die Pigmentkornchen u. s. w.» (*Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Korpersafte. Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, Bd I, S. 30).

⁴ Параплазматическими выделениями называют вещества, изготовленные деятельностью клетки. Таковы капли жира, гликоген, зерна крахмала, клеурона и т. д. (*Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Korpersafte. Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, Bd I, S. 30).

нее входящее. Жизнь прекращается не с уничтожением какого-нибудь вещества, а с разрушением определенной структуры, организации. Для нее, несомненно, нужны вещества определенных свойств и состава но сами эти вещества не обладают жизненностью. Для нее нужны вода или кислород, или вещества, строящие биоплазму, но жизненными телами, «живыми веществами» в узком смысле этого слова эти тела не являются. Вещества биоплазмы, нужные для жизни, взятые сами по себе, столь же безжизненны, как вода, кислород, белки, жиры или углеводы. В той или иной форме к этому воззрению, одним из первых провозвестников которого был в 1860-х годах Брюкке¹, начинают склоняться очень многие из современных биологов². Существуют различные формы относящихся сюда теорий, которые имеют для нас одинаковое значение потому, что считают все вещество организма безжизненным, по существу с этой точки зрения однородным.

Несомненно, такого рода воззрения наиболее удобны для геохимического исследования живого вещества и вызывают меньше затруднений в объяснении его геологической истории.

И если бы сейчас можно было считать это воззрение научно общепринятым, то дальнейшая работа в геохимии в значительной мере упростилась бы.

Однако это не так. Существуют и противоположные воззрения. Поэтому мы должны остановиться на них и так или иначе выяснить, почему мы, несмотря на их существование, считаем возможным в дальнейшем изложении оставить их без внимания.

94. Согласно этим воззрениям, в биоплазме есть вещество, специфически отличное от обычного в том смысле, что оно является носителем жизни.

Какое это вещество, мы не знаем. Вначале предполагали, что это все вещество биоплазмы целиком, но легко убедиться, что при анализе этого представления мы неизбежно встречаемся со всеми теми затруднениями и, можно сказать, со всеми теми случаями, какие мы встретили в цитоплазме.

В составе биоплазмы³ приходится допустить существование всех тех тел, несомненно безжизненных, которые были нами найдены в цитоплазме. И все, что сказано было о них ранее, целиком может быть перенесено на биоплазму. Даже химические различия их не выяснены.

Химический состав биоплазмы известен чрезвычайно мало, несмотря на огромный научный интерес к его изучению. Имеющиеся химические анализы⁴

¹ *Brücke Ernst*. Die Elementarorganismen. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. Wien, 1861, Bd 44 (11), S. 381.

² Ср., например: *Иосиф Л.* Физиология растений. Перевод А. А. Рихтера. СПб., 1914, с. 13.

³ *Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Körpersäfte. Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, S. 29.

⁴ *Sosnowski J.* Beiträge zur Chemie der Zelle.—Centralblatt für Physiologie. Leipzig und Wien, 1899, Bd 13, N 11, S. 267; *Emmerling O.* Hydrolyse der meerleuchtinfusorien der Nordsee (*Noctiluca miliaris*).—Biochemische Zeitschrift. Berlin, 1909, Bd XVIII, S. 372; *Panzer T.* Beitrag zur Biochemie der Protozoen. Hoppe-Seyler's Zeitschrift für Physiologische Chemie. Strassburg, 1911, Bd 73, S. 109—128; *Czapek F.* Biochemie der Pflanzen, Bd 1. Jena, 1913, S. 22.

дают о ней явно неверное представление как о случайной смеси разнообразных веществ, и, очевидно, на этих результатах нельзя основываться для сколько-нибудь серьезных выводов.

К сожалению, мы не имеем даже ни одного элементарного анализа биоплазмы (так же, как и цитоплазмы), не возбуждающего серьезных сомнений.

В этой области потрачено огромное количество труда на теории и споры, небольшая часть которого, употребленная на точный анализ, сделала бы многие из теорий излишними.

Во всяком случае, значительная часть вещества биоплазмы может быть безбоязненно соединена с нашим живым веществом; она ничем реальным от него не отличается. Что же остается?

95. При решении этого вопроса мы сталкиваемся с теми изменениями воззрений на клетку, какие происходят сейчас в цитологии. Сложное явление природы — клетка далеко не отвечает тем простым построениям, какие внесены в науку теоретической мыслью. Явление, здесь наблюдаемое, гораздо более сложно, чем обычно мыслится.

Для целей этой работы нет необходимости углубляться в те новые вопросы, которые здесь сейчас возникают. Пока мы можем счесть клетку общим и окончательным предельным элементом, из которого строятся организмы, как животные, так и растительные. Для наших целей изменения взглядов в области этих явлений не будут иметь значения. Необходимо, однако, иметь в виду, что ход научной работы в этой области как будто указывает нам на сложность клетки, на то, что она не является последним элементарным морфологическим элементом организма.

Мы встречаем здесь такие образования, которые сами по себе представляют как бы независимые от всей клетки индивидуиды, несовершенные или редуцированные организмы, органеллы, как их некоторые авторы называют. Несомненно, некоторые из этих органелл являются важными элементами жизни, и на них переносили и переносят иногда искания специфического материального субстрата жизни.

Впервые в 1831 г. Браун указал на ядро клетки как на ее существенную составную часть, в 1870 г. впервые выдвинуто было значение других зернышек — пластид¹, к которым в позднейшее время было прибавлено еще несколько других, как будто индивидуализированных морфологических образований — хондриосом, хлоропластов и т.п.

Наиболее характерным и во многом загадочным явлением необходимо признать то, что, изучая эти морфологические образования, мы встретились с их независимым от других частей клетки происхождением. Для ядра оказалось несомненным, что оно происходит делением другого ядра, подобно тому как клетка образуется делением клетки. Подобно тому как *omne cellula e cellula*, пришлось признать, что и *omne nuclear e nucleo*, как нет создания клетки из составных элементов, так нет и создания из них ядра. Но когда ядро не образуется какими бы то

1 Bernard Cl. Leçons sur les phénomènes de la vie, ets. Paris, 1878, p. 194.

ни было процессами в клетке из ее вещества, оно имеет свое собственное, независимое от остальной клетки вещество. Ядро имеет такое же непрерывное существование во времени, как и сама клетка.

Это представление было перенесено и на другие морфологически обособленные части клетки — на хондриосомы, пластиды и т.д. Однако здесь мы стоим на более шаткой почве, и эти теории встречают многочисленные возражения. Доказанными они считаться не могут, а для некоторых из этих образований и совершенно сомнительны¹.

Несомненно, однако, что своеобразная структура и независимое положение этих образований, хотя бы и одних ядер в клетке, заставляют со вниманием относиться к теориям, допускающим разнородность вещества клетки, в данном случае в биоплазме, с точки зрения его жизненных свойств.

Можно различить здесь три разных типа теорий. Одни придают особый материальный жизненный характер организованным элементам клетки, главным образом ядрам. Другие выдвигают на первое место плазму, преимущественно ее белковые тела (живые белки). Наконец, третий тип теорий придает такой характер организованным элементам клеток в связи с примыкающей к ним плазмой, в сущности — биоплазме.

94². Среди морфологически обособленных частей плазмы огромное значение придают ядру, химически отличному от плазмы. Считают его вещество необходимым для жизни. Нельзя, однако, не отметить, что мы не можем считать доказанным нахождение ядра во всех клетках. Не удастся до сих пор доказать существование ядра в некоторых бактериях и близких к ним организмах. Сторонники необходимости ядра для жизни объясняют это явление тем, что прозрачная плазма бактерий — «пластид» некоторых авторов³ — сама имеет свойства вещества ядер⁴ или включает вещество ядер, которое, хотя химически отличное, морфологически не выделено в этих низших организмах⁵. Если бы это подтвердилось, пришлось бы признать, что ядро вещественно необходимо для жизни⁶ помимо протоплазмы. Но вопрос сложнее; есть ряд организмов, которые имеют не ядро, а множество ядрышек, тождественность которых с

¹ Общую критику теории преемственности этих образований см.: *Навашин С.* Принцип преемственности и новые методы в учении о клетке высших растений // Журнал русского ботанического общества при Императорской Академии наук. Пг., 1916. О хондриосомах см.: *Левшин А.* Экспериментально-цитологическое исследование взрослых листьев автотрофных растений в связи с вопросом о природе хондриосом. Саратов, 1917, с. 12, 218. Левшин отрицает морфологическую независимость хондриосом и считает их эмульсионными формами, в виде которых выделяются некоторые вещества клеток.

² Повтор нумерации. Так у автора. - Ред.

³ Об этом см. *Ружичка Владислав.* О наследственном веществе и механике наследственности. Новые идеи в биологии. Сб. № 5. СПб., 1914, с. 127.

⁴ *Hertwig O.* Allgemeine Biologie. 4. Aufl. Jena, 1912, S. 47.

⁵ Если признать нахождение во всех бактериях и плазмы и вещества ядра, то придется допустить иногда чрезвычайно малое количество плазмы. Это вытекает из указаний Гочлиха, допускающего во всех бактериях существование ядра и плазмы. См.: *Gotschlicht E.* Handbuch der pathogenen Mikroorganismen (W. Kolle und A. Wassermann). Jena, Berlin, Wien, Bd I, 1903, S. 44.

⁶ См.: *Gotschlicht E.* Handbuch der pathogenen Mikroorganismen (W. Kolle und A. Wassermann). Jena, Berlin, Wien, Ergb. II. Jena, 1909, S. 4.

ядром является до некоторой степени гипотетичной, ибо одинаковость их микрохимических реакций не может служить этому взгляду прочной основой.

Как бы то ни было, если бы даже этот взгляд был правилен и ядро в своем веществе явилось бы — одно или с плазмой — непременно носителем жизни, он не может быть применен ко всем организмам, и для организмов без ясного ядра пришлось бы искать иного носителя жизни.

Может быть, в связи с этим теория, видящая в ядре и окружающей его плазме (энергида Сакса) тот морфологический элемент, с которым связана жизнь, не получила очень большого распространения¹.

Если бы мы, однако, допустили правильность этой теории, то подавляющее количество вещества организмов отошло бы в область живой материи, изучаемой в геохимии. Лишь ничтожная по весу их часть — вес самих ядер — могла бы вызвать сомнение в принадлежности к «оживленному веществу». Но едва ли бы мы имели здесь дело со значительными количествами — вероятнее всего, даже для большого многоклеточного организма мы имели бы дело с весом, стоящим на границе нашего измерения. К сожалению, вес ядер неизвестен.

Все же несомненно, что для всех организмов мы получили бы ничтожные количества «оживленной материи», которые во множество раз были бы меньше количества атомов радиоактивных веществ, находящихся в состоянии распада.

Если бы мы даже приняли их в наше исчисление как обычную «живую материю» и стали к ней прилагать наши обычные представления о массе, энергии и составе, ошибка от этого была бы ничтожная, целиком попала в пределы наших исчислений и, очевидно, могла в нашей научной работе быть оставлена без внимания.

К тому же несомненно, что и это число было бы слишком велико. Судя по всему тому, что мы точно знаем о составе ядра, и в нем значительная часть вещества, физически его проникающая, например вода, ни в коем случае никак от остального вещества организма не может быть отделена.

Таким образом, если бы этот взгляд был правилен, то оказалось бы, что на всей поверхности земного шара находилась ничтожная по весу пленка «оживленной материи», которая производила бы все бесконечное по разнообразию и могуществу проявление жизни, порождала все организмы и создавала те грандиозные геохимические процессы, которые подлежат в дальнейшем нашему изучению.

Несомненно, очень возможно низкое строение земной поверхности. Мы сейчас не только в геологии, но и во всем мироздании научаемся оценивать значение ничтожных количеств кажущейся таковой или действительной материальной среды. Для нас и здесь величайшие эффекты производятся исчезающе малыми телами. Еще недавно мысль человека получила в этом отношении новый урок. Я говорю о радиоактивности. Ничтожное количество по весу радиоактивных веществ, находящихся в земной коре, должно производить на ней — и несомненно производит — такие эффекты, которые мы обычно привыкли относить к боль-

¹ Об энергидах см.: *Sachs J. Flora*. 1892. Об этих теориях см.: *Radl E. Geschichte der biologischen Theorien*, Bd II. Leipzig, 1909, S. 390.

шим массам материи. Не имеем ли мы чего-нибудь подобного и по отношению к веществу, охваченному жизнью?

С точки зрения наших обычных физических представлений эта «оживленная материя» имела бы свойство и характер не только материи (т.е. вещества), но и энергии. Она частью вошла бы в категорию тех «невесомых жидкостей», из которых у нас создалось представление о формах энергии. Ядра — ничтожная часть материи, — которые являются носителями жизни, имели бы в ней характер центров энергии, вроде ионов в газах или распадающихся атомов и радиоактивных элементов. Не только вес этих проявлений материи ничтожен, но связанная с ними энергия огромна, и, как мы знаем, в этих случаях изменение обычных свойств материи столь значительно, что мы видим перед собой новое явление. Несомненно, это область темная, требующая исследования, но важно отметить то, что мы, говоря об оживленном материальном субстрате, приходим к аналогии не с обычной материей, входящей в состав живого вещества, а с ничтожными, резко измененными в своих свойствах ее следами.

Еще в большей степени все это относится к тем случаям, когда вместо клеточных ядер мы будем считать проявлением жизни другие самостоятельные выделения биоплазмы — пластиды или ниже указываемые биобласты.

95. Гораздо меньше данных может быть приведено для обоснования другого представления — идеи о специфическом живом бесструктурном веществе — плазме как носителе жизни.

Это представление, имеющее корни в натурфилософских идеях прежних времен, не раз проявлялось в естествознании даже в чистом виде, без принятия во внимание ядра. Оно живо до сих пор у натуралистов, мировоззрение которых, по существу является не научным, а философским, хотя и облеченным в научную форму, например в представлениях Э. Геккеля о монадах. Бесструктурную «первобытную материю», *Ur Materie* натурфилософов, дифференциацией которой выработалась наблюдаемая нами живая материя, пытались даже искать в природе, и одно время ее думали видеть на дне океана¹. К ней так или иначе сводятся философия представления вроде космологической материи Фехнера и те воззрения, которые служат основой современным искателям самозарождения живых организмов.

Насколько можно разобраться в не очень ясных представлениях этого рода, никогда не считается оживленной сама по себе вся плазма. Из нее берется только одна ее составная часть, очень сложная по составу — белки. Принимается — без достаточных оснований, — что белки составляют видную часть плазмы по весу и что эти белки плазмы образуют живые белки, одаренные жизнью. Нельзя не отметить, однако, что белки плазмы резко от-

¹ Таков «протобатий», который был одно время открыт Гексли и оказался мертвым выделением или продуктом разрушения организмов. Историю протобатий и связанных с ним споров см.: *Hertwig O. Allgemeine Biologie. 4 Aufl. Jena, 1912, S. 263—264; Raab E. Geschichte der biologischen Theorien. Bd II. Leipzig, 1909, S. 291.*

личны от изучаемых нами более простых белковых тел¹, огромное количество которых играет роль запасных веществ организма. Вещества, дающие реакции белков, составляют нередко ничтожную часть плазмы, например в лейкоцитах всего 1,6%². Для некоторых инфузорий совсем не удалось доказать присутствие белков, или они находились в ничтожном количестве³. <...> Важны не эти отдельные случаи, а важно то, что иногда белков, химически определенных, почти не находят, когда подходят с научным изучением к цитоплазме, ее жидкой или полужидкой составной части.

На этом основании мы должны заключить, что то, что называют живым белком, является не белком, а каким-то другим, нам неизвестным телом, количество которого в плазме не установлено и может быть очень невелико⁴.

Само существование этих тел в плазме есть гипотеза, а свойства их нам неизвестны, ибо свойства, которые прежде считали характерными для живой плазмы, являются не чем иным, как свойством коллоидов, и никакого отношения к жизни не имеют. Во всяком случае, они не могут рассматриваться как проявление чего-нибудь специфически живого.

Поэтому при современном состоянии наших знаний более благоразумно оставить в стороне эту гипотезу о живых белках и признать вместе с другими исследователями, что у нас нет никаких оснований считать «белки» более живыми, легче «активируемыми», охватываемыми жизненностью, чем другие составные части плазмы⁵.

А так как подавляющая часть вещества плазмы ничем не отличается от обычного вещества, мы должны признать, что выделение из нее какой-нибудь части, в этом смысле отличающейся от остальной плазмы, есть гипотеза, еще ждущая подтверждения фактами⁶. Даже если бы выделение их когда-нибудь было сочтено правильным, можно считать несомненным, что оно захватит ничтожную по весу часть биоплазмы, ничтожную с точки зрения геохимических процессов.

¹ *Bottazzi F.* Das Cytoplasma und die Korpersäfte.— Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena, 1911, S. 11,

² *Lilienfeld Leon.* Zur Chemie der Leucocyten.— Zeitschrift für physiologische Chemie, herausgegeben von F. Hoppe-Seyler. Strassburg, 1893, Bd XVIII.

³ *Sosnowski J.* Zentralblatt für Physiologie. Leipzig und Wien, 1899, Bd XIII, N 11.

⁴ По современным представлениям синтез белков происходит в мельчайших субклеточных структурах – рибосомах. Рибосомы обнаружены в ядрах, митохондриях, цитоплазме и хлоропластах. Рибосомы состоят из белка и высокомолекулярной рибонуклеиновой кислоты РНК. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) находится в клеточном ядре, составляя основу хромосомного аппарата, она является первичным носителем наследственной информации и служит матрицей, на которой строятся молекулы РНК. Следовательно, именно на уровне рибосом осуществляются механизмы, обеспечивающие передачу наследственной информации в химическую структуру белковых молекул.

⁵ *Rubner M.* Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.— Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde. Stuttgart, 1908, Bd 66, S. 1; *Tangl F.* Allgemeine biochemische Grundlagen der Ernährung.— Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere (Carl Oppenheimer). Jena, 1909, Bd III, 2 Heft, S. 22.

⁶ Сейчас биологи отходят от этой гипотезы, очень обычной в популярных книжках. См., например, возражения у Л. Июста (Физиология растений, Перевод А. А. Рихтера. СПб., 1914, с. 12, 13).

Мы увидим в дальнейшем изложении то огромное геохимическое значение, какое имеет обмен веществ — вхождение и выхождение элементов в состав организма — в связи с процессами питания и дыхания. Для плазмы это выражается в жадности к кислороду; за счет поглощаемого кислорода идут процессы сгорания вещества плазмы. Когда-то считали это проявлением жизни. Исследования Пфлюгера, подтвержденные и расширенные в дальнейшем¹, показали, что эти процессы идут исключительно за счет сторонних, запасных, неоживленных веществ, приносимых в плазму. Сама биоплазма в составе тех ее частей, которым можно придавать жизненное значение, при этом не меняется, т.е. стоит вне того великого по своему значению непрерывного в течение жизни прохождения вещества через организмы, в котором Кювье — в форме жизненного вихря — видел основной признак жизни и которое одно имеет значение в геохимии. Только благодаря этому процессу можно говорить о влиянии живого вещества на геохимические явления, и, очевидно, та его материальная часть, которая не входит в этот процесс, не может иметь большого значения в геохимии.

В учении о белках или плазме как носителях жизни можно обратить внимание на другую сторону явления — на бесструктурность предполагаемого субстрата жизни. На эту сторону обратил в свое время внимание Гальтон², желая избежать возражений, построенных на ничтожности размеров мельчайших носителей наследственности (в теории пангенезиса) и их соизмеримости с величиной молекул, что вело к неразрешимым противоречиям. Гальтон предположил мельчайшие оживленные части бесструктурными, подобно монадам Геккеля. Но по этому поводу совершенно верным и неопровержимым является замечание одного из величайших и глубочайших физиков нашего времени — Максвелла³, что такие бесструктурные мельчайшие зернышки не могут обладать свойствами чисто материальной системы.

92⁴. Необходимо остановиться еще на одном представлении о существовании вещества специфически живого, оживленного, которое стоит в стороне от только что рассмотренных форм проявления жизни, так как связано с элементами более мелкими, чем клетка и ее морфологические выделения.

Эти представления необходимо отделить от только что рассмотренных потому, что мы здесь оставляем прочную область фактов и переходим в мир гипотетических построений. Однако эти построения основаны на допущении в клетках и в организме вообще материальных образований, отличных от других ее составных частей своей жизненностью и в общем допускающих научную проверку. Мы видели уже раньше, что и данные наблюдения заставляют признавать самостоятельные образования в клетке, и некоторым из них, как ядрам, придается особое

¹ Pfingler's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. Bonn, 1893.

² Galton F. On blood relationship — Proceedings of the Royal Society. London, June, 13, 1872.

³ «To explain differences of function and development of a germ without assuming differences of structure is, therefore, to admit, that the properties of a germ are not those of a purely material system». Maxwell J. C. The scientific papers, v, II. Ed. by D. W, Niven, Cambridge, 1890, p, 461

⁴ Повтор нумерации. Так у автора. — Ред.

значение в жизненном процессе. Цитологи открывают в самом ядре более мелкие элементы, особую структуру.

Но это все-таки видные глазом морфологические элементы. Для объяснения жизненных проявлений биологи, однако, уже давно начали искать существование невидимых морфологических элементов клеток, более мелких, чем все видимые в микроскоп, и более крупных, чем самые большие молекулы. Впервые, кажется, Ч. Дарвин для объяснения наследственности возобновил старинные представления XVIII столетия, и, хотя его идеи о «почечках» не были приняты, они открыли путь¹ для целого ряда аналогичных представлений. Мы имеем в области этих воззрений многочисленные искания, которые до сих пор не привели к очень положительным результатам, но которые заслуживают самого серьезного внимания, так как они заставляют нас критически относиться к господствующим биологическим воззрениям и указывают на существование целой области явлений за пределами еще недавно считавшейся мельчайшей формы живой организации — клетки².

Воззрения этого рода довольно разнородны³. С одной стороны, мы имеем здесь строгие наблюдения морфологов, указывающих на существование в клетке более мелких элементов, обладающих признаками жизни и в то же время до известной степени независимых в своем существовании от клетки. Очень ярко это проявляется в том представлении о самостоятельности ядер или пластид в своем генезисе, которого мне приходилось касаться раньше. Ядра и пластиды не являются предельными формами, находимыми в клетке морфологами. Мельчайшие тельца — гранулы, найденные Альтманом в биоплазме, еще мельче, и к ним могут быть отнесены признаки жизненности биоплазмы⁴. Очевидно, приняв вместо реальных и изученных ядер за материальную основу жизни хотя и видимые, но глазом не разложимые гранулы, мы придем к тем выводам, к каким пришли раньше, разве еще с большим уменьшением количества той материи, которая может быть рассматриваема как специфическая носительница жизни.

К этим представлениям примыкают другие, в которых носителями жизни, специфически живой материей являются гипотетические мельчайшие выделения оживленной материи, в той или иной форме играющие роль живых молекул или комплексов молекул. Таковы представления Негели о мицелиях и пробиях, Дарвина о почечках (*gemmae*), Де Фриза о пангенах⁵, Видлера о пласомах и т.д. Очевидно, признание нахождения в клетке — в плазме и ядре — таких мельчайших живых материальных частиц еще более уменьшает с точки зрения геохими-

¹ *Radl E.* Geschichte der biologischen Theorien in der Neuzeit, Bd II. Leipzig und Berlin, 1909, S. 387. Он считает, что они не были приняты, так как Дарвин осветил их очень грубо и примитивно, не будучи знаком — вне книг — с теорией клеток и гистологией. Едва ли, однако, правильно он связывает с теорией Дарвина другие представления, развившиеся от него вполне независимо.

² В. И. Вернадский имеет ввиду неизменность геохимических функций, которые выполняются биологически разными организмами.

³ *Radl E.* Geschichte der biologischen Theorien, Bd II. Leipzig und Berlin, 1909, S. 386.

⁴ *Altmann Richard.* Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den ZeUen. Leipzig, 1890; cp. *Hertwig O.* Allgemeine BioJogie. 4 Aufi. Jena, 1912, S. 23.

⁵ *De -J7ries Hugo.* Berichte der deutschen botanischen Geschichte. Berlin, 1900, S. 83.

ческих явлений область оживленной материи, ибо мицелии Негели или пангены Де Фриза по весу будут ничтожной частью отдельного организма и, очевидно, составленной из организмов живой материи. До сих пор, однако, эти представления о жизни, очень напоминающие взгляды Бюффона, не смогли привести к каким-нибудь реальным результатам.

93. Отдельно от этих представлений, так или иначе связанных с клеткой, должны быть поставлены представления о существовании независимых от клеток мельчайших телц, которые являются более низкой, первичной формой живой материи. Геммулы, пангены, пласомы, пробии являются как бы элементами клетки — отдельно они в природе не существуют. Иной характер носят микрозимы Бэшана¹, индивидуумы, независимые от клеток, их проникающие, переходящие в разные организмы. Они еще ближе к органическим молекулам Бюффона. Оставшиеся в стороне от широкого русла научной работы сторонники самопроизвольного зарождения направили сюда свое внимание: задачей явилось создание не клетки, а самостоятельно от нее существующего более мелкого неделимого. Бэшан пытался доказать и реальное существование микрозим в природе, их широкое в ней распространение, даже дать их анализ². Во многом эти работы основаны на ошибках и недоразумениях, но Бэшан был точный, прекрасный экспериментатор, нельзя утверждать, что в его наблюдениях все ложно, и мы видим непрерывную нить исследователей, идущих по тому же пути, может быть, не вполне безнадежному. Пока ни Бэшану, ни Бастиану, ни их сторонникам не удалось убедить противников в морфологической особенности наблюдаемых ими образований, а некоторых даже и в их принадлежности к живым организмам³. Если бы в дальнейшем ходе научного движения удалось доказать, что в каких-нибудь аналогичных мельчайших морфологических образованиях, которые могут быть искусственно получаемы в пределах живой материи и которые проникают в организмы, мы должны видеть формы оживленной материи, то все же, несомненно, оказалось, что по весу они составляют еще меньшую часть, чем, например, ядро. Ясно, что, даже если этих тел очень много в ядре, клетке, пластиде или в любом морфологическом образовании организма, их вес всех, вместе взятых, составит часть этих образований. Очевидно, с тем большей степенью все, что сказано нами по отношению к ядрам, остается верным и по отношению ко всем этим еще более мелким образованиям, реально наблюдаемым, теоретически вполне допустимым, как пангены и мицелии, или полуреальным, как микрозимы.

С геохимической точки зрения безразлично, примем или не примем мы в состав живой материи эти мельчайшие части. Во-первых, это безразлично потому,

¹ Работы Бэшана чрезвычайно многочисленны. Это был, несомненно, первоклассный химик и точный экспериментатор. Настоящего опровержения его работ я не знаю. Из его работ см.: *Bechamp A. Comptes rendus des sciences et Soc. de biologie. Paris, 1882, p. 256.*

² До 12% сухого вещества в вытяжке из 20 панкреатических желез быка (*Bechamp A. Comptes rendus des sciences et Soc. de biol. Paris, 1882, p. 259.*)

³ *Charlton Bastian Henry. The Origin of life. Being an account of experiments with certain superheated saline solutions in hermetically sealed vessels. London, 1911, p. 65. Cp. Schaefer E. Report of the British Association for the Advancement of Science. London, 1913, v. 82, p. 12.*

что они по весу составляют ничтожную надбавку к живой материи, а во-вторых, потому, что они при умирании всегда целиком в нее переходят.

94. Во всех этих научных исканиях и теоретических построениях мы видим проявление одного и того же стремления — так или иначе связать жизненность с материальным субстратом. Считается в науке, что жизнь всегда связана с материальным субстратом¹ и что без материи мы ее проявлений наблюдать не в состоянии². Огромные создания религиозного, поэтического и философского творчества, касающиеся областей человеческого ведения, где проявления жизни независимы от материи, остаются в стороне от научных исканий. Лишь отдельные ученые определенно идут против общего течения, считая иногда, как Лодж, что на их стороне будущее.

Но, оставаясь на почве связи жизни с материальным субстратом, мы видим, что научный анализ этого субстрата приводит к выводам, несогласным с обычным представлением.

Он приводит, с одной стороны, к тому, что материя, одаренная жизнью, может быть связана с материальным субстратом, составляющим небольшую, по видимому ничтожную, часть организма по весу, и в связи с этим этот оживленный материальный субстрат совсем не похож на ту материю, какую мы обычно себе представляем.

Научный анализ приводит к заключению, что если жизнь связана с материальным субстратом, то получающееся явление не входит в рамки исходных грубо материалистических (механистических. — Ред.) представлений. Мы здесь имеем дело с качественно новым явлением.

При анализе материального субстрата жизни мы в конце концов все время приходим к одному и тому же выводу, что во всех организмах без исключения лишь небольшая часть их вещества по весу может быть связана с жизненностью, а подавляющая по весу часть вещества ничем не отличимой от обычной безжизненной материи даже тогда, когда она находится внутри живого организма. А когда она выходит из организма, она всегда и целиком однотипна с живым веществом (в нашем обычном понимании. — Ред.)³.

К сожалению, мы не имеем сейчас возможности выразить этот наш вывод количественно, ибо, как мы увидим дальше, во всем дальнейшем изложении, эти вопросы не охвачены еще числом в той степени, как это необходимо в современной науке.

Но вывод несомненен: то вещество, которое может, хотя бы с маленькой долей вероятности, считаться «оживленным», является небольшой — вероятно, ничтожной — дробью по весу живой материи. Возможно, однако, что такого вещества и совсем нет.

¹ *Schaefer E.* Report of the British Association for the Advancement of Science. London, 1913, p. 6.

² Лишь отдельные натуралисты допускали возможность таких проявлений жизни. См.: *Helmholtz H.* Vortrage und Reden. Braunschweig, 1896, Bd 2, p. 90. Сравнение жизни с пламенем мы наблюдаем уже в XVII в. у Лейбница. *Карпов В. Л.* Шталь и Лейбниц.—Вопросы философии и психологии, 1912, кн. IV (114), с. 341.

³ Сейчас в многочисленных работах по структурной молекулярной биологии эти свойства находят в особенностях строения нуклеиновых кислот ДНК и РНК.

Изучая историю этого вопроса, мы ясно видим, как все уменьшается и уменьшается количество вещества, которое может считаться охваченным жизнью.

Вначале им считался весь организм, потом отдельные большие его органы. «Жизнь» совмещали то с сердцем, то с мозгом. Улучшились методы исследования, и «жизнь» стали связывать с клетками. В многоклеточном организме это были многие проценты по весу¹. Но клетки оказались слишком сложными, только части их стали приниматься оживленными и вес их исчисляться небольшой дробью всего вещества организма.

Появилось даже сомнение в том, что и эта дробь существует, т.е. явилось сомнение в существовании материального субстрата жизни.

Такой ход истории ясно указывает, что само представление о существовании особого вещества, одаренного жизнью, не вытекало из научного наблюдения, а проникало в науку извне — создано философскими спекуляциями — и постепенно научным исследованием вытеснялось из научного признания.

95. Еще ярче это выступает перед нами, когда мы перейдем к тем свойствам материального субстрата, одаренного жизнью, который можно допускать существующим, не противореча научным фактам.

В стремлении неразрывно связать с веществом жизненные явления мы в биологии имеем дело в значительной мере не только с отголосками чуждых современной науке философских воззрений, но и с отголосками проявлений научного мирозерцания, стоящего в противоречии с наукой нашего времени. Наше научное мирозерцание никогда не бывает цельным и единым, оно всегда мозаично, составлено из отдельных частей, отвечающих разным пройденным периодам развития науки. Мозаично и научное мирозерцание биологов. Между их представлениями о веществе и его свойствах и представлениями современных физиков лежит разкое противоречие. Биологи не продумали и не перенесли в область своей научной работы те совершенно новые физические представления о материи, которые в XX столетии революционизировали эту отрасль знания. Это и понятно, что они теснейшим образом связаны с историческим ходом научного мышления, с необходимой экономией научной исследовательской работы.

Но хотя это и понятно и неизбежно с точки зрения наблюдателя, историка науки, тем не менее мы не можем не считаться с этим фактом при оценке добытых биологами результатов в тех случаях, когда нам надо применять их к другой области знаний — к геохимии.

¹ К этому можно подойти, исходя из соображений другой категории, здесь не затронутой, например очень ярко это ставится в явлениях наследственности для вдумчивого исследования при обычных представлениях о «живых белках»: «...и это ничтожное количество вещества обладает способностью до мельчайших деталей регулировать отложение поступающих извне посторонних масс, которые... почти в 18000 миллионов раз тяжелее самой яйцеклетки. Таким образом, из всей массы нашего тела действительно унаследовано лишь 0,0000000056%! Каким образом этому ничтожному количеству вещества удастся руководить сложным процессом развития? Каким образом оно сохраняет свою индивидуальность, не теряется при таком колоссальном разжижении, если можно так выразиться, и снова собирается, сосредоточивается в половых клетках организма? На это мы не можем в настоящее время дать удовлетворительного ответа» (*Миэ Г. Жизнь и ее проявление. Перевод С. Нагибина и Л. Кречетовича. М., 1912, с. 193.*)

Биологи стоят сейчас на том представлении о материи, которое было правильно в XVIII-XIX столетиях, когда явления протяженности или представления о молекулах, отражающих свойства видимой и осязаемой материи, считались неизбежными. С тех пор в воззрениях науки произошел переворот, все более и более усложняющий наши представления о материи (веществе)¹. Наряду с материей выступили свойства той среды, в которой находятся материальные образования. Эти материальные образования составляют ничтожную часть среды по занимаемому ими пространству. Они сами претерпели изменение и оказались сложными системами. Учение об электронах, о распадении атомов вещества, о квантах и т.д. вносит все большее и большее изменение в представление о материи, и все больше и больше теряется та твердая почва, какую занимает биолог, когда он из наблюдаемых фактов делает вывод о связи жизненности с «материей».

Какие у него есть основания связывать ее с «материей» физиков, а не с другими построениями, одновременно с «материей» проявляющимися в изучаемом нами субстрате, представляющем обычную «материю» обыденной жизни, здравого смысла? Эта материя не есть «материя» современной науки, последняя представляет ее часть, количественно все отходящую на второй план ²<...>

96. Любопытным образом к этому же самому приводит нас и научный анализ того остатка живого организма, который на основании данных современной биологии может почитаться материей, охваченной жизнью, оживленной материей, отличной от обычной безжизненной материи. Это будут мельчайшие частицы, предел колебания которых невелик: ядро клетки, живые белки ее плазмы, мельчайшие морфологические элементы в клетке или вне клетки.

Несомненно, биологи, принимающие оживленность материи в них, вынуждены придавать этой «оживленной» материи свойства, в сильной степени отличные от обычной материи. Во всех этих представлениях, несмотря на их, как мы видели, различные происхождения, есть резко схожие черты. Очевидно, эти схожие черты не являются случайностью. Они вызваны необходимостью, созданы реальным явлением, той частью живого вещества, для которой мыслимо сохранить представление об оживленной материи, отличной от мертвой.

Общие признаки следующие: 1) размеры всех этих частей материи всегда микроскопически мелкие, и они все уменьшаются по мере того, как мы лучше их изучаем и отделяем от них материю заведомо неживленную, обычную по свойствам. Они все более приближаются по размерам к величине молекул; 2) это ничтожное по весу количество — крупинка — оживленной материи связано в единое целое, охватываемое исходящими из оживленной ничтожной крупинки силами, с веществом мертвым, количество которого, захваченное крупинками, превышает

¹ В понимании «материи» физиков XIX в.

² Это высказывание имеет исторический характер и относится к спорам о природе физической реальности, которые были характерны для начала века. В.И. Вернадский в ряде мест подчеркивает, что предмет изучения (т.е. реальность) биологов, физиков и т.д. рассматривается по-разному, хотя ими и используется один и то же термин «материя». В современном понимании термин «материя» не равнозначен термину «вещество», а отражает разные формы объективной реальности, как это и было уставновлено В.И. Лениным в работе «Материализм и эмпириокритицизм»

вес крупинок во многие тысячи, может быть, десятки и сотни тысяч раз; 3) химический состав этих крупинок чрезвычайно сложен и, если он связан с жизненностью, он отвечает составу живой материи, т.е. всегда содержит десятки химических элементов; 4) никогда эти крупинки не могут слиться в один большой комок оживленной материи, но многие десятки миллионов крупинок могут соединиться вместе, сохраняя свою индивидуальность неизменной, и составить большой комок живого вещества, в котором опять-таки оживленные крупинки материи будут по весу ничтожной частью; 5) эти крупинки состоят в теснейшем обмене с окружающей мертвой средой, вызывая в ней чрезвычайные изменения, являясь для всех происходящих в этой среде процессов могучим источником энергии, который сохраняется на неизменном уровне, пока крупинка вещества остается живой; 6) при всех этих изменениях свойства крупинки неизменны, и путем размножения они могут давать начало таким же крупинкам, и, наконец, крупинки всегда состоят из смеси веществ, отвечающих разным физическим состояниям материи.

Если мы попытаемся свести эти свойства оживленных крупинок на свойства материи, изучаемые в физике и химии, мы неизбежно придем к заключению, что эти свойства не отвечают обычной привычной материи и содержат элементы, которые отвечают не веществу, а энергии.

Подобно ионам ионизированного воздуха, катодным лучам и т.п. распадающимся радиоактивным атомам, они одновременно дают нам впечатления как материи, так и энергии. Но они еще более сложны, чем эти простые и очень отдаленные их аналоги.

Поэтому если бы оказалось когда-нибудь, что эти представления верны и что мы действительно имеем в организме дело с материей, находящейся вследствие жизни в особом состоянии, то эта материя оказалась бы обладающей особыми свойствами, резко отличающими ее от обычной материи и сближающей с некоторыми проявлениями энергии в представлении физиков и натуралистов, энтелихи у философов. Одним из самых характерных и важных их признаков *являются всегда ничтожные размеры этих комочков охваченной жизнью материи*. Мы имеем здесь дело как бы проявлением активированной материи, с которой обычная материя может сравниваться — если только она может — с большой осторожностью¹.

Но эти ничтожные размеры оживленной материи приводят нас, как мы увидим, и другим путем к тому же выводу, что свойства живого не могут определяться вещественным субстратом и что весь материальный субстрат организма целиком входит в состав живого вещества, геохимическое значение которого подлежит нашему изучению.

97. Для выяснения этого явления необходимо остановиться на анализе *размеров организмов*.

¹ Во всех позднейших, отредактированных автором работах, он подчеркивает единство материи и энергии в объективной реальности. В данном случае В. И. Вернадский подходит к понятию организованности, как новому свойству материи, которое было раскрыто и углублено в понятиях кибернетики.

Мы так свыклись с ничтожностью этих размеров в некоторых случаях, что забываем или не замечаем, насколько много в этом удивительного и необычного и какие своеобразные явления производятся благодаря этому живым веществом в земной коре.

Необходимо отметить, и мы еще встретимся с этим позже, что живая материя является тем агентом, который создает на земной поверхности такие частички, пылинки, которые являются мельчайшими возможными на ней дроблениями твердой материи. Мы не знаем сейчас на Земле другой силы, которая производила бы такое же дробление, сравнимое с ее работой. При этом живая материя действует в этом смысле безостановочно. Значение такого дробления в геохимических процессах огромно, особенно если мы обратим внимание на то, что живое вещество чрезвычайно сложно по своему составу и содержит нередко десятки химических элементов. Оно производит работу не только дробления, но и чрезвычайного смешения химических элементов. Нет ни одного химического или физического агента на земной поверхности, который производил бы на ней что-нибудь подобное. Одно нахождение на земной поверхности огромного количества твердой материи в раздробленном состоянии, в наиболее мелких — возможных для материи — размерах и в наиболее сложном составе придает всем земным химическим реакциям особый оттенок большей интенсивности, быстроты и полноты.

Но эта работа живого вещества имеет не только земное, но и космическое значение. Это дробление материи, превращение ее в тончайшую пыль, может быть не безразлично и для того процесса, связанного с пылевым обменом между планетами, которого мне уже пришлось раньше касаться и к которому я вернусь позже.

Минимальный размер организмов

98. Каковы же наименьшие размеры организмов? До сих пор нам эти размеры неизвестны с точностью, но, по-видимому, все указывает нам на то, что мы приближаемся в них к размерам молекул.

Есть ряд указаний на то, что некоторые мельчайшие организмы находятся вне разрешающей способности наших микроскопов и могут быть схвачены только ультратрамикроскопом и даже выходят за его пределы¹.

Мельчайшие размеры, видные в микроскоп, достигают приблизительно $\frac{1}{4}$ длины волны средней части видимого спектра, т.е. 0,25 мкм. Для такого объекта мы можем еще различить структуру². Но заметить мы можем еще меньший объект, размером до 0,05 мкм. Ультратрамикроскоп позволяет отмечать существование объектов между 0,25 и 0,006 мкм, т.е. передвигать еще в 10 раз дальше эту границу.

¹ *Gaidukow N.* Parasitenkunde und Infektionskrankheiten.— Zentrallblatt für Bakteriologie, 1906, Abt. (2), Bd XVI, Jena, S. 667; *Gaidukow N.* Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Aerzte, Bd. II, Leipzig, 1907, S. 266; Mollisch H. 1. c., S. 223; *Gaiducow N.* Zeitschrift für Botanik, Jena, 1908, Bd LXVI, S. 131; *Raelmann E.* Klinische Wochenschrift, Berlin (1904), 1909, S. 186; *Mackenzie J. J.* Ultramicroscopic organisms.— Transactions of the Canadian Institute, Toronto, 1905, v. VIII, N 16, p. 54.

² *Шеффер Э. А.* Жизнь, ее природа, происхождение и сохранение. М., 1913, с. 115.

Уже давно скопились наблюдения, которые позволяют считать, что среди паразитных организмов мы имеем такие, размеры которых лежат за пределами видения микроскопа и, может быть, ультрамикроскопа.

Мысль о существовании таких организмов высказывалась не раз, играла роль в теоретических построениях, например в теориях Негели. Но лишь впервые в 1897-1898 гг. Леффлер и Фрош¹ поставили вопрос на более точную базу наблюдений. С тех пор скопились многочисленные данные в этом направлении, которые, кажется мне, доказывают существование этих организмов².

Правда, сейчас в научной литературе делаются возражения против этих наблюдений. Но, обращаясь к анализу этих возражений, легко убедиться, что они основаны не на фактах, а на теоретических представлениях о характере жизненных процессов³. Для всякого, вдумывающегося в ход истории научного развития, ясно, что они являются проявлением обычного исторического процесса — нежелания принять во внимание новые открытия, грозящие разрушением давно сложившихся представлений. Это мы наблюдаем неуклонно при всяком изменении научного мировоззрения⁴.

Ибо ясно, что многие из довольно обычных представлений должны измениться, замениться новыми, когда сознание существования организмов, близких по размерам к молекулам, станет обычным среди натуралистов⁵.

Сейчас существование таких ультрамикроскопических организмов, как возбудители целого ряда болезней — желтой лихорадки, перипневмонии рогатого скота, африканской лошадиной болезни и т.д., может считаться более или менее доказанным.

Перед нами открылся целый новый мир организмов, уходящих за пределы наших ощущений. Что это за организмы? Какой их состав? Их отношение к другим классам организмов?

Мы знаем здесь очень мало, но едва ли можно сомневаться, что изучение именно этой группы тел обещает нам величайшие достижения в понимании жизни. По-

¹ *Prof. Dr. Loeffler, Prof. Dr. Frosch. Summarischer Bericht tiber die Ergebnisse der Untersuchungen der Commission zur Erforschung der Maul- und Klauenseuche.*— Deutsche Medicinische Wochenschrift. Leipzig und Berlin, 1897, N 39, S. 617; *Prof. Dr. Loeffler, Prof. Dr. Frosch. Berichte der Commission zur Erforschung der Maul- und Klauenseuche bei dem Institut fur Infektionskrankheiten in Berlin.*— Deutsche Medicinische Wochenschrift. 1898, N 5, S. 80. Centralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Jena, 1898, Bd XXIII, S. 371.

² См. обзоры *Н. Уиинского: Mackenzie J. J. Ultramicroscopie organismes.*—Transactions of the Canadian Institute. Toronto, 1905, v. VIII, N 16, p. 54. «Если существует ультрамикроскопическая жизнь, то к ней, по всей вероятности, уже неприложимо привычное нам представление о живом организме как морфологически определенном индивидууме». См.: *Миэ Г. Жизнь и ее проявления.* Перевод с изменениями и дополнениями С. Ф. Нагибина и Л. М. Кречетовича. М., 1912, с. 240.

³ См., например: *Миот Ч. С. Что такое жизнь?* Речь, прочитанная в Иене в декабре 1912 г., в которой он утверждал: «По крайней мере я признаю невероятным существование невидимых живых организмов». См.: *Шеффер Э. А. Жизнь, ее природа, происхождение и сохранение.* М., 1913, с. 115.

⁴ *Mocard E. Handbuch der pathogenen Mikroorganismen (W. Kolle und A. Wassermann).* Jena, 1903, Bd III, S. 705.

⁵ *Von Esmarch. Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten.* Jena, 1902, Bd XXXII, N 8—9; *Mackenzie J. J. Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten.* Jena, 1905, Bd VIII, S. 58.

видимому, сейчас выясняются два факта: 1) что среди этих организмов найдены только организмы паразитические, т.е. живущие за счет живого вещества. Все попытки фон Эсмарха получить сапрофитные организмы этого рода были неудачными¹; 2) между размерами бактерий и размерами этих организмов есть большой разрыв, который, вероятно, указывает на непринадлежность этих организмов к бактериям. Бактерии меняются очень сильно в длине, но чрезвычайно мало в ширине, здесь в среднем их размеры колеблются в пределах 1-1,5 мкм. Как отдельные исключительные случаи нам известны бактерии шириной максимум 2,5 мкм и минимум 0,4 мкм. Отсюда ясный скачок к ультрамикроскопическим организмам.

На этих основаниях, может быть, правы те исследователи², которые считают, что ультрамикроскопические организмы представляют не бактерии, а иную группу живой материи, может быть, близкую к животным, а не к растительным телам³.

99. Несомненно, проникновение в научное мировоззрение убеждения в существовании мельчайших организмов, которые благодаря своим размерам никогда не могут быть видимы, должно чрезвычайно отразиться на множестве наших идей и представлений. Трудно даже сейчас учесть, до какой степени оно способно изменить наше научное мышление.

Уже и сейчас начинается проникновение последствия этих представлений в научное мышление и в научную работу. Так, сторонники возможности самопроизвольного зарождения жизни указывают, что жизнь зарождается в таких ничтожных по размерам организмах, что доказательства ее существования в морфологически изучаемых формах очень затруднительны⁴.

Так как бактерии питаются этими организмами⁵, мы должны допустить, что в природе происходит «исчезание» жизни — переход живого вещества в форму, ни в каком виде не доступную зрению.

Это исчезание жизни может иногда принимать очень своеобразные формы. Точный, превосходный наблюдатель голландский ученый Бейеринк (1851-1931), изучая мозаичную болезнь табака, думал, что он открыл жидкую среду, содержащую незримые организмы, способные размножаться; облекая мысль в форме старинных представлений, открыл *contagium vivum fluidum*, способный размножаться⁶. И действительно, эти незримые организмы, близкие по размерам и молекулам, в жидкой среде должны представлять своеобразные явления. Жидкости, их содержащие, должны иметь, с одной стороны, характер разведенных растворов или псевдорастворов, и распределение в них организмов должно подчиняться, например, законам диффузии. С другой стороны, с точки зрения элементар-

¹ Mackenzie J. / Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Jena, 1905, Bd VIII, S. 58

² Mackenzie J. / Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Jena, 1905, Bd VIII, S. 58

³ В.И. Вернадский имеет ввиду вирусы, изучению особенностей которых сейчас посвящена обширная литература. Существует целая наука – вирусология.

⁴ Bastian H. The Origin of Life. London, 1911, p. 65.

⁵ F. a'Herelle. Comptes Rendus, 1917, t. CLXV, p. 373.

⁶ Ранее, в 1890-х годах, этими вопросами занимался русский ученый Д.И.Иваносвский

ного химического состава мы, несомненно, встречаемся в этом случае с очень своеобразной средой, в которой эти элементы будут сосредоточены в определенных точках — центрах — жидкой среды. Если состав их (вирусов. — Ред.) отвечает обычной живой материи, количество этих элементов, сосредоточенных в этих точках, должно быть очень велико. Вместе с тем такая жидкость должна и с энергетической точки зрения представлять особенности, для раствора необычные. Отдаленную их аналогию будет представлять ионизированная жидкость.

100. Среди всех этих следствий одно, кажется мне, заслуживает особого внимания, так как оно касается в научной форме труднейших вопросов, стоящих на границе науки и философии, и вместе с тем ставит определенные задачи научному исследованию.

Я говорю о тех следствиях, которые вытекают из того факта, что размеры этих организмов приближаются к размерам молекул или даже атомов.

Впервые в начале второй половины XIX в. научная мысль подошла к решению вопроса о размере молекул. В 1865 г. Лошмидт попытался дать отвечающее диаметру молекулы число; другими путями в 1868-1870 гг. та же задача была выражена в числах Стонеем и Томсоном. Эти работы положили основание нашим современным представлениям и мало изменились в течение последующих блестящих десятилетий роста наших представлений о материи¹. Мы должны теперь только считаться с тем, что молекулы и даже атомы являются огромными телами по сравнению с новыми объектами научных исканий — электронами, корпускулами, зарядами и т.п. Мы здесь остановимся только на молекулах.

Несомненно, что порядок величины молекул, как он определяется физиками, идентичен или близок с порядком, определяющим величину мельчайших организмов.

Диаметр мельчайших организмов меньше 0,006 мкм (предел видимости в ульт-рамикроскопе). Размеры молекул по наиболее правдоподобным исчислениям колеблются в пределах от 0,0005 до 0,002 мкм. *Из этого сопоставления ясно, что мельчайшие организмы должны совпадать по величине с молекулами.*

Отсюда вытекает ряд следствий величайшей важности. Уже Максвелл², ничего не знавший о жизни, недоступной зрению, поставил вопрос о том, сколько «органических» молекул может находиться в мельчайшем организме, объем которого он определял в 0,25 мкм, принимая во внимание, что половина этого организма состоит из воды, которая, по его мнению, очевидно, должна быть отделена от органических молекул. По его исчислениям, в таком объеме должно находиться 60-100 млн атомов кислорода или азота, а так как в каждой органической молекуле содержится не менее 50 атомов, в таком организме не может быть много больше 1 млн органических молекул. Очевидно, при таком небольшом числе молекул такой простой организм ни в коем случае не может быть снабжен какими-нибудь органами.

¹ Ср. *Maxwell J. C. The scientific papers. Ed. by D. W. Niven. Cambridge, 1890, v. II, p. 460.* Интересно проследить рост наших представлений о величине молекул после работ Лошмидта, Стонея и Томсона.

² *Maxwell J. C. The scientific papers. Ed. by D. W. Niven. Cambridge, 1890, v. II, p. 461.*

Этот последний вывод Максвелла в настоящее время, после открытия недоступных зрению организмов или даже бактерий, диаметр которых значительно меньше 0,25-0,1 мкм, требует такой поправки, которая делает его еще более значительным.

Но в вывод Максвелла необходимо внести и другие две поправки: 1) количество воды в организмах никогда не бывает ниже 60 %, а обычно 75 % и доходит до 99,7 %. Следовательно, предполагаемое Максвеллом количество ее, равное 50%, очевидно, должно быть значительно увеличено; 2) помимо воды, большая часть организма всегда состоит из столь же безжизненных частей, как и вода, хотя бы они состояли и из органических соединений.

Оставив пока в стороне эту вторую поправку, примем величину незримого организма в 0,005 мкм (не видную в ультрамикроскоп) и количество воды в 75%. В таком случае числа Максвелла для такого организма, несомненно, очень далекого от предела жизни, будут: если мы подсчитаем количество атомов диаметров 0,0005 мкм, которые могут заключаться в кубе (0,005 мкс³) объема, мы получим всего 1000 атомов кислорода или азота. Если же мы примем во внимание, что, как допускал и Максвелл, в каждой молекуле заключается не меньше 50 атомов, то, очевидно, такой организм, еще не самый простейший, может заключать всего около 20 молекул. Из этих 20 молекул только часть может в нем существовать, так как $\frac{3}{4}$ по весу его состоят из воды, следовательно, останется едва 5 молекул органических соединений. Из этих 5 молекул огромное большинство, как уже мы видели раньше, никоим образом не могут быть признаны одаренными жизнью. Мы подходим, таким образом, к тому, что вопрос может идти лишь об одной или немногих молекулах, одаренных жизнью в организме. Это тем более возможно, что в этих исчислениях я принял меньший, а не больший предел для величины атома — 0,0005 мкм, а не 0,0025 мкм. Если же взять 0,0025 мкм, то вывод получится гораздо более резкий.

101. Как объяснить получаемый вывод и на что он указывает? Несомненно, логический анализ легко укажет несколько слабых мест такого исчисления. Прежде всего возможно, что величины атомов несовместимы с величинами молекул. То, что получается в физике, есть величина молекулы, а не атома. Но для такой цели это не имеет значения, ибо ясно, что в очень многих случаях атомы и молекулы совпадают, и, во всяком случае, молекула состоит из ограниченного числа атомов. Ничего нового не внесет, таким образом, в основной результат незначительного количества молекул, составляющих простейший организм.

Возможно было бы и другое предположение, что те числа, какие даются для величины молекул или атомов, преувеличены. Однако мы не можем найти в этих опытах таких указаний, которые позволяли бы думать, что вносимая поправка изменит в заметной степени порядок этих чисел.

Так или иначе, мы вынуждены принять положение, что величина мельчайшего организма, существование которого нам приходится допустить из наблюдений природных явлений, соизмерима с величиной молекул: по порядку числа с их величиной тождественна или близка.

Отсюда, мне кажется, следует с еще большей степенью достоверности и яркости тот вывод, который сделал 40 лет назад К. Максвелл: жизнь не может быть всецело

связана с материальным субстратом, и, если есть оживленный материальный субстрат, отличный от обычной материи, он по весу составляет ничтожную часть организма.

Но при таком сопоставлении молекул и мельчайших организмов перед нами выступает другой вопрос, на значение которого я указывал раньше. Наше знание о материи всецело основано на изучении сходств совокупности молекул. Переносить полученные этим путем свойства на свойства одной молекулы (или атома) мы не имеем научных оснований.

Одна молекула или атом или небольшое их количество не только могут, но и должны обладать такими свойствами, которых мы не наблюдаем в изучаемой нами материальной среде, составленной из большого их количества.

Этот же вывод мы можем всецело приложить и к оживленной материальной среде организма, раз только она составлена из небольшого количества атомов или молекул.

102. Этот вывод сохраняется во всей своей полноте и в том случае, если мы ограничимся в своих суждениях только видимыми в микроскоп или ультрамикроскоп организмами, в существовании которых никто не сомневается, например организмами, диаметр которых приближается к 0,006-0,01 мкм.

Наименьшими видимыми вполне развитыми организмами являются *бактерии*. Наименьшими из них, точно изученными, являются бациллы лифмоснезы длиной около 0,5 мкм и шириной 0,2 мкм и один из микрококков, описанный Кохом (0,15 мкм диаметром)¹. По-видимому, еще меньше величина спирилл, которые при тысячном увеличении оказываются толщиной в волос² и видны только благодаря своей длине и характерной винтообразной форме. По Шаудину, *Spirochaeta pallida* имеет ширину неизмеримо тонкую, и в самых толстых экземплярах она не доходит до 0,25 мкм. Есть измерения фон Эсмарха в 0,1 мкм для одной из спирохет.

К величине бактерий подходит величина некоторых животных организмов из *Protozoa*, по крайней мере в величине своих спор.

Если мы линейные размеры этих организмов переведем в объемы, то получим ничтожные размеры тел. Средний объем клеток человеческого тела исчисляется в 0,000008 (т.е. $8 \cdot 10^{-6}$ куб.мм. Объем бактерий будет еще меньше. Для микрококка, описанного Кохом, этот объем будет равен $8 \cdot 10^{-19}$ куб.мм! И в этом ничтожном кусочке вещества, несомненно, только небольшая его часть может считаться состоящей из материи с особыми свойствами, если мы захотим признать существование особой жизненной материи. Очевидно, эти количества материи будут ничтожными, тогда как главная составная часть вещества организмов не обладает никакими особенными жизненными свойствами. Несомненно, не менее 75-85% по весу их состоит из воды, из остальных же 25-15% тоже большая часть будет приходиться, как мы видим, на газы, жидкости, оболочки, запасные вещества и т.д., едва ли много процентов (1-2), может быть, и того меньше, по весу бактерии можно отнести к этой предполагаемой оживленной материи. Мы, очевидно, подходим этим путем к размерам молекул твердых тел, особенно

¹ Gotschlich E. Handbuch der pathogenen Mikroorganismen (W. Kolle und A. Wassermann). Jena, 1903, Bd 1, S. 33.

² Gotschlich E. Handbuch der pathogenen Mikroorganismen (W. Kolle und A. Wassermann). Jena, 1903, Bd 1, S. 35.

к большим молекулам сложных органических соединений. К тому же эти живые молекулы должны были бы одновременно отличаться от обычных молекул тем, что они являются не только индивидами вещества, но и своеобразными центрами энергии, и в то же время по химическому и физическому составу быть гораздо более сложными. Оставляя пока эту сторону вопроса, необходимо отметить, что допущение в бактериях особых материальных частей, отличных по свойствам от остальной материи, входящей в их состав, неизбежно приводит к заключению, что эти части выходят за пределы возможностей микроскопа, т.е. приближаются к ультрамикроскопическим организмам.

103. Еще резче, может быть, приходится прийти к этому же заключению, если обратиться к той стадии самостоятельного существования организма, какую представляют семена, споры, яйца и живчики организмов. Их размеры и вес так малы, что они выходят за пределы зрения, хотя есть все основания допускать наличие в них особых по свойствам веществ.

Правда, в спорах и семенах значительно меньше воды, чем в обычной клетке, но зато они — а равно яйца и живчики — переполнены запасными веществами, составляющими иногда более 90% их по весу.

Семена, яйца, живчики и споры больше бактерий. Однако среди них есть такие тела, которые приближаются к ним по размерам.

Среди спор растений наименьшими являются, кажется, споры пикнидий некоторых грибов. Из них, кажется, наименьшими являются споры *Phyllosticta*. Для *Phyllosticta fourrodes* Sacc, мы имеем длину 1-1,5 мкм, ширину 0,5-1 мкм, для *Phyllosticta libertiana* Sacc. — длину 1-1,6 мкм, ширину 0,7-1 мкм, для *Oospora perpusilla* Sacc. — споры диаметром 0,7-1,5 мкм.

Среди животных организмов очень малы споры некоторых *Microsporidia* из *Protozoa*; так, ширина споры *Nosema bombicis* 1,5-2 мкм при длине 3 мкм, *Nosema lophius* тоже имеет ширину 1,5 мкм (3,5 мкм длины). Очень вероятно, что здесь не достигнут еще предел, а есть споры еще меньшие.

Очевидно, и здесь, если существует особая оживленная материя, она будет выходить за пределы наших микроскопов. Ибо в спорах заключается огромное количество запасных — явно неживленных — веществ, и зародыш составляет ничтожную часть их веса.

Для семян есть попытки исчисления их веса. Мы получаем этим путем ничтожные массы вещества. Так, для рододендронов — *Rhododendron* — 0,0056 мкг, для семян одной из орхидей 0,002 мкг, для грушанки одноцветной 0,004 мкг. Едва ли это минимальные числа, а между тем в этом веществе, может быть, какая-нибудь сотая часть вещества по весу может возбуждать сомнение с точки зрения ее принадлежности к обычной материи. Мы подходим здесь к весу наиболее тяжелых больших молекул, к миллионным долям миллиграмма: для орхидей 2×10^{-5} мг.

К тем же пределам мы подойдем и в животных организмах. Вес яйцеклетки человека исчисляется в 0,0042 мкг. Мы знаем, что и в ней большая часть ее вещества состоит из запасных веществ. Какая часть принадлежит к той биоплазме, по отношению к которой может быть поставлен вопрос о ее оживленности? А яйцеклетка человека далеко не наименьшая из яйцеклеток животных! (Ф. 518, оп.1, д. 49, л. 72-106).

ГЛАВА ПЯТАЯ

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ В ГЕОХИМИИ

Неразрывная связь живого и мертвого

104. Точно так же, как отделяют резкой гранью человечество от прочей живой материи, нередко отделяют всю живую материю, составляющие ее организмы, от окружающей среды. Забывают, что с мертвой материей — средой — организм связан *неразрывно*. Можно отделить его только мысленно. Отделив мысленно организмы от окружающей среды и не принимая ее во внимание, мы изучаем организмы в совершенно абстрактной, не отвечающей действительности обстановке. При таком отделении мы изучаем не природный организм, а абстракцию, часть организма, мысленно поставленную в невозможное в природе положение¹.

Забывается принцип неразрывной связи живого и мертвого — та неразрывная, ни на секунду не прекращающаяся связь, которая существует между организмом и внешней средой, в которой живет организм — жизненный вихрь материи, на который указывал Кювье, тот вихрь, который проносит химические элементы среды через организм — одни из них оставляет, другие возвращает во внешнюю среду. Организм составляет неразрывную часть земной коры, есть ее порождение, часть ее химического механизма, через который проходят во время жизненного процесса химические элементы. Лишь в исключительных случаях, в спорах и зернах, во время анабиоза и т.п. ослабляется или прекращается связь живого организма и некоторых стадий его развития с внешней средой, но тогда организм являет для нас все признаки не жизни, а смерти, в данном случае мнимой.

Неведомая нам до сих пор в своей основе «жизнь» регулирует «жизненный вихрь» материи, проходящей через организм. Она меняет для вещества, для всех входящих в организм и строящих его химических элементов условия их химических равновесий. Живая материя является совершенно особой химической областью в химии земной коры. В ней все химические явления меняются, создаются

¹ К. Маркс в одном из ранних произведений писал: «Впоследствии естествознание будет охватывать науку о человеке, подобно тому, как наука о человеке будет охватывать естествознание, обе станут одним, будет одна наука». (Маркс. К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. М., Госполитиздат, 1956, с.596.)

многие сотни тысяч (надо думать миллионы) разнообразных, нигде в других условиях на земном шаре неведомых химических соединений, могущих существовать совместно только в живом веществе, однако лишь при одном условии — при его неразрывной материальной и энергетической связи с внешней космической средой.

В живой материи, в каждой ее клетке, в мельчайших ее неделимых, даже в соизмеримых по размерам с длиной световых волн, идет постоянный молекулярный обмен химических атомов и отдельные химические соединения постоянно в ней возрождаются, исправляются, т.е. в них идет вихрь сменяющих друг друга химических атомов.

Смерть вносит прекращение этого движения и быстрое разрушение при жизни существующих соединений. Это резкое влияние смерти было правильно подчеркнуто Шталем, как то чудо, которого мы не замечаем, потому что мы к нему привыкли. Он пытался лишить его этого особого положения, ввести его в рамки научной работы, создавая понятие жизненной силы, судьба которой в истории науки не отвечала ее идейному генезису. С состоянием смерти в живой материи, в химических ее процессах наступают новые условия. Но связь с внешней средой не прекращается. Созданные в живой среде химические соединения распадаются, медленно переходят в устойчивые формы коры выветривания. Химические элементы дают новые соединения — минералы, количество которых исчисляется не сотнями тысяч и миллионами, а немногими тысячами.

Эти природные соединения мертвой природы немедленно вновь охватываются живым веществом, и их элементы снова попадают в жизненный вихрь. Идет непрерывный круговой процесс.

Ясно, что организм есть часть большого механизма — земной коры, неразрывно и теснейшим образом с ним связанная.

Если мы тем не менее в биологических науках изучаем организм отдельно от среды, забываем об этой связи и постоянно идем в науке этим путем, то это вызывается не только удобствами научной работы, экономией научной мысли, но и тем, что аксиома о неразрывной связи живого и мертвого в земной коре достигнута и входит в науку извне, не является результатом научного наблюдения, опыта и обобщения.

Если, однако, мы должны это делать без особенно вредных последствий в большом количестве биологических изысканий, мы не можем резко отделять организм от окружающей его мертвой среды в геохимии. Объект изучения биологии — живое вещество — должен быть изучаем в тесной и неразрывной связи с некоторым количеством вещества внешней среды, необходимого для жизни, не дозволяющего наступления смерти, ибо иначе изменятся подлежащие изучению химические процессы.

В живом веществе необходимо охватить не только организм, но и ту часть окружающей его и связанной с ним мертвой материи, внешней среды, которая, безусловно, необходима для жизни организма в определенный короткий промежуток времени и которая геохимически неотделима от организма, участвует во всех его химических реакциях, ими определяется и изменяется в своем составе.

105. Очень трудно определить, какая часть мертвой среды неизбежно этим путем входит в живое вещество и должна быть принята для изучения его как составная часть. Во всяком случае, ясно, что надо принять в состав живой материи: 1) те газы, которые должны находиться в организме в данный определенный промежуток времени для того, чтобы организм мог существовать, был живым; 2) то количество пищи, которое в среднем находится в его областях в данный момент (под пищей приходится понимать и те вещества, которые при этих процессах только проходят через организм, но им не усваиваются, например ту землю, которая проходит через пищеварительный аппарат червей или гусениц). Эта пища, земля и т.п. непременно должны присчитываться к весу организма как часть живой материи, ибо без них живой организм не может существовать; 3) то же самое должно быть принимаемо по отношению к водным организмам. Необходимо принимать во внимание то количество жидкости, воды данного состава и данных физических свойств, которое связано с организмом для того, чтобы он мог в данный промежуток времени существовать.

Во всех этих случаях мы, конечно, вносим в наши рассуждения некоторый условный элемент — ограничиваем это стороннее организму вещество тем его количеством, которое необходимо для поддержания жизни в течение очень короткого времени — периода нашего изучения. Мы увидим позже, что есть известный промежуток времени, имеющий биологическое значение, который может быть нами признан исходным. Но все же наша единица времени будет несколько условна. Но эта условность неизбежна. В конце концов общая сумма организмов, живая материя, полученная этим путем, будет представлять нечто весьма определенное. По весу она будет превышать вес организмов на совершенно определенную величину, связанную с жизнедеятельностью организмов, т.е. с геохимическим их эффектом. Тот добавок, который получается этим путем, определяется характером и интенсивностью их жизнедеятельности: их жадностью к пище, силой их дыхания, емкостью тела организмов для газа и воздуха, величиной их поверхности, смачиваемой водой, и т.д. Все безжизненное вещество, которое этим путем прибавляется к организмам, теснейшим образом связано с живой материей всеми своими химическими процессами и с геохимической точки зрения от организма неотделимо.

106. Через эту часть безжизненной материи, которую мы включаем в состав живого вещества, ближайшую к организму, организм поддерживает теснейший обмен и связь со всем его окружающим, с безжизненной мертвой средой.

Но связь с этой средой на этом не кончается. Организм не только извлекает из безжизненной среды все элементы своего вещества, разрушая и изменяя мертвые ее соединения, он после смерти и даже в течение жизни постоянно возвращает в эту внешнюю среду взятое из нее вещество.

Мы имеем здесь выделения организма разного рода — газы дыхания, пот, запахи, экскременты, мочу и т.д. Эти выделения постоянно идут, теснейшим образом связаны с химическими процессами, идущими в организмах, и не менее тесно связаны с окружающей организм внешней средой. Куда мы должны относить эти вещества, к живой — в нашем смысле материи или мертвой?

Несомненно, при взвешивании организмов мы всегда в организме взвешиваем некоторое количество этих выделений, и нет организма, где бы их уже не было. Эта их часть, несомненно, для нас совершенно неотделима от живой материи.

Но и остальная часть выделений, безусловно, должна быть причислена к живой материи, так как она по своему происхождению с ней связана, ею выделяется в окружающую безжизненную среду, несет в себе соединения, выработанные в организме, и энергию, им собранную, без организма эти образования на Земле не существуют.

Эти выделения, таким образом, хотя и лишенные жизни, мертвые, теснейшим образом быстро смешивающиеся с мертвой материей, должны быть нами причисляемы к живой материи¹. Мы будем рассматривать их как ее часть.

Мы увидим, что этот вывод, который на первый взгляд кажется странным, имеет все основания еще и потому, что эти остатки немедленно утилизируются новыми живыми организмами, нередко проникнуты ими насквозь и потому неотделимы для нас от живой материи в тесном смысле этого слова. В них не зарождается жизнь самопроизвольно, как некогда думали, но жизнь находит в них среду, чрезвычайно благоприятную для развития ее представителей. И это не является случайностью.

107. На этом, однако, область живого вещества не заканчивается. К нему должны быть причислены и все отмершие и потерянные организмами части их тела — ветви, опавшая листва, куски кожи, невидный, но постоянно теряемый слой эпителия покровов, шерсть, пух и т.д. — все то, что случайно или закономерно отпадает от организма в течение его жизни. У огромного количества животных мы имеем приспособление для линьки, для смены кожи, у растений — листопад. Количество вещества, этим путем выделяемого, превышает нередко в конце концов вес организма. Эти все части медленно умирают, постепенно переходят в части трупов. Они несут соединения и энергию живого вещества, им выработаны, им вносятся в мертвую среду. И хотя они скоро перестают быть живыми, быстро или медленно переходят в обычные тела безжизненной природы, они по своему происхождению и идущим в них химическим реакциям ей чужды и не могут быть причислены прямо без оговорок в мертвую безжизненную природу. Придет время, их вещество перейдет в ее соединения, но, если мы хотим учесть геохимическое значение живого вещества в земной коре, мы прежде всего должны определить в ней его массу и энергию. Масса же и энергия этих отпавших частей организмов принадлежат к живому веществу. К тому же все эти части организмов немедленно заполняются жизнью, новыми спорофитами — организмами, которые на них поселяются, их перерабатывают и их изменяют.

То, что верно относительно отмерших частей организмов, в той же самой степени верно и по отношению к самим организмам после их отмирания, к их трупам. Эти трупы — по тем же соображениям — должны быть причислены к живой материи.

В этом утверждении нет никакого противоречия или, вернее, есть только противоречие словесное. Если бы мы не захотели идти по тому логическому пути,

¹ Обычно и более точно В.И. Вернадский называет ее «живое вещество»

по какому сейчас шел я, мы все равно причислили бы все эти трупы и все эти отмершие части к живой материи. Ибо они всегда — в среднем — насыщены разнообразными организмами, до конца использующими находящиеся в них соединения для жизни. В среднем масса и энергия всех этих организмов в конце концов будут равны массе и энергии трупов и отмерших частей. Лишь небольшая, может быть, постоянная часть их ими не используется.

Таким образом, мы включаем в живое вещество: 1) все живые организмы, животные и растительные, в том числе и все человечество, существующие в данный момент, 2) всю ту часть вещества окружающей их среды — жидкой, твердой или газообразной, которая, безусловно, необходима для сохранения ими жизни в короткий, но определенный промежуток времени наблюдения (к определению которого я вернусь ниже), 3) все выделения организмов, находящиеся вне организмов в земной коре в тот же промежуток времени, 4) все отмершие и отмирающие их части, находящиеся в тот же промежуток времени вне их, и, наконец, 5) все трупы организмов и их остатки, находящиеся в тот же промежуток времени на земной поверхности. Мы будем всех их считать одинаковым проявлением массы, состава и энергии живого — а не мертвого — вещества.

108. При таком понимании живого вещества необходимо рассмотреть некоторые биологические явления, которые не могут быть оставлены нами без внимания.

Эти явления связаны с чрезвычайно резким изменением в организмах в известных стадиях их жизни тех функций, которые являются исходными в нашей характеристике живого вещества, — функций дыхания, питания, выделений организмов и т.д.

Это выражается, во-первых, в резких различиях в интенсивности проявления данных жизненных функций и, во-вторых, в резком изменении благодаря этому самого живого вещества для одного и того же вида организмов на разных стадиях их жизни.

Это связано с тем, что мы среди организмов встречаем такие состояния, которые свойственны отдельным их группам, когда всякие внешние проявления жизни замирают или же чрезвычайно ослабляются. В обыкновенном зерне или споре растений мы имеем яркий пример первого рода, названный Клодом Бернаром «*vie latente*». Зерно или спора являются живыми, но могут неопределенно долгое время, по-видимому иногда многие столетия, находиться в замкнутом состоянии, вне всякого вещественного обмена с окружающим. Их геохимическое значение в этом случае ничем не отличается от остальной мертвой материи, от которой их не отделяют и некоторые современные натуралисты-философы.

109. Во всех этих случаях мы встречаемся с чрезвычайным изменением интенсивности жизни одного и того же организма в связи с изменением среды или стадий его развития. При таких больших колебаниях делается очень трудным для некоторых Организмов, а иногда и для группы организмов точно исчислить отвечающее им живое вещество. Понятие видового живого вещества, т.е. живого вещества, отвечающего данному виду, является слишком колеблющимся и сложным, не вполне однородным как раз с точки зрения тех явлений, которые имеют значение в геохимии, т.е. тех сторон жизни организмов, которые влияют на изменение внешней среды. Очевидно, масса, состав, энергия организма в стадии ана-

биоза или в сухом состоянии резко отличаются от состава, веса и энергии того же организма в стадии полного его проявления в окружающем. Состав, вес и энергия деревьев нашего леса зимой и летом резко различны. Когда же надо брать их для получения необходимых нам данных для построения живого вещества?

Очевидно, раз мы включаем все такие состояния в живое вещество, мы должны так его учитывать, чтобы оно охватило жизнь организма во всем его целом. <...> Очевидно, они должны понижать общую энергию видового живого вещества, причем это понижение сказывается в резко сезонном изменении количества живого вещества для птиц, гнездящихся один раз в год. Точно так же для целого ряда организмов отвечающее им живое вещество резко меняется в течение того или иного цикла времени. Оно меняется, например, для организмов, характеризующихся смесью поколений (или метаморфозом) в течение одного года или многих лет, меняется для нашей растительности зимой и летом, для многих растений в зависимости от влажности и т.д. Полное представление о живом веществе этих организмов мы получим, лишь измеряя и изучая его на долгом промежутке его изменений, при разных условиях внешней среды. В случайный по отношению к их биологии, всегда небольшой промежуток времени мы получим для них колеблющиеся различные числа. Однако ясно, что это не будут действительно случайные числа.

Эти изменения, несомненно, закономерны. Как мы увидим дальше, они связаны со многими очень любопытными соотношениями явлений жизни, которые мы скорее можем наметить, чем разрешить. Но все они еще сильнее и ярче подчеркивают нам основной принцип — принцип непрерывной связи живого и мертвого, всепроникающей в жизнь в самых разнообразных и глубоких ее проявлениях.

Такая неразрывная связь живого и мертвого отвечает извечному наблюдению и народному опыту¹ (Ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 19-27).

*«Nothing in this world is single,
All things by a law divine
In one another's being mingle.»
Shelley²*

Определение живого вещества (Разное понимание термина «живое вещество»)

110. Мы уже видели, что в геохимических явлениях приходится иметь дело не с отдельным организмом, а с их совокупностью.

Во всем дальнейшем изложении я буду называть *живым веществом* совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы, составляющие совокупность, будут являться *элементами живого вещества*. Мы будем

¹ Сейчас принято избегать слова «расы» в связи с изуверским использованием этого термина фашиствующими расистами. Его заменяют словом «сорт», «порода», которые как синоним употребляет В.И. Вернадский.

² «Ничто в этом мире не разъединено./ Каждая вещь божественным законом/ Переходит одна в другую»/ Шелли

при этом обращать внимание не на все свойства живого вещества, а только на те, которые связаны с его массой (весом), химическим составом и энергией. В таком употреблении «живое вещество» является новым понятием в науке. Однако я для него сознательно не пользуюсь новым термином, а употребляю старый — «живое вещество», придавая ему не совсем обычное, строго определенное содержание.

Несомненно, есть неудобства в употреблении старого термина в определенном новом значении, ибо оно может вводить в недоумение.

Однако введение нового термина, нового неологизма, мне представляется еще менее удобным.

Науки, особенно биологические, переполнены неологизмами, в конце концов приводящими не к проявлению понимания явлений, но к их затемнению. Создавая новый термин наряду с ранее существующими, мы тем самым оставляем в стороне работу над углублением и уточнением в понимании старых терминов. К тому же, к сожалению, история науки показывает нам, что всякий неологизм, подобно всем другим научным терминам, скоро теряет свою ясность, становится различным в понимании разных исследователей и, не вытесняя окончательно старого термина, создает новые проблемы, нередко чисто логического, а не реального значения. Ввиду того, что термины в науках о природе не вытесняют старого, следует очень осторожно вводить их в науку и делать это только тогда, когда нельзя использовать существующий термин. Как раз в данном случае среди различных пониманий старинного термина «живое вещество» есть такие особенности, которые делают его очень удобным в тех проблемах, которые рассматриваются в этом трактате. Термины «живое вещество», «живая материя» и аналогичные «органическая материя» ученых начала XIX в. или «организованная материя» ученых XX в. не есть что-нибудь определенное. Они разными лицами и в разные времена понимаются различно. Общего согласия в употреблении этих терминов нет и не было. Оставляя в стороне оттенки, можно заметить два главных понимания этого термина.

Во-первых, под именем живого вещества (материи) подразумевают вещество, обладающее жизнью как некоторым ему присущим свойством, подобно тому как говорят о радиоактивном веществе, весомерном веществе и т.п. Такое понимание термина вещества было введено в науку и в научное мировоззрение материалистическими философскими концепциями Мира в XVIII столетии и одно время было господствующим представлением и в научном употреблении этого понятия.

В философской литературе боролся в конце XVIII столетия, в самом начале XIX в., исходя из этих представлений, против термина «живое вещество» Кант, который пытался подойти к критике этого понятия логическим путем, указывая на противоречие понятий «живого» и «материи», для которой он принимал наиболее характерным признаком «инерцию», т.е., в сущности, безжизненность. Однако все такие логические возражения, очевидно, не могут иметь значения, так как и сами понятия «материи» и «инерции» не являются чем-то прочным. Для нас сейчас воззрения Канта на материю и инерцию являются во многом противоположными пониманию этих явлений в науке. Поэтому и противоречия между

кантовскими о них представлениями и загадочным — и для современной науки, и для Канта — явлением жизни, живого теряют для нас какое бы то ни было убедительное значение. Возможно, что таких противоречий не будет, раз только мы возьмем какие-нибудь иные, не кантовские понимания материи современной физики и инерции современных механиков и философов.

К тому же уже во время Канта термин «живая материя» подводился философской и научной мыслью и к другой концепции, чем та, которая легла в основу представлений Канта в связи с иным представлением о материи.

Этот термин понимался так, что его могли употреблять и употребляли не только материалисты, но и их философские противники — виталисты. Живая материя в этих представлениях также могла рассматриваться как особая разновидность материи, подобно, например, современной идее материи радиоактивной.

Так, мы видим своеобразное понимание живой материи, входящей в эту категорию логических представлений, в понимании живого и жизни у Бюффона, приближающегося к лейбницевоу представлению о монадах и отличавшего организованные молекулы, строящие живое, от обычных молекул, строящих мертвое.

Очевидно, для живой материи Бюффона жизнь являлась ее свойством, так же как радиоактивность является свойством радиоактивных веществ, атомы которых находятся в состоянии своеобразного независящего от внешней среды распада.

В XIX в. в той или иной форме принимали такую живую материю наряду с материалистами такие виталисты, как, например, Рейль, очень известный в свое время ученый-врач и натурфилософ (1759-1813) («жизненная материя» — *lebendiges Stoff*), или еще более крупный физиолог И. Мюллер. Мюллер употреблял название «органическая материя», а не живая материя, но по существу эти термины идентичны.

В этих представлениях виталистов и материалистов и примыкающих к этим философским концепциям ученых мы видим по существу одно и то же понимание живого как проявления материи, ибо и признание существования особой жизненной силы у виталистов отнюдь не противоречит такому рассмотрению жизни. Жизненная сила может быть в известных случаях столь же свойственна материи, как какая-нибудь молекулярная сила. Виталисты этого типа принимали гипотезу жизненной силы лишь благодаря их сознанию, что известные другие силы, проявляющиеся в безжизненной материи, недостаточны для объяснения жизни и живого. Из изучения истории идей даже ясно, что генезис ряда виталистических воззрений связан именно с таким пониманием жизненной силы, а не с анимизмом стиля, как это считают некоторые, и что, например, многие французские виталисты-медики конца XVIII — начала XIX столетия являются яркими выразителями именно такого своеобразного материалистического представления о жизни.

Несомненно, что было бы ошибкой употреблять термин «живое вещество» в том смысле, какой вводится мной в область моих исследований, если бы все разнообразие его понимания указанного только что характера были действительно и сейчас живыми и активными в научном сознании. Ибо живая материя, как она выражается в геохимических процессах, никоим образом не может быть сведена

к этим представлениям. Но мне кажется, что такие понимания являются сейчас замирающими остатками прошлого в современном научном мировоззрении. Ученые все более и более от них отходят, и отходят быстро. Едва ли кто сейчас будет толковать о живом белке, как это еще недавно было в большом ходу. Сейчас представления о жизни как свойстве некоторых форм материи¹, неразрывно и теснейшим образом с ними связанном, проявляются главным образом в популярной научной, философской и публицистической литературе, обычно всегда некоторое время идущей по пути, оставленному живым научным творчеством. Их отголоски и переживания мы наблюдаем и в некоторых философских системах, имеющих еще своих верующих. В науке мы редко видим их серьезных защитников в XX столетии. Только среди физиологов и зоологов-экспериментаторов, например Леба, мы наблюдаем живой пережиток этих воззрений, но и здесь область его приложения постепенно сжимается, и в то же самое время их представление о живой материи усложняется и более или менее ясно сливается с господствующими сейчас в науке агностическими представлениями о жизни как организованности.

В конце XIX столетия по анкете Кюне почти все физиологи являлись сторонниками физико-химического понимания явлений жизни, иное представляли натуралисты. Прошедшие с тех пор двадцать с лишком лет, несомненно, изменили в значительной мере и представления физиологов. Но даже и при замирании этих представлений, при их окончательном отходе, термин «живое вещество» останется в науке. Ибо «живая материя» имеет издавна и другой смысл. Живой материей давно называется вообще материя, охваченная жизнью, причем совершенно не предreshается вопрос о том, явится ли загадочная нам жизнь особым свойством этой материи, новой формой энергии или каким-то особым проявлением в мироздании — не материей и не энергией, а, например, энтелехией Дриша и его последователей. Живой материей мы будем называть ту материю, которая включена в тело организма и которая благодаря этому изменена в тех химико-физических процессах, которые служат ее проявлением. В этом смысле употребляют нередко название живой материи — *matière vivante* — философы, химики и биологи, как, например, Дюкло или Готье, воспитанные в кругу идей французской культуры, и такие философы с широким охватом биологии, как Ле Дантек или Бергсон.

Ученые и философы, обращающие особое внимание на морфологические проявления живой природы, обычно не пользуются этим термином, а выдвигают такие, в которых на первое место выступает автономия или морфология организма.

Для таких ученых, т.е. для большинства биологов, такое употребление термина «живое вещество» кажется чуждым и неудобным. Совсем иное значение он получает в глазах геохимика.

Имея дело в геохимии с химическими и физическими процессами, нам важно изучать именно новые проявления материи, которые существуют в ней тогда, когда она захватывается организмами, но не важны свойства самих животных

¹ Ясное представление о том, что жизнь — не свойство, а «способ существования белковых тел», было сформулировано Ф. Энгельсом (Диалектика природы. 1С. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20. М. Издательство политической литературы, 1961, с. 616). — Ред.

организмов. Поэтому нам мало дают те понимания живого и жизни, которые в последнее время заменяют старые материалистические представления о живом как свойстве материи. В 1860-х годах Брюкке выдвинул как характерный признак живого организованность. Брюкке не ввел в науку что-нибудь новое. Он вновь восстановил в памяти современников старые представления, обычные среди философов и натуралистов конца XVIII — начала XIX столетия. Мы встречаемся с ясным выявлением этого понимания в натурфилософских трактатах Шеллинга и Ламарка. Уже в 1818 г. Шопенгауэр абсурдом считал положение, что «*gohe Materie lebt*»¹, ибо жизнь обозначает быть организованным (*Organisch sein*).

Представления Брюкке не сразу повлияли на современников, но с последней четверти XIX столетия мы видим неуклонное, все более полное проникновение их в научную среду. И в настоящее время они являются господствующими в биологии.

В сущности, в это понимание жизни, точно так же, как в рассматриваемом понимании живого вещества, не внесено ясного указания на характер явлений, с ней связанных. Одинаковым образом сюда могут быть включены и неовиталистические течения (Рейнке, Дриш), признающие в жизненных явлениях проявление новых форм сущностей, отличных от физико-химических сил, и течения физико-химического характера, принимающие эту организованность как проявление новых форм энергии (Оствальд), новых молекулярных сил (Леманн) или комбинаций, уже известных нам и в мертвой материи физико-химических сил. Здесь выдвигается главным образом морфологический признак, первостепенный и почти исключаящий другие признаки в современной биологии.

Оба эти представления о жизни как об определенном образом организованном явлении в природе и о живой материи (в указанном смысле) не содержат никаких гипотез о жизни и далеки от ее объяснения. Они дают лишь описание явления. Это ясно для термина «живая материя», но часто забывается для термина «организованность». Несомненно, такое положение может держаться в науке только временно. Мы должны будем связать их, в частности «организованность», с общими учениями о материи и об энергетике в том или ином ее проявлении, с которыми сейчас они никак не объединены, ибо мы не можем остановить нашу мысль на искусственной границе, которая создается какими бы то ни было проявлениями агностицизма — убеждениями, которые одно время блестяще выразил Дюбуа Реймон в своих «*Ignorabimus*». Мысль человека никогда не остановится ни на том понятии живого вещества, которое мы кладем в основу нашей работы, ни на том представлении о жизни как об организованности, которое получает сейчас такое широкое проявление в биологии. Она будет искать научного объяснения, которого нет в этих терминах.

Но для каждой работы такие далекие от объяснений определения в известные периоды ее развития представляют большие удобства, ибо они избавляют научную мысль от метафизических построений и в то же время позволяют координировать научный материал в удобные для научного охвата рамки. Сейчас,

¹ Живет сырая (неоформленная) материя (нем.) — *Ред.*

мне кажется, мы переживаем как раз такой период в истории мысли в биологических науках. Как здоровая реакция против проникновения в них метафизических концепций могут быть рассматриваемы эти неопределенные и не заключающие гипотез представления о живом, как живой материи в указанном смысле или организованности. Из этих двух исследований — одинаково временных — в геохимии можно выбрать только первое.

Геохимик изучает жизнь и живое не с точки зрения их автономности, связанных с этим функций и форм, он изучает лишь то вещество (и связанную с ним энергию), которое в химии Земли входит в круг проявления живого. В термине, им употребляемом, он отказаться от вещества не может. Употребляя термин «живое вещество» в указанном смысле и сводя его на массу, состав и энергию, мы увидим, что этот термин совершенно недостаточен для целого ряда основных научных вопросов и будет требовать поправок и изменения лишь при переходе к таким проявлениям живого, которые выявляют нам какие-то неизвестные для нас в мертвой природе свойства. С такими свойствами мы встретимся только в некоторых определенных случаях, наименее сейчас изученных в геохимии. Таковы, например, вопросы, связанные с влиянием сознания человека на геохимические процессы, к которым я вернусь ниже.

<...> При современном состоянии наших знаний в этой области мы не можем, однако, пользоваться ими для создания новых биологических концепций, но, исходя из определеннрго понимания «живой материи», будем вносить поправки, когда оно окажется недостаточным.

111. Живое вещество бывает *разнородное и однородное*. Разнородным живым веществом будем называть то, которое состоит из организмов разных видов или рас. Однородное живое вещество будет состоять из организмов одного и того же вида или расы.

В геохимии нет надобности идти дальше вида и принимать во внимание однородные живые вещества более обширных частей организованного мира, например роды, семейства и т.д.

Ибо по характеру явлений, наблюдаемых в геохимии, родовое однородное живое вещество не имеет никакого значения, так как понятие рода, не говоря уже о более широких представлениях о семействах, подсемействах, классах, порядках и т.п., захватывает слишком различные части живого вещества, обычно совершенно не связанные между собой в природных условиях. Идя этим путем, мы стали бы искусственно соединять воедино то, что в природе разъединено. Так, в очень многих случаях множество видов одного и того же рода никогда не наблюдаются вместе, одновременно, в одном месте, так как всегда принадлежат к разным фаунам или флорам, в которых они заменяют друг друга. Различие между видами, составляющими род, должно быть чрезвычайно велико и химически, ибо весьма вероятно, что виды отличаются весьма резко по своему химическому составу, как это мы можем видеть даже и сейчас, например для разных видов *Viola*, *Helix* и т.п.

Неделимые рода в значительной мере ничем не связаны между собой, если мы возьмем неделимые разных видов. В лучшем случае, если род установлен пра-

вильно, мы имеем в нем совокупность особей, предки которых когда-то, в былое время, составляли генетически одно целое. Ясно отсюда, что, объединяя вместе неделимые разных видов в одну совокупность, в одно целое, мы не получили бы никакого представления о реальном явлении в природе с точки зрения изучаемых нами явлений, а только бы затемнили область нашего изучения. Только относительно редко — в переменных сгущениях живого вещества — в стаях и стадах организмов имели мы природные естественные совокупности особей одного и того же рода, но и в этих случаях из многих видов объединяются немногие, не все, и одновременно существуют такие же разнородные стада или стада, в которые входят особи разных родов.

Род является для нас, таким образом, с точки зрения геохимических процессов понятием более логического, чем реального, характера. Но даже и с логической точки зрения однородность рода может возбудить сомнения. Так, неясна его однородность генетически. Виды палеонтологические в геологическом времени рисуются нам сейчас в виде параллельных линий, уходящих вглубь, а не в виде расходящихся от одного корня ветвей. Полифилитическое происхождение организмов имеет за собой сейчас в воззрениях натуралистов широкую почву фактов. Явления конвергенции видовых рядов могут приводить независимые генетические линии видов к одному нашему понятию рода. И хотя это отрицается или сильно ограничивается одними палеонтологами, например Деперэ, оно принимается как широко возможное другими, например Штейнманом. Если даже допустить, что Штейнман преувеличивал такую разнородность рода, например, в группе аммонитов, где он видел ее широкое проявление, необходимо иметь в виду, что даже такие палеонтологи, как Деперэ, очень сомневаясь в этом, допускают возможность этого явления для более простых организмов — для бактерий, радиолярий, фораминифер.

Все углубляющиеся и несходящиеся ряды предков организмов, прослеженные в глубь геологического времени, и полифилитическая структура палеонтологических родов делают такую возможность чрезвычайно вероятной. Поэтому, несомненно, безопаснее для научной работы оставить в стороне родовые однородные живые вещества и еще более широкие совокупности живых организмов.

И мы будем называть однородным живым веществом только совокупность организмов одного и того же вида (видовое однородное живое вещество) или расы (расовое однородное живое вещество). Все более крупные совокупности будут являться разнородными живыми веществами. Все сгущения и разрежения живого вещества, все растительные формации и сообщества, и биоценозы представляют такого рода разнородные живые вещества.

112. Останавливаясь на видах и на расах как на основах живого вещества, необходимо считаться с состоянием наших знаний в этой области биологии. Как всюду в естествознании, когда дело касается основных представлений, мы и здесь не имеем ничего прочного и незыблемого. Мы не имеем их даже в таких более простых и несравненно более разработанных созданиях человеческого гения, каким является, например, механика. Под именем вида и расы понимают совершенно различное и в то же время, помимо них, создают целый ряд разнообразнейших

концепций, которые имеют общим то, что они охватывают меньшую сумму предметов, чем вид или раса, в том употреблении этих слов, каким я здесь пользуюсь, являются их подразделениями.

Я, конечно, не имею возможности сколько-нибудь углубляться в эту область человеческих исканий, но мне необходимо для того, чтобы была ясна та точка зрения, из которой я исхожу, вкратце выяснить, какие из концепций и течений, существующих в науке, необходимо принять во внимание, раз мы подходим к ним не с биологической, но с геохимической точки зрения, когда изучаем воздействие организмов на окружающую мертвую природу.

В основу всего дальнейшего изложения я буду ставить видовое и расовое живое вещество, причем для вида можно пользоваться обычным употреблением этого понятия, но понятие расы приходится определять точнее. К сожалению, расой называют различные вещи; это слово по-другому употребляют и в технике и в науке. Во всем дальнейшем изложении я буду употреблять это понятие в том смысле, как его употребляют зоотехники и прикладные ботаники. Под именем рас мы будем подразумевать культурные расы домашних животных и возделываемых растений, созданные человеком.

Видовое однородное живое вещество создано без вмешательства человека; расовое однородное живое вещество является результатом человеческой культуры. Мы увидим в дальнейшем, что такое различие имеет в геохимии большие и очень глубокие основания. Было бы очень хорошо, если бы биологи пришли к какому-нибудь определенному решению в связи с употреблением различно ими понимаемых «рас» и заменили их другими синонимами — например, подвид (*subspecies*), введенный Бэтсом в 1861 г.

Отделение — по возможности резкое — расы от вида совпадает с тем течением в этой области, которое начинает проявляться в последнее время и начало которого, мне кажется, положено идеями академика С.И. Коржинского. Коржинский, кажется, первым подчеркнул в 1892 г. для различения вариаций организмов значение генезиса вариаций и под именем probes объединил все вариации, в генезисе которых преобладающую роль играет географический фактор. По этому пути идут и такие точные биологи, как Иордане и А.П. Семёнов-Тян-Шанский.

То, что они подразумевают под географическим фактором, есть лишь скрытое выражение для старинного представления об экономии живой природы, взятой целиком для всей поверхности земного шара. Мы увидим позже, что в основе всех геохимических воззрений лежит то же представление. Виды, по этим идеям, произошли в результате воздействия всех сил природы на живую материю, и, очевидно, в них ясно проявляется географически различный характер вызываемых ими процессов. Совершенно другие типы изменений будут представлять расы в том понимании этого термина, который здесь употребляется. Они входят в отдел морф А.П. Семенова-Тян-Шанского, если мы объединим под этим именем крупные изменения не географического характера.

Оставляя пока в стороне расовое живое вещество и обращаясь к видовому, мы должны здесь различать в известных случаях более узкие его разновидности.

Необходимо отметить, что здесь мы имеем область представлений, относительно которой далеко нет согласия между биологами. Сравнивая две, наиболее, кажется мне, глубокие, попытки разобраться в этих явлениях, разделенные промежутком в 50 лет, — попытку Агассиса в 1859 г. и А.П. Семенова-Тян-Шанского в 1910 г., мы увидим, что явлениям геохимического характера наименее противоречит представление Агассиса. Как известно, эта попытка знаменитого и оригинального натуралиста, рьяного противника дарвинизма, встретила в свое время, в эпоху торжества дарвинизма, суровую и едва ли исторически оправданную критику. Форма изложения Агассиса, тесно связанная с его религиозно-философскими представлениями, раздражая его противников, не позволила им оценить ее глубокое научное содержание. Но это раздражение связано было тоже не с научными выводами, а с религиозно-философскими представлениями эволюционистов. Любопытно, что в течение хода истории идей, которая протекала со времени выхода в свет трактата Агассиса, новые попытки, расширяющие и углубляющие понятие о виде, вроде идей о биологических видах или расах, элементарных видах и т.п., целиком входят в категорию представлений Агассиса.

Эти представления более удобны и для геохимии, чем представления о видах А.П. Семенова-Тян-Шанского, так как А.П. Семенов-Тян-Шанский ставит необходимым условием видového понятия существование структурно-морфологических различий, тогда как Агассис наравне с ними берет все те более или менее постоянные различия, какие существуют между группами организмов на основании их физиологии, инстинкта и т.п.

Мы уже видели, что морфология организма отходит для нас вообще на второе место и нас интересуют не морфологические, а биохимические различия между организмами. Связывать их исключительно со структурно-морфологическими мы не имеем никаких оснований, и в то же время нет никаких научных данных для того, чтобы придавать структурно-морфологическим различиям между группами организмов большое значение, чем другим постоянным в тех же пределах свойствам организмов.

К тому же самый термин — «структурно-морфологический» — обычно понимается очень грубо. Принимают во внимание те различия, какие по исторической рутине и по практическим соображениям удобства научной работы вошли в жизнь при работе систематиков, — различия, видные глазом, в форме органов и частей организма. В структурно-морфологических разностях не принимаются, например, во внимание гистологические различия, которыми некоторые исследователи пытались подтвердить существование физиологических или биологических видов.

Точно так же не может лечь в основу геохимических представлений метод оценки более мелких, чем вид, групп организмов по их потомству, который все более проникает старую, основанную на морфологии систематику, особенно растений, под влиянием генетики. Он не может быть для нас путеводной нитью потому, что для геохимии не важна наследственная передача признаков, если только эти признаки повторяются при совершенно определенных условиях. Не важно, связано или не связано определенное изменение состава растительного организма

с таким глубоким его изменением, что оно переходит от поколения к поколению, даже если поддерживающие его внешние условия исчезли, важны биохимические изменения, идущие в это время в растении и в связанной с ним среде. Пачоский, сейчас один из самых глубоких знатоков нашей степной растительности, описывает две вариации *Agropyron repens*, встречающиеся в подах (блюдах) южно-русских степей Херсонщины. Этот пырей дает две разные формы в засушливые годы и в годы влажные, когда вода в низинах застаивается. Различия между этими растениями «столь значительны, что обе крайние формы могли бы быть приняты за различные виды, если бы судить об этом пришлось на основании одного морфологического анализа крайних вариантов». Но эти формы легко могут быть получаемы искусственно, по желанию, из одного и того же корневища, в зависимости от условий жизни, каким мы его подвергаем. Биологически эти формы идентичны, геохимически они должны быть отличаемы — являются своеобразной экологической разностью, так как каждой из них отвечает свое, по-видимому, различное живое вещество, связанное с совершенно определенным морфологическим изменением формы. Едва ли можно сомневаться, хотя еще в этом и необходимо убедиться, что каждой форме отвечает свой химический состав, свой вес и своя энергия и химический эффект каждого пырея в засушливое и влажное время различен. Эти модификации — реакции на условия среды — по геохимическому эффекту совершенно отвечают двум различным разновидностям вида, двум элементарным видам.

А так как такие пыреи дают чистые заросли, мы должны учитывать отдельно их геохимический эффект. С геохимической точки зрения эти комплексы тела разные, даже если ботаник-систематик, как в данном случае, сохраняет за ними одно название.

Мы имеем здесь случай биологических разностей, тесно связанных с изменением химического состава, с которым мы встречались и раньше, например в химически изученных Вебером листовенницах и буке. Несомненно, в геохимии это разные живые вещества.

113. Принимая все это во внимание, мы не будем закрывать глаза на критерии различия видов, основанные на любых признаках, в том числе и на структурно-морфологические, и по возможности будем стремиться выделить отвечающее этим разностям живое вещество, причем наибольшее значение приобретут в геохимии далеко не те разности, которые сейчас кажутся наиболее важными с биологической точки зрения.

Значение вида выдвинуто Линнеем, который указал на сложность и неоднородность рода. Эмпирически и традиционно вековой работой выделены некоторые признаки вида, которые и до сих пор кладутся в основу наших о них представлений. Традиционно установленный линеевский вид и до сих пор господствует в науке, хотя в последнее время все увеличиваются попытки замены его другими понятиями. Но заменить его пока явно не удается.

Несомненно, однако, что линеевский вид есть понятие сложное, он состоит из неделимых, связанных между собой генетически, которые распадаются на

отдельные — меньшие, чем вид, — группы организмов, связь между которыми более тесная, чем для элементов вида.

В связи с таким строением линнеевского вида в этой области идет огромная научная работа. Работа эта развивается в двух направлениях; с одной стороны, идет теоретическая работа мысли, пытающаяся охватить теорией наблюдаемые процессы, с другой — точное наблюдение, связанное с экспериментом, раскрывает нам все более и более сложную картину явления.

С геохимической точки зрения можно оставить в стороне все многочисленные теоретические построения. Теории явления они еще не дали и в лучшем случае являются более или менее удобными рабочими гипотезами. Они всегда построены — при всех своих различиях — на основаниях, которые мало помогают разбираться в тех сложных явлениях, какие мы наблюдаем в геохимических процессах, будут ли они основываться на данных генетики или на законах Случая.

Но совершенно другое значение имеют данные наблюдения и опыта, которые вне всякого объяснения указывают нам на сложность линнеевского вида.

Мы должны отличить среди наблюдаемых различий такие, которые имеют большое геохимическое значение, и такие, которые слабо отражаются в этой области явлений, но совершенно ясно, что живое вещество, отвечающее всякой разности, реально существующей, будет различно.

Среди этих разностей наибольшее значение будут иметь те, которые резко выделяются в природе, дают механические смеси живой материи, в которых преобладают однородные организмы. Это будут скопления чистых зарослей растений, однородных скоплений животных.

Оценивая с этой точки зрения морфологические разности вида, мы убеждаемся, в малом геохимическом значении как раз тех более мелких таксономических единиц, которые теперь особенно интересуют биологов. Биолога интересуют главным образом такие разности, происхождение которых связано с глубокими изменениями явлений наследственности, которые позволяют сейчас подходить к тем законностям, которые изучаются в новой науке — генетике. Эта сторона вопроса мало интересует геохимика.

Среди морфологических разностей для геохимика наибольшее значение имеют разновидности, или правильные подвиды (иногда называемые географическими расами и т.п.). Это будут такие части линнеевского вида — подвиды, которые связаны с географическими ареалами и экологическими условиями местности, морфологически нередко резко различные. Такие подвиды мы наблюдаем на каждом шагу. Сейчас даже с морфологической точки зрения выделена лишь небольшая их часть. Ярким примером происходящей здесь работы является то изменение, какое происходит на наших глазах в систематике млекопитающих, одной из наиболее точно — и, казалось, полно — обследованных групп живого вещества. Здесь быстро растет количество таких подвидов в связи с теми небольшими, но прочными изменениями, какие наблюдаются среди видов, ареал распространения которых сильно разросся, например среди близких млекопитающих Европы и Америки. Геохимически такие подвиды имеют то же значение, как и виды, и

отвечающее им однородное живое вещество должно быть тщательно отличаемо от видового живого вещества.

Такого рода подвиды среди растений называются некоторыми современными систематиками, например Пачоским, видами и оказываются не менее распространенными, чем среди млекопитающих. Их же все больше различают и другие систематики, например энтомологи. К сожалению, все же как раз в этой области очень мало делается биологами.

Внимание биологов направлено гораздо больше в другую область разностей линнеевского вида, более дробных, чем подвиды, — в область так называемых элементарных видов и чистых линий. Нельзя сомневаться, что здесь мы имеем мелкие единицы, реально существующие в природе, на которые распадается почти каждый, а может быть даже каждый, вид или подвид.

Первые установленные в 1875 г. Жорданом элементарные виды, несомненно, являются наиболее чистыми морфологическими единицами, сейчас наблюдаемыми на земной поверхности. И вид, и подвид, из них составленные, несомненно, морфологически неоднородны. Эти наблюдения и опыты Жордана оказали влияние на научную мысль лишь через несколько десятилетий после их опубликования. Мы теперь переживаем их влияние. Сейчас для аллогамных растений, несомненно, элементарные виды — а не виды или подвиды — являются морфологическими характерными единицами. Для самоопыляющихся растений такими будут установленные Иогансеном чистые линии, Представляющие своеобразный случай элементарных видов Жордана. При принятии во внимание элементарных видов и чистых линий количество видов чрезвычайно увеличивается. Уже Жордан для одной *Draba verna* L. различил около 200 элементарных видов, из коих 50 произрастают около Лиона. Выводы Жордана об устойчивости этих многочисленных элементарных видов были подтверждены работами других экспериментаторов и не могут возбуждать сомнения. Сейчас элементарные виды опытным и наблюдательным путем установлены для многих линнеевских видов — *Viola Tricolor* L., *Hordeum distichum* и т.п. Широко поставленные опыты над древесными растениями, долгие годы производимые Серд- жентом в Северной Америке, дали в этом отношении поразительные результаты. Для *Crataegus* из Galli констатировано 128 элементарных видов, резко определенных. Нельзя сомневаться, что очень много, может быть большинство, видов являются сборными и сложными.

Эти явления свойственны не только высшим растениям. Они могут быть перенесены и в область животного мира. Этим путем миллионные количества видов организмов, существующие в природе, увеличиваются, может быть, во много десятков раз, и в связи с этим усложняется работа геохимика.

Вместо двойной номенклатуры Линнея вводится тройная номенклатура современных морфологов.

Она удобна в том смысле, что позволяет уменьшать количество создаваемых видов и в целом ряде вопросов объединять элементарные виды с тройной номенклатурой в линнеевские с двойной. Это мы видим и во многих вопросах геохимии.

Нельзя отрицать значение для решения целого ряда научных вопросов изучения состава, веса, энергии живого вещества, отвечающего элементарным видам и чистым линиям. Несомненно, только этим путем мы будем иметь возможность познать живое вещество, отвечающее морфологическим элементам органического мира. Но такое дознание имеет сейчас скорее биологический, чем геохимический, интерес, ибо ни чистые линии, ни элементарные виды не встречаются в природе в сколько-нибудь инородных скоплениях. Они всегда смешаны и перемешаны друг с другом и являются нам в виде линнеевских видов или их подвидов. Они рассеяны в тех механических смесях живого вещества, о которых нам придется скоро говорить, для которых свойства этих элементарных частей скрываются. Никогда какой-нибудь из них не является в таких смесях господствующим. А между тем главнейшие черты геохимических свойств биосферы, как увидим далее, обуславливаются именно этими господствующими компонентами механических смесей.

Несомненно, для точного знания свойств видového или подвидového однородного живого вещества нам необходимо изучать свойства однородного живого вещества чистых линий или элементарных видов, подобно тому как для понимания свойств изоморфной смеси, составляющей минерал, нам необходимо изучить свойства однородных чистых ее компонентов, растворителя и растворенных тел. Однако в минералогии и геохимии нам важнее знать их природную смесь минералов и соответственно отвечающее ему по своему геохимическому значению видовое или подвидовое однородное живое вещество, а не отвечающее компонентам минерала живое вещество чистой линии или элементарного вида.

Живые вещества, им отвечающие, могут существовать в природе только при особых условиях — благодаря усилиям и энергии человека. В этом случае мы имеем проявление в природе энергии, освоенной человеком. Однородные живые вещества, отвечающие элементарным видам или чистым линиям, являются в природе только тогда в форме более или менее однородных скоплений, когда они выделены усилием человека, и в таком случае должны быть относимы к тем формам однородного живого вещества, которые объединены мной в расовое однородное живое вещество. Предоставленные самим себе, они быстро смешиваются и дают однородные живые вещества линнеевских видов и их подвидов.

114. Большое значение имеет с точки зрения геохимии такой вид, который мало отличим морфологически от близкого к нему вида, но который резко отличается от него или циклом развития, или образом жизни и благодаря этому дает в природе однородные скопления. По существу, это такие же видовые признаки, как и какие-нибудь внутренние или внешние проявления формы организма. Такие виды были названы физиологическими или биологическими видами.

Это ясно видел уже в 1850-х годах Агассис, но его идеи не встретили сочувствия, и лишь много десятилетий спустя стала на этот путь научная биологическая мысль.

Первые проявления таких идей мы видим, кажется, в работах ученых, которые отмечали те изменения, которым подвергается то или иное растение в зависимости от экологических или климатических условий своего произрастания.

Но эти указания делались между прочим; они не отражались на основном течении биологической мысли, так как не касались основ ее мышления — вида, ибо внимание исследователей, их выставлявших, направлялось, по существу, в другую сторону. Лишь в конце прошлого столетия, кажется впервые в 1892 г., Клебан употребил для Uredinales название «биологический вид», подразумевая под этим названием неизбежные различия в образе жизни некоторых разностей при полном или почти полном морфологическом их сходстве. Uredinales — паразиты, живущие часть своей жизни на одном растении, а затем переселяющиеся на другое. При этом замечено, что, например, споры из цэцидиев рода *Coleosporium*, живущих на хвое *Pinus silvestris*, морфологически почти неотличимые, одни переселяются исключительно на *Euphrasia*, другие на *Melampyrum*, причем это является такой же неизменной особенностью данных (биологических) видов, как и любой морфологический признак. После 1892 г. количество таких случаев стало быстро увеличиваться, и казалось, что мы имеем здесь дело с широко распространенным явлением.

По существу, с этим явлением человеческая мысль столкнулась много раньше, в начале 1860-х годов, когда в эпоху создания микробиологии уже Пастер встретился с затруднениями, связанными с понятием о морфологическом виде. В микробиологии чисто физиологические и химические признаки давно уже получили право гражданства при установлении не только мелких подразделений видов, но и более крупных групп организмов, как мы это видим для бактерий. Расы *Saccharomyces* относятся к той же категории явлений. В 1897 г. Копералль пытался перенести в энтомологию представление о физиологическом виде, основанное, по существу, на тех же идеях, которыми руководились микологи при установлении видов ржавчинных грибов; недавно на тот же путь — в общей форме — стал Холодковский.

Очень возможно, и даже вероятно, что все такие различия организмов по образу жизни, условиям питания, характеру генераций, проявлениям инстинкта и т.п. всегда сопровождаются и морфологическими изменениями, но мы не замечаем их при обычных способах морфологической работы. По крайней мере при специальных поисках мы всегда находим какие-нибудь морфологические отличия, которые кажутся нам очень мелкими для таких биологических или физиологических видов даже там, где раньше видели только сходство. Это и понятно. В природе нет двух идентичных, неотличимых предметов (кроме атомов?)¹, на что давно уже обратил внимание Лейбниц, исходивший из этих представлений в своей теории монад. Лейбниц указывает на уже давно ставшее для нас обычным явление, что в большом лесу и саду нельзя найти двух листьев, между которыми нельзя было бы усмотреть различия. В своих сочинениях он рассказывает о попытках проверить это положение во время философских бесед в светском немецком обществе XVII в. Мы знаем, что противоположное мнение, например, о сходстве двух капель воды не отвечает действительности: капли должны оказаться различными, как только улучшатся методы нашего научного наблюдения. Идентичны для человека лишь создания его сознания. Поэтому несомненно, что

¹ Здесь, под строкой, В.И. Вернадский написал: «Гершель, Максвелл».

мы всегда найдем морфологические различия между индивидами разных биологических или физиологических видов, раз только мы будем принимать во внимание такие морфологические особенности организмов, которые не принимаются в соображение систематиками при установке ими видов.

Так, позднее разделены и по морфологическим признакам *Chrisomyxa ledi* и *Chrisomyxa rhododendri* (раньше один вид — *Accidium abietinum*), живущие в горах на *Rhododendron* и в низинах на *Ledum*, многочисленные биологические разновидности *Sphaerotheca humili*, живущие на разных *Alchemilla*, биологические виды *Viscum album* и т.д.

Но такие морфологические различия не имеют существенного значения в геохимии, ибо легко убедиться, что биологический вид всегда выражается в особом геохимическом эффекте, подобно линнеевским видам и их подвидам. Ибо очень часто, именно среди биологических видов, имеем мы выделения в более или менее чистом виде своеобразных форм однородного живого вещества, связанного с биологией организма, — разные формы полового, социального, возрастного однородного живого вещества, с которыми нам придется встретиться позже. Количество проявлений такого рода биологических видов и аналогичных им явлений очень велико и очень разнообразно. С геохимической точки зрения приходится очень расширять такие представления, так, например, в эту категорию войдут указанные Дженнингсом особенности инфузории *Paramecium caudatum*. Дженнингс доказал, что есть расы *Paramecium caudatum*, которые нуждаются в периодической конъюгации, и расы, которые, по-видимому, могут развиваться непрерывно простым делением. Геохимически они должны быть различны.

115. Точно так же и по тем же основаниям являются для геохимика реальным фактом в природе и те виды, которые получаются путем симбиоза. Виды лишайников или таких орхидей, как *Neottia nidus-avis*, с геохимической точки зрения являются реально существующими в природе прочными видами, как какой-нибудь другой однородный вид или подвид. Для геохимика и здесь исчезают те затруднения, какие останавливают морфолога. Для него отходят на второй план свойства морфологически чистых элементов, важно живое вещество симбиотического сожительства в целом.

Несомненно, и здесь могут иметь геохимическое значение отдельно поставленные исследования тех форм живой материи, которые находятся в симбиотическом проникновении, но только для решения частных вопросов. Главное значение имеет сложный вид, определяющийся сейчас как симбиоз видов, — геохимически органическая смесь.

Сложность природного явления на этом, конечно, не кончается. Нельзя забывать, что вид, хотя и является реальным явлением природы, в действительности выделяется в ней нашим разумом; это выделение достигается неизбежным упрощением реального явления, и, прилагая к природному явлению упрощенное представление так установленного понятия, мы невольно встречаемся с несоответствием его фактам или с невозможностью охватить их в их разнообразии. Так и здесь, изучая явления природы с геохимической точки зрения, мы не можем

остановиться на видах и более мелких их частях, таким путем выделенных. Во всех рассмотренных случаях биологи придают исключительное значение наследственной передаче признаков. Но мы имеем в природе многочисленные случаи таких массовых изменений организмов какого-нибудь вида или его аналога, которые существуют с неизменными свойствами только при данных определенных условиях среды и дают другие формы организмов при их изменении. Все систематики постоянно наталкиваются на такие географические или экологические вариации, вроде упомянутого мной раньше пырея, бука, лиственницы, но оставляют их в стороне от вариаций вида ввиду относительно локального их существования, хотя они делятся, несомненно, без изменения многие тысячелетия.

С геохимической точки зрения эти вариации ничем не отличаются от вида и его аналогов, и мы должны отличать отвечающее им живое вещество от однородного живого вещества других — постоянных или временных — вариаций того же самого вида.

Может быть, даже в общем облике природы, и в частности в геохимических явлениях, эти вариации с непередаваемыми наследственно признаками — экологические разности, но повторяющиеся постоянно, неизменно всегда, когда повторяются реально существующие в природе условия, — играют столь большую роль, что с точки зрения геохимика требуют особого названия, так как он должен отличать части вида, геохимически столь различные.

Я уже указывал на то, что вопрос о таких видах может быть выяснен в полной мере только при расширении применения химического анализа к биологическим проблемам.

Очень вероятно, что в результате таких анализов выяснится, что биологические разности окажутся не чем иным, как химическими разностями живого вещества, причем вопрос о наследственной передаче признаков может получить самое неожиданное для нас сейчас решение. Но это покажет будущее. Пока же ясно, что геохимик, считаясь и с этой возможностью, должен придавать особое значение выделению в своей работе и исследованию однородного живого вещества, отвечающего биологическим видам.

Всматриваясь в окружающую нас измененную цивилизованным человеком живую среду, мы и здесь видим полную аналогию биологическим видам, например, в вариациях собак, лошадей, рогатого скота и т.п. Кажется, эти вариации не обращали на себя достаточно внимания, но геохимик не может оставлять их в стороне, когда они дают достаточные скопления однородных живых веществ. Любопытным примером такой вариации, например, представляется изменение англосакса Западной Европы в жителя Северной Америки.

Свойства однородного живого вещества как видовой признак

116. Мне кажется, что эти отличия частей <...> так построенного однородного живого вещества имеют для понимания организмов столь же важное значение, как и другие видовые признаки, и могут быть поставлены с ними рядом.

Исходя из понятия однородных живых веществ, мы можем рассматривать всю окружающую нас природу как бы составленной из таких однородных живых веществ, видовых, отвечающих подвидам, биологическим видам, экологическим разностям. Различные их комбинации образуют разнородную живую материю, нас окружающую, которую мы можем разложить на составляющие ее однородные живые материи. Их будет столько, сколько видов организмов или их геохимически важных дробных делений находится в данном ее сгущении или разрежении. Очевидно, если мы будем знать состав, вес или энергию всех этих однородных живых веществ, мы тем самым будем знать с этих точек зрения и всю составленную ими разнородную живую материю данной местности.

Вся биосфера распадается для нас этим путем на различные комбинации однородных живых веществ, если мы примем во внимание оставленные нами пока без рассмотрения расовые однородные живые вещества.

Зная свойства всех этих однородных живых веществ, мы сможем охватить и все свойства живой части нашей биосферы.

Очевидно, при таком представлении мы допускаем, что свойства однородных живых веществ не меняются при образовании биосферы, т.е. при их взаимном проникновении.

Такое заключение правильно лишь относительно. Мы сейчас увидим, что проникновения живого вещества — одного однородного живого вещества другим — необычайно сложны и разнообразны. Едва ли можно сомневаться, что в некоторых из них, например в таких образованиях, как симбиозы, галлы, микоплазены паразитных грибов и т.п., однородное живое вещество меняется и не остается неизменным. Но возможно, что признаки его меняются и при менее точном соприкосновении — в разных условиях внешней среды, в разных биоценозах, сгущениях, разрежениях живого вещества. Поэтому для характеристики живого вещества надо было бы знать его свойства в разных частях биосферы и в разных его находениях. Лишь тогда можно было бы установить пределы колебаний одного и того же однородного живого вещества. Сейчас нам приходится идти эмпирически, подбирать факты и пока что выставить рабочую гипотезу, что эти колебания свойств относительно незначительны или даже совсем отсутствуют.

Наблюдаемые колебания этих свойств должны быть того же порядка, как колебания видовых или расовых признаков, ибо из предыдущего ясно, что свойства и признаки однородного живого вещества являются свойствами или признаками вида или расы.

Может быть, даже эти свойства будут более характерными для организмов, чем их морфологические признаки. Ибо свойства однородного живого вещества сводятся нами к его весу, химическому составу и его энергии. Для мертвой материи мы знаем, что эти элементы познания лежат в основе всех наших знаний о морфологии, т.е. внешних и внутренних свойств не обладающих жизнью тел. Нет никакого сомнения, что к ним сведется — при дальнейшем ходе науки — и морфология организма, ибо по мере хода научного развития все яснее и яснее становится не в ней должны мы искать признаки, отличающие живое от мертвого.

Не обладая достаточным знанием состава, веса и энергии организма, мы пока не можем вывести из них морфологических его свойств и пользуемся ими так же, как мы пользуемся такими же свойствами сложных предметов мертвой природы, например минералов и кристаллов. Однако в этих областях знания мы знаем, что изучаемые морфологические признаки могут быть сведены к более основным их элементам и иногда даже к ним сводятся.

Эти элементы более неподвижны и неизменны, чем полученные их комбинацией сложные морфологические структуры.

Разлагая живую природу на однородные живые вещества и изучая их с точки зрения этих элементарных свойств, можно ожидать их большей устойчивости к неизменности, если мы правильно выделяем однородные живые вещества, чем другие видовые или аналогичные морфологические признаки.

Как бы то ни было, неизменность признаков однородного живого вещества мы можем принять пока как научную рабочую гипотезу.

В эту рабочую гипотезу мы будем вносить поправки и изменения, когда полученная из совокупности однородных живых веществ картина биоценоза не будет отвечать реальной биосфере.

В тесной связи с признанием признаков живого вещества как видовых признаков мы должны ждать, что в живом веществе проявятся и те морфологические различия, какие мы видим в каждом виде в связи с проявлением особенностей его биологической структуры. Мы знаем, что, признавая очень незначительные колебания морфологических свойств вида, мы в то же самое время в каждом виде различали несколько морфологических форм, резко различных между собой, которые мы все-таки объединяем в один и тот же вид, подвид, расу и т.п. Это отличия, связанные с полом, возрастом, иногда с социальной жизнью или со сменой поколений.

Все эти различия мы найдем выраженными в яркой и своеобразной форме и в однородном живом веществе.

Мы увидим, что для каждого вида может существовать несколько разностей однородного живого вещества, подобно тому как существует несколько морфологических форм его неделимых.

Механические смеси однородного живого вещества

117. Из предыдущего ясно, что всякая однородная живая материя не будет однородной по составу своих элементов, будет представлять некоторую смесь. Вся окружающая нас живая природа — биосфера — является такой смесью, и сложная картина образуемой ею живой природы обуславливается чрезвычайно сложным характером этого смешения различных однородных живых веществ, их взаимного проникновения.

Во всем дальнейшем изложении мы будем пользоваться этим представлением о смесях и связанным с ним языком физико-химических наук, так как, охватывая явления жизни как проявление в форме живого вещества массы, состава и энергии

химических элементов, мы неизбежно должны сводить их, когда это возможно, к тем же самым понятиям, какие мы употребляем для остальной мертвой материи при изучении геохимических явлений. А для мертвой материи мы имеем всегда дело со смесями — механическими, минералогическими, физическими и химическими.

Во многих случаях смесь однородных живых веществ будет по существу отличаться от смесей мертвой материи, и мы неизбежно должны здесь ввести новый разряд смесей — смесей органических. Я ввожу этот новый термин с большой неохотой. однако его введение представляет, как мы увидим, большие удобства при изучении живого вещества с геохимической точки зрения и в значительной мере упрощает изложение разнообразных природных процессов, почему я буду употреблять его в дальнейшем изложении.

Для однородных живых веществ можно различить два рода *смесей* — *смеси механические* и *смеси органические*.

Мы будем называть механическими смесями однородных живых веществ такие смеси, в которых элементы живого вещества — организмы — не проникают друг в друга, а находятся отдельной всецело в соприкосновении с внешней средой. Таковы, например, смеси трав на лугах, деревьев в лесу, зверей в лесах и т.п. Эти смеси совершенно подобны обычным механическим смесям, и их отличием может явиться только самопроизвольная подвижность организмов.

Органической смесью мы будем называть различные формы смешения однородных живых веществ, связанных с проникновением организмов друг в друга. Таковы разные случаи симбиоза, паразитизма и т.п. В этих случаях иногда очень резко нарушается отношение организмов к внешней среде. В биосфере мы видим проявление обеих форм смешения.

В свою очередь, в каждом компоненте и механической и органической смесей однородных живых веществ мы должны принимать во внимание ту сложность его строения, которая была уже отмечена в предыдущих параграфах при определении понятия о живом веществе.

118. Эта сложность заключается в различии элементов, строящих однородное живое вещество.

Вследствие этого различия элементов живого вещества и принцип, который кладется в основу наших представлений о механических смесях однородных живых веществ, что *при образовании механической смеси свойства входящих в ее состав элементов не меняются*, должен быть учитываем в связи с различием этих элементов, т.е. организмов, составляющих однородное живое вещество.

Практически мы будем считать каждую совокупность организмов какого-нибудь вида или расы, составляющую однородное живое вещество, состоящей из нескольких различных слагаемых разных типов организмов.

Эти различия связаны, во-первых, с разными морфологическими формами биологической структуры, например однородное живое вещество человека состоит из сложной совокупности, в которую входят представители разного пола и возраста. Однородное живое вещество термитов состоит из представителей разного пола, возраста, социальных различий. Мы увидим ниже, что эти разные единицы

могут составлять половые, возрастные, социальные разности, разности по поколениям однородного живого вещества; и обычное однородное живое вещество представляет сложную механическую смесь — *механическую смесь* 1-го рода — этих своих разностей.

Но на этом сложность механической смеси не кончается. Механическая смесь 1-го рода может быть тоже составной частью, т.е. в каждом однородном живом веществе можно различить несколько половых, социальных, возрастных и т.д. разностей. Это может происходить просто потому, что в биологическом развитии организма есть несколько морфологически разных индивидов, например несколько личинок, несколько морфологически разных самцов и т.п. В этом случае мы не выходим за пределы механической смеси 1-го рода, но получаем ее только более сложной.

Но есть и другого рода осложнение, связанное с тем, что, в сущности, в видовое или расовое однородное живое вещество входят несколько различных механических смесей 1-го рода, которые не могут быть в условиях нашей работы отделены друг от друга и в природе встречаются вместе, оказывают геохимические воздействия совместно.

Такие смеси мы будем называть *механическими смесями 2-го рода*.

Это тесно связано с указанной раньше сложностью вида или расы, на основании которой мы строим однородное живое вещество.

Мы положим в основу нашего представления о таком веществе линнеевский вид или подвид, или вид биологический, и мы всегда должны иметь в виду, что он состоит из многих элементарных видов или популяций. И в том и в другом случае мы здесь получим сложное представление о свойствах однородного живого вещества.

Теоретически мы должны различать как бы два разных элемента однородного вещества. Вид А состоит из неделимых — $a, a^I, a^{II}, a^{III}, \dots$, которые собраны, в свою очередь, в сложные индивиды a, a^I, a^{II}, \dots . Изучая обычный вид, мы получаем впечатление о составе его из a, a^I, a^{II} , и индивидуальные колебания будут здесь отвечать всем тем пределам колебаний, какие характеризуют различия между неделимыми a, a^I, a^{II} . Но полученные средние будут неодинаковы в зависимости от данного состава — в данной местности — какого-нибудь видового однородного живого вещества. Ибо ничто не указывает нам на то, чтобы все элементы популяции (чистые линии) и все элементарные виды линеевского вида присутствовали в данном нахождении этого линеевского вида.

Сверх того у нас нет никаких оснований думать, чтобы и в пределах чистой линии и элементарного вида не было индивидуальных колебаний в свойствах организмов. Наоборот, все указывает на существование таких колебаний. \dots

Притом все элементы, и a^I и a , являются сложными, состоят из нескольких форм биологического характера, неделимых, отличающихся морфологически, а следовательно, и химически, по полу, возрасту и т.п. Каждый из них может быть представлен как сложная совокупность, сложное строение которой иногда резко проявляется в окружающей природе.

В геохимии мы изучаем только сложные элементы вида, свойства которых получаются путем вывода средних из индивидуальных колебаний; эти средние попадают в пределы колебаний $a - a^n$ и оказываются в этом смысле с ними тождественными.

119. При изучении механических смесей однородных живых смесей мы должны различать однородные живые вещества, господствующие по весу в смеси, и те, которые в них находятся в небольших количествах, — примеси.

Биосфера в этом отношении представляет чрезвычайно характерное явление в земной коре. В ее сгущениях и ее разрежениях, в ее биоценозах находятся относительно немногие из миллионов видов и рас, ее составляющих в значительных количествах. Вероятно, только немногие десятки тысяч или тысячи однородных живых веществ являются господствующими, и в то же время обычно встречаются смеси довольно однородные во своему составу, с резким преобладанием одного или немногих однородных живых веществ.

Это характерное свойство механических смесей мы видим во всех частях биосферы, встречаемся с ним на каждом шагу.

К сожалению, мы имеем здесь очень немногие количественные данные, так как явления весовых соотношений мало обращали на себя внимание научных работников. Однако кое-какие примеры можно привести. Так, например, мы видим это ясно выраженным в тех механических смесях видовых однородных живых веществ, которые представляют собой луга умеренного климата Северного полушария. Мы имеем в этом смысле любопытные многолетние наблюдения в Ротамстеде в Англии. Здесь состав лугов в зависимости от удобрения менялся в разные годы с 1862 по 1914 г.

Злаки Gramineae (от 35,61 до 100% по весу)

	Предел колебаний, %		Предел колебаний, %
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,02-38,53	<i>Poa pratensis</i>	0-22,67
<i>Alopecurus pratensis</i>	0,03-28,72	<i>Poa trivialis</i>	0-32,93
<i>Agrostis vulgaris</i>	0,03-28,46	<i>Briza media</i>	0-20,15
<i>Holcus lanatus</i>	0,03-90,90	<i>Dactylis glomerata</i>	0,11-39,31
<i>Arrhenatherum avenaceum</i>	0-43,30	<i>Festuca ovina</i>	0,12-72,88
<i>Avena pubescens</i>	0-14,54	<i>Bromus mollis</i>	0-42,10
<i>Avena flavescens</i>	0-9,08	<i>Lolium perenne</i>	0-13,80

Для всех остальных видов злаков мы никогда не имели количества, превышающего для отдельного вида 5%, и никогда их общий вес не превышал 2,5%.

Весовое содержание Papilionaceae менялось в пределах 0,40-83%, а всех других семейств, вместе взятых, в пределах 0,41-43%. Количество всех видов, которые наблюдались, доходило до 52 в год, а число видов, превышающих когда бы то ни было 5% по весу в каком-нибудь из разнообразных по свойствам участков, доходило в течение указанных 52 лет всего до 27.

Эта таблица дает нам довольно хорошую картину явления, причем для данного участка и для данного года обычно являлись преобладающими немногие,

как это, например, мы видим для 1914 г. (два вида больше 5%, один из них больше 90% по весу). То же имеем и для других лет, например: в 1862 г. 6 видов из 50 составили более 53,06% по весу [соответственно 11,36; 5,04; 9,65; 13,30; 6,37 (злаки); 7,34 (*Plantago lanceolata*)]; в 1877 г. 6 видов из 52 — более 60,09% по весу [соответственно 5; 5,12; 13,28; 12,55; 7,25; 21,89 (злаки)]; в 1903 г. 5 видов из 47 — более 62,46% по весу [соответственно 5,07; 20,15; 17,45 (злаки); 13,81 (*Poterium sanguisorba*); 5,98 (*Leontodon hispidus*)]; в 1914 г. 4 вида из 40 — более 61,90% по весу [соответственно 12,52; 23,62 (злаки); 8,70 (*Centaurea nigriceps*); 17,06 (*Leontodon hispidus*)].

Все эти числа приведены для одного и того же участка, в котором за 52 года не было никакого удобрения.

В общем учете геохимических проявлений однородных живых веществ мы должны, таким образом, в каждом ценобиозе — сгущении или разрежении — учитывать относительно немногие из составных частей сложной природной смеси, а огромные количества будут в них рассеянными и потому могут быть нами оставлены в стороне.

120. В огромном большинстве случаев мы можем оставить в стороне все примеси ценобиозов и изучать только господствующие или заметные по весовому содержанию однородные живые вещества.

Однако это может быть делаемо далеко не всегда, ибо с геохимической точки зрения однородное живое вещество может представляться нам под двумя очень различными аспектами. При изучении биосферы можно изучать:

1) *однородное живое вещество, взятое целиком*, — однородное живое вещество всей земной коры, — охватывающее всех неделимых данного вида, где бы они на земной поверхности ни находились;

2) *однородное живое вещество данного вида или расы, находящееся в какой-нибудь определенной местности или определенном сгущении и разрежении живого вещества.*

При этом в первом случае часто имеют значение и редкие однородные живые вещества, во втором с геохимической точки зрения получают значение только господствующие или заметные части механической смеси, которую представляет собой биоценоз.

Редкие в биоценозе однородные живые вещества, взятые во всех биоценозах, в своей массе могут нередко являться гораздо более важным в истории земной коры, чем некоторые господствующие части биоценозов. Так, например, едва ли можно сомневаться, что какие-нибудь широко распространенные виды растений, никогда не образующие сообществ, взятые в массе, представляют геохимическую силу огромного значения, ибо все их всюду рассеянные неделимые везде производят — в общем — одинакового рода работу, и, взятая в сумме, эта работа рассеянных организмов не пропадет и должна быть учитываема в своем значении.

В этом отношении интересно обратить внимание на характер тех растительных видов, ареал нахождения которых превышает 3/4 поверхности суши. Среди них мы найдем один вид — *Senecio*, который распространен по всему земному

шару, и с десяток видов менее обычных. И ни одни из них обычно не являются господствующими. Они все представляют собой формы рассеянного однородного живого вещества. А между тем очевидно, что благодаря своей огромной распространенности они имеют большое геохимическое значение, но должны учитываться не в биоценозе, а в биосфере.

Есть еще другой случай, где имеет значение такой же учет, это тогда, когда данное однородное живое вещество, господствующее или примесь, имеет значение в истории какого-нибудь химического элемента. Ибо, где бы ни находились элементы данного однородного живого вещества, они всегда будут производить одинакового рода геохимическую работу и, взятые в целом, могут иметь большое значение. Мне кажется, с этой точки зрения имеют большое значение рассеянные особи организмов, химически особенные. Так, например, не безразлична в истории меди роль наземных моллюсков из рода *Helix*, хотя бы они и были представлены в отдельном ценобиозе в относительно небольшом весовом количестве, или роль в той же истории меди разных видов птиц *Turacidae* в тропических областях Африки, постоянно собирающих медь в пигменте своих перьев и отдающих ее во время дождей, при линьке. Очень ярко это видно в истории таких газов, как кислород, азот, водород, где роль микроорганизмов не может быть оставлена без внимания и где небольшое количество вещества, в них сосредоточенное, в ценобиозе искупается интенсивностью их биохимического процесса. Точно так же мы не можем оставлять без внимания в истории CO_2 ту роль, которую играют рассеянные в ценобиозах животные, в частности человек, когда мы попробуем оценить эту роль в масштабе биосферы.

В этом отношении мы имеем здесь аналогию тому, что мы наблюдаем для минералов, где «редкие», т.е. находящиеся в небольших количествах и в немногих местах, минералы приобретают в истории отдельного химического элемента большое значение, как, например, в истории германия — аргиродит и кандильдит или в истории лантана — паразит. Точно так же и в минералогии мы можем учитывать в истории каждого химического элемента роль минералов, не считаясь с его количеством в данном участке земной коры, а беря его количество во всей земной коре, например роль лейцита в истории калия.

121. Гораздо большее значение имеет сейчас с геохимической точки зрения изучение отдельных ценобиозов, составляющих биосферу и представляющих собой механические смеси однородных живых веществ. Здесь действие некоторых форм этой живой материи усиливается и проявляется наиболее ярко благодаря тому, что обычно организмы, не составляющие виды, образуют сообщества, стада, «тучи», скопления — встречаются вместе в одной местности, вблизи друг от друга. В этом отношении они редко отличаются, например, от неделимых рода, чем в значительной мере и обуславливается малое геохимическое его значение.

Обычно такие скопления однородной живой материи резко выделяются в сгущениях или разрежениях, представляют действительные сообщества, где свойства данного однородного живого вещества выступают на первое место, определяют все свойства живого сгущения. В других случаях они в значительной

степени разбавлены неделимыми иного вида или расы, не представляют однородного скопления.

Изучая химический эффект таких скоплений, мы будем различать механические смеси двоякого рода: 1) смеси, более или менее сложные, однородных живых веществ и 2) такие участки земной коры, в которых одно какое-нибудь однородное живое вещество выступает на первое место.

Эти явления меняются в связи как с видовым характером однородного живого вещества, так и с географическими условиями. Так, например, тропический лес, в котором почти каждое дерево принадлежит к разным видам и расам, является типичным представителем смесей 1-го рода, и наш хвойный лес — сосновый, еловый или кедровый — дает яркий пример второго типа, представляет пример естественного выделения видового (или расового) однородного живого вещества на земной поверхности.

В геохимии однородное живое вещество изучается главным образом с точки зрения его состава, веса, энергии, точно так же, как с этой точки зрения изучаются и составляющие земную кору минералы или горные породы. Мы можем для наших целей рассматривать скопления живого вещества, наблюдаемые на земной поверхности, только с этих точек зрения.

В таком случае скопления с преобладанием однородного живого вещества будут вполне аналогичны — с геохимической точки зрения, т.е. в связи с проявлением их в геохимических явлениях, — с простыми горными породами. Мы уже видели, что однородное живое вещество, взятое в чистом виде, аналогично геохимически минералу, а разнородное — горной породе. Изучая химический эффект этих тел в земной коре, можно для хвойного леса умеренного пояса параллелизовать его, например, с выходами гипса, а для тропического леса — с выходами какой-нибудь сложной горной породы, например гранита.

Это не есть только словесные аналогии; ограниченные весом, составом и энергией, живые вещества действительно геохимически тождественны в своем значении в естественных земных процессах минералам и горным породам, сведенным к тем же проявлениям. Правда, на первый взгляд резким отличием является то, что живые вещества занимают значительно меньшие объемы; они тянутся на земной поверхности в виде тонкой пленки, тогда как горные породы образуют большие массы. Такие случаи, как слой океанического планктона до 300-400 м мощностью, являются исключением для скоплений живого вещества. Однако химический эффект такого живого вещества чрезвычайно увеличивается благодаря огромной свободной энергии, ему свойственной. В этом отношении мы не имеем ничего подобного среди горных пород, за исключением, может быть, незастывших лавовых потоков, еще более интенсивных в своем химическом проявлении, но очень недолговечных.

И в минералах, и в горных породах мы видим различные степени и формы их химического проявления в земной коре в зависимости от физико-географических условий, в которых они находятся. Под разными широтами резко идут процессы выветривания, в ином отношении к химическим процессам будет порода в тро-

пическом лесу или тропической пустыне, находящиеся на дне озера или моря или же в непосредственном соприкосновении с атмосферой и т.п. Еще более резко это проявляется для живой материи.

Нельзя сомневаться, что, подобно другим видовым признакам и в том же порядке изменений, состав, вес и энергия одного и того же организма заметно меняются в связи с изменением внешних физико-географических условий. К сожалению, мы здесь мало имеем числовых данных, но правильность этого заключения неизбежно вытекает из тех морфологических различий, какие мы видим ярко выраженными у распространенных и космополитических видов организмов. Роскошь, разнообразие и гармоническая красота окружающей нас природы в значительной мере вызвана не только изменением видов и родов, но и различным обликом скоплений неделимых одного и того же вида в разных местностях.

Поэтому для скоплений однородного живого вещества еще в большей, может быть, степени, чем для минералов и горных пород, имеет значение изучение их веса, состава и энергии в связи с физико-географическими условиями их нахождения. Мы всегда для однородного живого вещества должны знать как местность, откуда мы берем для исследования его образцы, так и его видовой состав.

Изучая такие скопления, мы изучаем разные части однородного живого вещества, которые не вполне одинаковы в разных географических областях.

Социальные и рассеянные однородные живые вещества

122. Части однородного живого вещества существуют в окружающей нас природе благодаря свойственной ему социальной структуре.

Несомненно, геохимические реакции шли бы совершенно иначе, чем они идут теперь, если бы геохимический эффект отдельных элементов живого вещества не был в природе — в отдельных случаях — концентрирован.

Мы знаем, до какой степени различны организмы по своим биохимическим свойствам. Соединение одинаковых организмов вместе в более или менее чистом виде, резкое преобладание в природных механических смесях одного какого-нибудь живого однородного вещества являются основными условиями, благодаря которым биогеохимические реакции идут в их современном масштабе. Несомненно, они так и шли в течение всей геологической истории Земли, ибо на всем протяжении геологического времени мы наблюдаем одну и ту же картину этих явлений, все время имеем дело с живым веществом, обладавшим для некоторых своих разностей социальной структурой. При этом чрезвычайно характерно то, что такая социальная структура была свойственна все время аналогичным группам живого вещества, производившим аналогичные современным явлениям геохимические эффекты. Если бы это было иначе, это проявилось бы в получаемых при геохимических процессах продуктах, ни качественного, ни количественного изменения которых мы не видим на протяжении всей геологической истории.

Ясно поэтому огромное значение социальной структуры живого вещества для понимания геохимических проблем. Но с другой стороны, едва ли будет без-

различным изучение этих проблем и для объяснения очень мало разработанных проявлений социальных свойств организмов.

При изучении геохимических явлений мы будем брать эти свойства в самом общем виде, понимая под социальной структурой живого вещества способность некоторых организмов образовывать на земной поверхности скопления-смеси, в которых преобладают, постоянно или временно, элементы одного и того же однородного живого вещества. При таком определении социальной структуры, не заключающем никакой гипотезы или предположения о причине ее происхождения, очень может быть, что мы соединим явления разного характера. Как известно, до сих пор неясно, представляют ли сообщества беспозвоночных, позвоночных животных, растений явления одного порядка или явления, по существу различные, как это, например, указывает такой известный зоопсихолог, как В.А. Вагнер. С геохимической точки зрения все такие, может быть, морфологические и различные явления должны быть соединены вместе, так как химический их эффект будет одинаковый, проявлением каких бы причин ни была их социальная структура.

Однако отсюда отнюдь не следует, чтобы с геохимической точки зрения были безразличны все теории объяснения социальной структуры живого вещества. Напротив того, мы увидим, что существует ряд явлений, которые заставляют нас рассматривать социальную структуру как определенное свойство живой материи, чрезвычайно для нее характерное с некоторыми другими ее свойствами, имеющими геохимическое значение. Ниже, в главе о свойствах живой материи, я вернусь к этому явлению, теперь же отмечу только, что с геохимической точки зрения чрезвычайно трудно в связи с этим стать на почву тех объяснений социальной структуры, которые связывают ее с механическим воздействием внешней среды, рассматривают ее только как известную форму приспособления организма к условиям внешней среды. Несомненно, в этих теориях, при углублении в них, мы легко откроем лишь кажущуюся достаточность внешних условий для охвата и объяснения явлений социальной структуры, хотя бы, например, той роли, которая отводится при этом инстинкту. Объяснение инстинкта как результата воздействия внешних условий на организмы обманчиво, и, как мы теперь знаем, явления инстинкта теснейшим образом связаны с самыми глубокими свойствами живых организмов и гораздо менее связаны с мертвой окружающей средой. Сейчас, при более глубоком изучении, в явлениях инстинкта и философской его критики, мы обращаемся как раз к тем самым свойствам организма, которых хотели избежать при построении этого рода теории для объяснения социальной структуры.

Мы можем оставить в стороне эти господствующие объединения еще и потому, что они ничего не дают нам для объяснения самых характерных с точки зрения геохимии и наиболее для нас важных явлений социальной структуры.

Таким наиболее важным явлением надо признать то, что социальная структура в указанном выше смысле свойственна далеко не всем организмам. Свойство социальности проявляется в однородных живых веществах резко различимым образом.

Все однородные живые вещества делятся на две группы: 1) такие, которые дают естественные сообщества составляющих их элементов, и 2) такие, которые

в природе всегда встречаются в рассеянном виде, никогда их элементы не скопляются вместе.

Господствующие теории рассматривают это свойство живой материи как результат слепого столкновения внешних условий, формирующих инертную живую материю. В борьбе за существование одни виды выживают в большем количестве неделимых, чем другие; одни выработали социальный инстинкт в разных его проявлениях, другие — нет, одни достаточно могущественны для того, чтобы не допустить развития посторонних организмов в области их нахождения, другие — нет и т.д.

Несомненно, отыскивая правильность в геохимических процессах, мы не можем удовлетворяться такими гипотезами, которые не дают нам никакого ключа к дальнейшему проникновению в неизвестное. Они лишь рисуют наше незнание.

Таково и применение законов Случая к объяснению генезиса социальной структуры организмов.

Это ярко видно, как только мы переходим к конкретным фактам. Так, например, мы

имеем для растений чрезвычайно характерное рассеянное нахождение отдельных видов их среди тех или иных растительных формаций или образование таких их сгущений, в которых нет сколько-нибудь яркого преобладания одного какого бы то ни было однородного живого вещества. Можно ли объяснить такое явление простой игрой случая? Для тропического леса чрезвычайно характерно необычайное разнообразие видов составляющих лес деревьев. Этим тропический лес резко отличается от леса наших широт. Глубокий и смелый мыслитель натуралист Уоллес объяснил это строение леса равномерностью климата, дающего благоприятные условия для существования не немногим, а очень многим разнообразным видам деревьев. Вследствие равенства для всех одного из основных элементов жизни шансы борьбы за существование для многих видов почти одинаковы, и они представлены приблизительно равным количеством неделимых. Получается очень тонкая механическая смесь однородных живых веществ. Однако такое объяснение стоит в резком противоречии с той сложностью борьбы за существование, которая открывается нам в тропическом лесу, когда мы возьмем другие явления жизни, например морфологические особенности составляющих его организмов, и мы не можем удовлетвориться этим механическим объяснением.

В XIX и в XX вв. человеческая мысль подходила к объяснению тех же явлений другим путем. В конце XVIII столетия Бергман выставил гипотезу о выделении растениями в почву веществ, вредных для одних и полезных для других растений. Вместе могли жить только растения, для которых почва не была отравлена. Эта гипотеза, обратившая на себя внимание Тревирануса, хорошо объясняла явления и намечала пути для научной работы. Она была забыта и вновь возродилась почти через столетие в явлениях так называемого утомления почвы для культуры тех или иных растений. И по сейчас она имеет сторонников. Но попытки найти такие выделения в почве были до сих пор неудачны, хотя несомненно, явления,

связанные с известной нам биологией микробов, заставляют внимательно всмотреться в эту область искания.

Как только от этих попыток объяснить социальную структуру для наиболее простых случаев — неподвижных организмов — мы попытаемся проникнуть в мир беспозвоночных и позвоночных, способных к передвижению, мы окажемся еще более бессильными объяснить ее генезис без привлечения свойств самой живой материи. Тут мы находимся в области проявлений инстинкта и психической деятельности, до сих пор не давших нам никаких прочных точек опоры.

Объяснить их генезис случайностью нельзя, и, так или иначе, приходится искать объяснение социальности не в воздействии окружающей среды на организмы, а внутри самих организмов — с геохимической точки зрения — в свойствах той или иной живой материи.

123. Оставляя, однако, пока в стороне причину явления, мы должны сейчас же подчеркнуть огромное геохимическое значение самого явления. Огромная часть живого вещества составлена из социальных организмов, т.е. мы всюду видим в окружающей нас природе реально существующие в ней части. Совокупность организмов, которую мы называли живым веществом, для этих частей не будет отвлеченным понятием, построенным нашим умом, а будет реальным природным явлением. Геохимический эффект, производимый весом, составом и энергией однородного живого вещества, резко и разно проявляется благодаря этому в определенных участках земной коры в местах нахождения его частей.

Очевидно, при всех наших учетах значения живого вещества такие *социальные однородные живые вещества* должны быть отделяемы от *рассеянного однородного живого вещества*.

Социальным будет то однородное живое вещество, элементы которого наблюдаются в природе вместе (например, сосны, дубы, рожь, пшеница, рис, ряска, быки, пингвины и т.п.). *Рассеянное* — это то, элементы которого не наблюдаются вместе, а рассеяны в сгущениях или разрежениях в небольшом количестве (например, тигры, орлы, гинкго и т.д.).

Этот признак не выдерживается непрерывно и постоянно для всех организмов. Нередко мы видим *временные скопления* тех или иных организмов, которые обычно находятся врозь, являются рассеянной формой живого вещества. Такие временные скопления наблюдаются не только у животных, но и у растений, например скопления водорослей (как саргасовые) в связи с ветром и морскими течениями, скопления странствующих лишайников (например, *Lecanoga*), иногда массами покрывающих почву степей, скопления пыльцы хвойных. Еще чаще и разнообразнее подобные скопления у животных. Здесь нередко явление усложняется половым и другим полиморфизмом: получают скопления морфологически разных, несколько различных видоизменений одного и того же живого вещества, таковы смеси неделимых гидроидных кораллов или некоторых насекомых, например полчища крылатых и бескрылых тлей и муравьев.

Здесь мы имеем переход к *разнородным социальным сообществам*, когда собираются в стаи и стада особи различных видов или даже родов, например в стаях

стрекоз, совершающих перелеты нередко на огромные пространства, периодически повторяющиеся в разных местностях. Так, например, в 1914 г. в Европейской России наблюдались рои стрекоз, главным образом *Libellula quadrimaculata* L. Но вместе со стрекозами летели мухи — *Eristalis sylvatica* Meig., *Melithreptus lavandulae* macy. Количество неделимых в таких тучах достигало миллионов особей. Очень часты такие разнородные стаи у рыб. Стаи ворон, которые зимой водворяются в Западной Европе, состоят из особей двух видов, не дающих между собой помесей, — черной и серой вороны. Как известно, разнообразны были и стаи антилоп и других млекопитающих, населявших саванны и лесопарки Южной и Центральной Африки (например, зебры и гну).

Разнородные социальные структуры представляют совершенно закономерные и правильно повторяющиеся явления в земной коре, и, очевидно, благодаря этому они производят такой геохимический эффект, который не может быть оставлен без внимания. Как мы видели, наблюдаются их проявления и среди временных (стрекозы, вороны), и среди постоянных социальных сообществ (млекопитающие).

Несомненно, влияние социальных однородных живых веществ — временных или постоянных, однородных или разнородных — на геохимические процессы выражено гораздо более резко, чем тех, элементы которых рассеяны среди них. Для первой основной картины геохимии земной коры можно остановиться на них, подобно тому как достаточно изучить горные породы, а не все минералы для получения основного фона геохимических процессов в области мертвой природы.

Этим обуславливается то, что изучение социальных однородных веществ, как уже указано было раньше, должно быть поставлено сейчас в первую очередь, и оно значительно уменьшает беспредельность научной работы. Вместо миллионов однородных живых веществ мы имеем сейчас дело только с десятками их тысяч.

Органические смеси

124. Огромное значение имеет в геохимических процессах другой, пока оставленный нами в стороне, класс смесей живого вещества — смесей органических. С точки зрения изучения геохимических процессов их можно разделить на две группы: 1) органические смеси 1-го рода, все компоненты которых находятся в соприкосновении с внешней средой, и 2) органические смеси 2-го рода, некоторые компоненты которых изолированы от внешней среды.

Особенно интересны органические смеси 2-го рода, исчисляющиеся в природе многими десятками тысяч. Их изучение рождает ряд геохимических проблем.

По отношению к организмам, существующим в виде органических смесей 2-го рода, определение отвечающего им однородного живого вещества представляет не только практические затруднения, но с геохимической точки зрения вызывает и некоторые сомнения.

Практически чрезвычайно трудно здесь выделить для исследования чистое однородное живое вещество, так как иногда происходит теснейшее срастание между ним и охватываемым им «хозяином». Так, например, в минорридах невозможно отделить бактерию от окружающего ее субстрата; гифы грибов глубоко проникают внутрь дерева и не могут быть из него извлечены. Еще глубже такие проникновения при паразитизмах, близких к симбиозам, и при симбиозах. Тут даже неясно, что мы должны считать за организм. К этому мы вернемся еще раз позднее, но ясно, что обычное представление о совокупности организмов разных видов, совершенно между собой раздельных, не является столь простым и ясным, как это представляется с первого взгляда. Оно будет еще более сложным, если допустить теорию Эриксона, что некоторые Uredinales, поселяясь в растениях, сливаются с ними своими плазмами и образуют столь тесную смесь, что она неразделима в некоторых стадиях жизни организма никакими механическими способами.

Но помимо чисто практических соображений — невозможности выделить чистое однородное живое вещество, отвечающее данному виду, с геохимической точки зрения такое однородное вещество играет в природе совершенно другую роль и не может быть вполне сравнимо с тем однородным живым веществом, которое или находится в непосредственном соприкосновении с мертвой природой, или же не срастается неразрывно с другим живым веществом. Ибо приведенное в непосредственное соприкосновение с мертвой природой или выделенное из этого срастания, в каком оно встречается в природе, данное однородное живое вещество находится в ненормальном состоянии и может дать нам понятие о производимом им в природе геохимическом эффекте только тогда, когда мы знаем количественные соотношения между проникающими друг в друга однородными живыми веществами, и в тех случаях, когда какая-нибудь однородная живая материя изолирована от внешней среды и мы точно знаем геохимический эффект той однородной живой материи, которая ее заключает.

Таким образом, с геохимической точки зрения мы имеем две резко различные формы однородного живого вещества. Одна — к которой относится большинство видов животных и растений — представляет живое вещество, находящееся в непосредственном соприкосновении с мертвой природой, и другая — от нее изолированная другим однородным живым веществом.

В то самое время, как первый тип однородного живого вещества мы можем изучать в природных условиях непосредственно и он является нам в ней в виде разного рода механических и органических смесей, второй наблюдается в природе исключительно в виде органических смесей. Он отражается в геохимических реакциях только благодаря изменению, которое наблюдается при этом в геохимических функциях того компонента органической смеси, который находится в соприкосновении с внешней средой.

Очевидно, при изучении геохимических явлений нам надо изучать не отдельно однородные живые вещества, составляющие такую органическую смесь, но по возможности всю органическую смесь целиком, так как для нас представляет

интерес не геохимический эффект однородных живых веществ вообще, а тех их форм, которые наблюдаются в природе. Между тем весьма вероятно, что геохимический эффект органической смеси не равен и не тождествен с суммой геохимических эффектов ее компонентов, взятых отдельно.

Необходимо идти здесь тем же самым путем, каким мы идем при изучении геохимического эффекта смесей мертвой материи.

Мы знаем, что для выявления геологических и геохимических явлений мы изучаем в минералогии именно смеси, а не их компоненты.

Изучение их чистых компонентов важно не для познания геологических или минералогических процессов, но для понимания структуры самой смеси. Точно так же и здесь: для изучения геохимических явлений *важно изучение органических смесей однородных живых веществ в целом*, изучение же их компонентов в отдельности может иметь более биологическое, чем геохимическое, значение, хотя, конечно, оно не может являться безразличным для геохимика.

Органические смеси 2-го рода хотя и распространены, но не являются характерными для этого типа форм смешения. Огромная масса органических смесей состоит из организмов, каждый из которых непосредственно связан с внешней средой — из смесей 1-го рода. Таковы, например, те смеси, какие представляют паразитические нарастания организмов друг на друга, например *Viscum album* на деревьях. Зеленые части этого растения находятся в самостоятельном общении и биохимическом обмене с окружающей средой, и в то же самое время его ткани частью теснейшим образом связаны с чуждым ему организмом и нарушают и изменяют его биохимические процессы. Человек в своих плодовых садах создает прививкой к дичкам нужные ему плодовые сорта, целые массы такого типа органических смесей.

На каждом шагу и в девственной природе, и в измененной культурой мы наблюдаем органические смеси 1-го рода. В общем при всем разнообразии их проявлений в природе они тесно связаны с механическими смесями и геохимически должны быть отделяемы от них лишь вследствие трудности разделения их компонентов и вероятному изменению свойств организмов при таком тесном проникновении.

Органические смеси 2-го рода явно отличны от механических смесей и не могут быть с ними соединяемы. Сюда относятся так называемые внутренние паразиты, которые получают вещество и обменивают энергию через посредство другого однородного живого вещества. Нередко такое смешение является очень сложным. Мы имеем дело не только с одновременным паразитизмом многих однородных живых веществ, но и с паразитами внутри паразитов. Живое неделимое является в таком случае как бы реальным осуществлением сказочного «ядра» Кашея.

Явление усложняется еще тем, что однородное живое вещество нередко не во всех своих стадиях находится вне соприкосновения с мертвой средой, принадлежит к внутренним компонентам органической смеси. Так, мы знаем для многих паразитов, что их личиночные стадии живут свободно во внешней среде и, таким образом, непосредственно участвуют в геохимическом обмене. В этих случаях

мы встречаемся с резким изменением положения данного однородного живого вещества в природе. К этому вопросу мне придется вернуться ниже.

Такие явления паразитизма представляют и многие другие особенности, имеющие геохимическое значение. Так, паразиты в разных своих стадиях меняют хозяина. Следовательно, учет их становится еще более трудным, и, с другой стороны, смешение и проникновение химических элементов внутри живого вещества — еще более глубоким и полным. Так, например, *Trypansoma lewisi* из крови крыс попадает в живущую на крысе вошь — *Haematorpinus spinulosa*¹, в ней проходит несколько генераций (несколько однородных живых веществ) и вновь попадает в кровь крысы из *Haematorpinus*'а при сосании им крови крысы. Эта смена хозяина происходит у некоторых организмов после нескольких поколений, развивающихся бесполом путем внутри одного и того же организма, и лишь циста со спорами, происшедшими половым путем, выводится для дальнейшего развития в другой организм. Таково развитие некоторых кокцидий, указанное Шаудином, как, например, *Coccidia oviformis* Lenc., развивающаяся в печени кроликов, но одну из своих стадий проходящая у других животных, в том числе и у человека.

В этих случаях огромная часть жизни организма проходит вне непосредственного общения с внешней средой. Но даже и в тех случаях, когда она проходит через стадию внешней среды, она часто не имеет геохимического значения, так как в форме цисты находится в состоянии латентной жизни, лишенной обмена элементов с окружающей средой.

Но есть организмы (*Haemosporidia*— трихины из *Nematoda*), все разнообразные циклы которых проходят всегда внутри другого организма и в которых их характер как органических смесей этого рода выражен чрезвычайно резко.

По-видимому, того же характера и явления так называемых микроплазм. *Ruscinium triticeina* на ржи проникает в зерна и передается этим путем из поколения в поколение без выхода из организма. Однако здесь в известных стадиях существования происходит общение паразита с внешней средой, и явление оказывается более сложным, чем для животных паразитов.

Оба типа органических смесей, очевидно, не разделены резко в природе, связаны друг с другом. Мы имеем случаи, когда они существуют в биологической истории одного и того же организма, чередуясь между собой в разных стадиях его жизни.

Как один из сложных примеров такой структуры однородного живого вещества можно назвать цикл развития червей (*Trematoda*, например *Diplostomum achinatum*). Этот червь живет в кишках уток, гусей, лебедей. Он дает здесь однородное живое вещество из двух полов, которое, однако, находится вне общения с окружающей средой (I). Яйца выходят в испражнениях этих птиц в воду, где дают подводную личинку (мезоцидий), участвующую непосредственно в геохимических процессах (II). Эта личинка через некоторое время проникает в моллюск *Limnaea (stagnalis)*, дает там две стадии — спороцисты и редии, которые

¹ По современной номенклатуре — *Polyplax spinulosa* Brum. — Ред. издания

опять находятся вне прямого общения с внешним миром (I). Из рений образуются хвостатые церкарии — подвижные личинки, вновь попадающие в воду через выводные отверстия *Limnaea* и вновь дающие живое вещество, непосредственно участвующее в геохимических процессах (II). Церкарии второго типа, отличные по форме (а следовательно, по весу и составу?) от мирацидий, входят в мелкие рачки (*Gammarus*) или личинки ручейников (*Limnephilus*), вновь уединяются от окружающей среды (I). Отсюда они выходят в воду, окружаются оболочкой, давая цисту, которая, должно быть, представляет латентное состояние живого вещества (III), и в виде цисты, попадая в утку, гуся или лебедя, вновь начинают свой цикл. Таким образом, мы имеем здесь три типа однородного живого вещества: 1) органическую смесь, уединенную от внешней среды, — половые особи, спороцисты, рении, церкарии второго типа (I), 2) обычную живую материю (мироцидии, церкарии первого типа (II)) и 3) латентную живую материю (III). Если мы попробуем точно уяснить характер однородной материи *Diplostomum*, мы увидим две ее модификации, свободно общающиеся с миром, и четыре различных, входящих в два посторонних ей однородных вещества.

Органические смеси, особенно смеси 2-го рода, представляют явления *sui generis*, не имеющие аналогий среди явлений мертвой природы.

Отдаленную, очень слабую по своим эффектам аналогию среди смесей мертвого вещества представляют для органических смесей второго рода с геохимической точки зрения так называемые включения минералов и образуемые этим путем физические смеси. Органические смеси, как 1-го рода так и 2-го, резко отражаются на геохимических проявлениях живого вещества, и мы сейчас все время будем встречаться с ними, как только углубимся в анализ понятия живой материи.

Изменение однородного живого вещества во времени

125. Сложность и изменчивость однородного живого вещества на этом не кончаются. В нем мы имеем дело с явлением, меняющимся во времени, и, очевидно, надо знать, в какой и за какой промежуток времени мы берем организмы, подлежащие нашему изучению, учеты их живого вещества.

Мы называем однородным живым веществом совокупность организмов данного вида или расы. Но совершенно ясно, что организм никогда не остается неизменным. Он меняется постоянно и непрерывно. Мы знаем, что организмы размножаются, умирают, поглощают в виде пищи некоторое количество стороннего им вещества, содержат внутри другие организмы, которые тоже меняются, постоянно выделяют в окружающую среду газы, жидкости, твердые тела и т.д. Совокупность организмов — живое вещество — не есть что-нибудь неизменное, но, наоборот, представляет подвижное меняющееся тело.

Эти изменения живого вещества во времени идут в разных направлениях — меняется его количество, вес, его состав, его энергия, характер составляющих его элементов, как морфологических, так и химических, их число.

Я рассмотрю позже некоторые из последних таких изменений, приводящих к нескольким формам однородного живого вещества для одного и того же растительного или животного вида, здесь же остановлюсь на том значении, какое имеет изменчивость однородного вещества во времени для определения его веса, состава и энергии.

Очевидно, для изменяющегося во времени объекта не может быть безразличным момент, который выбирается для его учета, тем более что эти изменения идут закономерно и повторяются периодически.

Наиболее глубокое изменение вносится временем в свойства однородного живого вещества при появлении и исчезновении его элементов, т.е. наибольшее значение имеет появление новых неделимых — рождение организмов или их почкование (деление) и их смерть. Очевидно, мы должны брать живую материю в нормальном состоянии, т.е. принимать явление смерти естественным или таким случайным событием, которое случайно с точки зрения отдельного организма, случайно физиологически и морфологически, но не случайно, а закономерно с точки зрения геохимической. Такова, например, гибель определенного количества организмов оттого, что они являются пищей для других организмов, будут ли то паразиты, хищники или травоядные.

В зависимости от условий рождаемости и такой — обычной — смерти для каждого организма существует некоторая средняя продолжительность его жизни, которая резко меняется для разных его форм. Эта средняя продолжительность жизни для некоторых организмов равняется немногим часам, может быть минутам, и достигает многих годов или столетий для других организмов.

К сожалению, мы имеем в этой области лишь очень отрывочные и случайные наблюдения. Много наблюдений над отдельными проявлениями старости, но средние величины жизни, хотя бы приблизительно, известны для немногих видов, т.е. для немногих форм однородной живой материи.

Однако то, что нам известно, указывает с несомненностью, что средняя продолжительность жизни, а следовательно, и изменение количества неделимых резко меняются для разных видов организмов, а в связи с этим состав неделимых совокупности обновляется целиком для разных однородных живых веществ с различной скоростью. Эта величина смены поколений является очень характерным и важным свойством живой материи.

Сейчас для нас этот вывод из данных наблюдений имеет лишь то значение, что он указывает на неудобство принятия во внимание при определенном составе живого вещества сколько-нибудь длительного промежутка времени. Необходимо изучать состояние живого вещества по возможности мгновенно, ибо только при этом условии мы можем пренебречь смертью неделимых, постоянно идущей в живом веществе и обновляющей его состав, в среднем в течение средней продолжительности жизни неделимого. Если бы мы вынуждены были считаться с таким обновлением, нам пришлось бы для разных однородных живых веществ брать их состояние в пределах различной средней продолжительности жизни их неделимых. Этим путем мы получали бы числа, трудно сравнимые между собой. К

тому же, как мы знаем, средняя продолжительность жизни является меняющейся в зависимости от биологических и, в частности, социальных условий жизни неделимых или их совокупности. Это доказано для человека и, очевидно, существует и для всех других организмов.

Но, кроме того, средняя продолжительность жизни недостаточна для охвата всего явления целиком. Можно рассматривать среднюю продолжительность жизни как длительность одного поколения, в течение которого все вещество, строящее данное живое вещество, заменяется нацело новым. Надо иметь в виду, что в организме идет постоянный обмен элементов, однако часть элементов более устойчива (например, Са, F или P в костях или Si в скелете губок и т.д.) и остается дольше в живом веществе. Но при смене поколений, считая за поколение среднюю продолжительность жизни, все элементы в общем заменяются новыми.

Биологическим, однако, поколением может считаться и другое явление, которое иногда у некоторых организмов, например у приносящих плоды растений, у обладающих метаморфозами насекомых и т.д., выражено резко. Это переход во взрослую стадию жизни, которая дает новое потомство, т.е. новое поколение. При этом продолжительность поколения другая и геохимический эффект его иной: продолжительность короче средней продолжительности жизни, а геохимический эффект связан не с обновлением вещества, а с достижением им новой энергии обмена. Это далеко не всегда будет достижением максимума обмена, как, например, у млекопитающих; иногда, как, например, у бабочек, мы имеем дело с достижением *minimum*'а: в стадии *imago* бабочки совсем иногда не питаются, а только дышат.

Может быть, в геохимии большее значение имеют поколения по возмужалости, чем поколения по средней продолжительности жизни, так как химические изменения при этом, по-видимому, значительнее. Однако точно утверждать это мы не можем из-за недостатка данных.

К тому же все эти явления получают другой смысл, когда мы имеем дело с организмами, которым свойственно бесполое размножение, которые обладают сменой поколений и т.п.

Явления эти слишком сложны для того, чтобы мы могли взять их за исходные для работы в области живого вещества.

Ввиду сложности вопроса и его малой изученности наиболее правильно оставить в стороне при выборе времени, в течение которого изучается живое вещество, процессы, в нем происходящие, и принять чисто формальное решение вопроса: брать мгновенную картину живого вещества, по возможности в самый короткий промежуток времени.

Биологический элемент времени

126. Однако при этом выступают новые трудности вследствие того, что и смена поколений (в любом ее понимании), и средняя продолжительность жизни являются реальными явлениями природы, и мгновенный облик живого вещества

в пределах времени одного поколения или в разные моменты средней продолжительности жизни организмов может довольно резко меняться.

Это ясно при самом поверхностном углублении в природу. В общежитии очень часто указывают, что на Земле нет момента времени, когда бы кто-нибудь не родился и одновременно в другом месте кто-нибудь не умер. В образах поэзии и философии в разные века повторяются такие представления.

Но так ли это в действительности, даже для человека, в том случае, если мы возьмем все живое вещество, отвечающее *Homo sapiens*, т.е. всех людей на всей поверхности земного шара? Сомнения возникают и здесь, и их еще больше, если мы возьмем части живого вещества меньшего размера и небольшое его количество или другое далекое от человека однородное живое вещество, более зависимое от окружающей природы.

Дело в том, что, помимо процесса смерти, мы должны принимать во внимание рождаемость и деление (почкование) — появление новых неделимых. Между тем мы знаем, что рождаемость у животных отнюдь не происходит непрерывно круглый год, а связана с известными половыми периодами. Точно так же не происходит непрерывно и почкование. Даже у человека есть изменение рождаемости по временам года.

Еще резче связано с временами года такое появление новых особей у низших животных, в том числе у насекомых и почти у всех растений. Можно сказать, что в общем во всем органическом мире появление новых особей совершается не непрерывно, а скачками.

Точно так же далеко не непрерывно идет гибель особей, кроме тех случаев, когда эта гибель происходит вследствие того, что данная особь служит пищей для другого организма. А потому ясно, что представление о происходящих ежемгновенно смерти и рождении в общем не отвечает действительности.

К тому же сама рождаемость и аналогичные процессы являются не мгновенными, а длительными. Наиболее ярко это видно из изучения деления одноклеточных организмов. Деление клетки (неделимого одноклеточного организма) есть процесс очень сложный, и самое быстрое деление, нам известное, наблюдается для бактерий.

И здесь, как и во всех вопросах, связанных с живым веществом, мы имеем дело с массовым явлением и поэтому берем среднюю величину продолжительности деления отдельных клеток — то время, в течение которого происходит удвоение числа неделимых данного вида. Для *Bacillus ramosus* Уорд наблюдал удвоение в течение 35 мин; есть случаи, когда это число уменьшалось для других видов до 21 мин. Это предел, которого мы сейчас достигли. Он представляет наименьшую продолжительность поколений, нам известную в органическом мире. По-видимому, до такой малой величины не опускается минимальная продолжительность жизни. Правда, мы имеем указания, что, например, для поденок (*Ephemera*) средняя продолжительность жизни равна получасу, но это относится только к одной стадии *Ephemera*, к ее взрослой особи (стадия *imago*), и та же поденка жила значительно более в других своих стадиях — яйца, личинки, ку-

колки. Мне кажется, вообще средняя продолжительность жизни неделимого в ее минимальной форме является величиной большой в обычных условиях биосферы, скорее всего, определяется не свойствами морфологии или физиологии организма, а интенсивностью взаимного поедания организмов, т.е. строением живого вещества. Следовательно, мы можем рассматривать длительность мгновения существования бактерии как минимальную величину той паузы, которая наблюдается в изменении облика живого вещества в его целом.

Эти числа дают нам время удвоения количества особей. Так как при этом имеют дело не с одной бактерией, а с многими, то получают среднее число для времени деления одной бактерии.

Но мы не можем сравнивать тем же путем — сводить к удвоению количества особей — организмы многоклеточные. Здесь удвоение может идти гораздо быстрее, так как каждое неделимое дает не одно, а множество яиц. Оно не только может идти быстрее, но к этому стремится живая материя, так как в ней выработались чрезвычайно разнообразные приспособления, которые увеличивают возможное удвоение числа особей. Обычно это связано: 1) с чрезвычайным увеличением числа яиц, спор, семян и 2) с увеличением годовых периодов их создания. Но есть еще более сложные приспособления этого рода, еще более изменяющие процесс, таково, например, явление так называемой полиэмбрионии у *Proctotris poideae* (из *Hymenoptera*), когда из одного яйца развивается много зародышей. Поэтому, вычисляя допустимое удвоение числа неделимых, мы получаем фиктивную величину, так как организм сразу может увеличивать количество особей во много-много тысяч раз. Для нас имеет значение средний промежуток между двумя выводками, взятый на протяжении года, причем эта величина для случаев пойдогенезиса, например, отнюдь не связана с полной возмужалостью организма.

Насколько можно судить, эта средняя продолжительность между двумя выводками никогда не достигает того малого промежутка времени, которое проходит между средней продолжительностью выводка бактерий, полученного из наблюдения их удвоения. Едва ли можно сомневаться, что во всяком случае все эти величины не случайны. Не случайна и минимальная величина. Она является характерным свойством живой материи, и мы можем ею пользоваться в тех случаях, когда имеем дело со временем в геохимическом изучении живого вещества.

Можно принять эту величину за *биологический элемент времени*. В течение времени, не превышающего этого биологического элемента, у нас никогда в разнородном живом веществе не произойдет увеличения числа, составляющего его неделимых. Так как мы никогда не можем произвести учет живого вещества мгновенно, то биологический элемент времени определяет максимальную допустимую величину длительности этого учета, правда, только с одной точки зрения, с точки зрения увеличения количества неделимых и смены поколений.

Но в таком сложном явлении существование такого указания имеет значение, тем более что связанное с биологическим элементом времени изменение живого вещества является одним из наиболее резко меняющих его факторов.

Не могу не отметить здесь, что биологический элемент времени должен

играть большую роль в установлении более точного логического представления об индивиде неделимого; это необходимо, ибо это понятие очень неясно и мало разработано. Значение биологического элемента времени связано здесь с тем, что одним из наиболее ярких проявлений индивидуальности является способность ее так или иначе, сложным или простым путем, распадаться на новые индивидуальности. Анализ этого явления, однако, выходит за пределы этой работы. Поскольку это необходимо, я коснусь его еще раз позже.

Периодические изменения однородного живого вещества

127. Из всего только что изложенного ясно, что мы должны приравливать себя и в других отношениях к биологическим условиям жизни организмов и не можем брать картину биосферы в любой момент как картину всего окружения, для них характерную.

Химическая работа живого вещества так же зависит от движения Земли вокруг Солнца, как зависят от этого все проявления жизни; зимой, летом, весной, осенью мы имеем во всех местах земного шара не только однородную морфологическую картину живой природы, но имеем и разную геохимическую работу живого вещества.

Однородное живое вещество для каждого вида организмов и для каждой местности меняется с течением времени в тех его проявлениях, которые только нами и изучаются, — в массе, составе, энергии.

Вместо одного однородного живого вещества для каждого вида, подвида и т.п. мы имеем несколько различных однородных живых веществ. Однородные живые вещества, меняющиеся с течением времени в связи с периодическими изменениями окружающей природы, мы будем называть *периодическими разностями однородного живого вещества*.

Эти разности почти не изучены, хотя мы знаем, что состав, например, растений меняется очень резко в зависимости от их возраста. Для культурных растений мы имеем ряд анализов, которые указывают, например, изменение химического состава, не говоря уже о весе, для зелени, растений в цвету, растений с плодами, наконец, плодов и семян.

Все время идут сложные процессы перемещения химических элементов, их количества и отвечающей им энергии в годовом цикле, вегетационном периоде. Не менее резко наблюдаются те же годовые изменения для Protozoa, у насекомых, паукообразных, ракообразных и т.п. В разные периоды года ввиду их различного возрастного состава или принадлежности к разным поколениям меняется в весе, составе и энергии и отвечающее им живое вещество. <...>

Очевидно, эти изменения не только не случайны, но и относительно немногочисленны. Они могут и должны быть принимаемы во внимание, раз только мы хотим получить общую картину геохимического проявления живого вещества.

Для каждого вида организмов в разные времена года мы имеем разное однородное живое вещество, т.е. ему отвечает несколько периодически повторяющихся

ся однородных живых веществ. Поэтому для определения однородного живого вещества необходимо определять время, когда оно взято для исследования. Иногда отличия между ними очень резкие, иногда довольно слабы, но они всегда могут быть замечены.

Эти отличия не ограничиваются солнечным годом, они далеко за него выйдут. Есть ряд организмов, цикл которых не однолетний, а многолетний. Для таких организмов отвечающее им живое вещество меняется в своем содержании и своих свойствах в течение этих более продолжительных сроков. Так, некоторые хермесы, например *Chermes viridis*, имеют свой сложный, богатый полиморфными и генетическими разновидностями цикл в течение двух лет. На этом протяжении мы должны иметь несколько отвечающих им однородных живых веществ, много более пяти, которые резко различны по морфологическим признакам и, очевидно, не менее отличны и по составу, весу, энергии. Старый лес наших мест резко отличается от леса молодого и достигает такого состояния лишь через десятки лет.

Эти изменения обуславливаются в значительной мере теми различиями, какие вносятся в живое вещество резким морфологическим различием составляющих его элементов, половыми или социальными его разностями, периодически меняющимися во времени, т.е. количеством в нем в разное время индивидов разного возраста, разного пола или разной социальной структуры, например гусениц, личинок, деток, самцов, самок, гермафродитов, трутней, рабочих, маток-цариц и т.п. То или иное правильно повторяющееся во времени количество их придает разный характер составленному из них однородному живому веществу. Мы увидим, что иногда эти различия в его составе так велики, что позволяют выделять возрастные, половые и социальные его разности, в которых тот или иной из этих его морфологически различных элементов преобладает.

Чрезвычайно характерно, что такой процесс периодического изменения меняется и географически — идет различно в разных частях земной поверхности, что связано с разным морфологически элементарным составом одного и того же однородного живого вещества в разных местностях. Эти явления всегда наблюдаются в большей или меньшей степени, наиболее резко они проявляются в тех случаях, когда связаны с образованием половых, социальных или возрастных разностей однородного живого вещества.

Так, филоксера в Европе не дает половых разновидностей. Плакучая ива, разводимая в Европе, *Salix babilonica* (главным образом *S. babilonica fragilis*¹) встречается почти исключительно в женских особях и т.п.

Такая периодичность связана не только с ходом времени в его наиболее простом проявлении, в связи с годовым вращением Земли вокруг Солнца. Она связана с более сложными циклами, например с влажными и засушливыми периодами, вызывающими появление таких изменений в характере однородного живого вещества, которые могут приводить к необходимости выделения таких разностей в особые видовые формы.

¹ *Salix babilonica* и *S. fragilis* — два разных вида рода *Salix*. — *Ред.*

Несомненно, все такие изменения вносят большую сложность в явления живого вещества, однако они могут быть научно изучаемы. Они указывают нам на закономерность наблюдаемых здесь явлений и ставят на разрешение новые научные задачи.

Состав живого вещества

128. Во всем дальнейшем изложении мы будем принимать живое вещество, учитываемое по возможности мгновенно, имея в виду не перейти границу биологического элемента времени.

Перейдем теперь к более точному и конкретному определению состава однородного живого вещества. Определяя его состав как совокупность организмов одного и того же вида, мы должны принимать во внимание биологические особенности, связанные с захватом организмом вещества из окружающей его среды и характером его обмена, т.е. с теми выделениями вещества, которые равномерно производятся организмами в течение времени. С другой стороны, мы должны считаться с тем, что организм во время учета должен быть взят живым, а не умирающим. Необходимо также принимать во внимание и то, что мы изучаем геохимические процессы, связанные с живым веществом, т.е. что нам совершенно безразличны те цели, для которых поглощается или выводится организмом вещество, а важно лишь то изменение, какое вносится организмом в окружающее его и составляющее его вещество.

Исходя из тех соображений, мы будем называть *однородным живым веществом*: 1) совокупность всех живых организмов¹ одного и того же вида, подвида, разновидности, расы, чистой линии и т.д.; 2) части окружающей их внешней среды (воздуха или воды), необходимые для поддержания их нормальной жизни в течение времени учета живого вещества; 3) их выделения (экскременты, моча, пот, выдыхаемые газы и т.п.) в течение того же самого времени; 4) части, теряемые организмами в течение того же времени (листья, сучья, волосы, волоски, элементы эпителия и т.д.); 5) принятую и находящуюся внутри организма пищу или стороннее вещество, ими захваченное например, камушки, земля и т.п.); 6) организмы, погибшие и умершие (или родившиеся) во время производства учета; 7) организмы, в нем находящиеся закономерно (органические смеси).

Легко видеть, что все это исчисление составных частей однородного живого вещества, по существу, сводится к учету организмов в том виде и в том проявлении, в каком они нам являются в природе.

В виде живого вещества мы изучаем не биологический процесс, а геохимический и сводим его к весу, составу и энергии. Очевидно, с этой точки зрения нам важно охватить по возможности целиком вещество, которое изменяется

¹ Под именем живых организмов надо подразумевать организмы, находящиеся в нормальных условиях жизни, но не умирающие. При длительном процессе умирающие организмы еще долго остаются живыми, теряя, однако, части своего состава.

жизненными процессами, хотя бы оно было случайно с точки зрения функций и морфологии организма. Но мы изучаем массовое явление, идем статистическим методом, при этом все настоящие случайности компенсируются, и мы получаем представление о среднем явлении.

Из только что данного определения ясно, что живое вещество далеко не совпадает с обычным представлением биолога, с привычным для него методом изучения.

Совокупность организмов, которую мы берем в форме живой материи для изучения геохимических проблем, превышает ту совокупность организмов, которую бы принял для своих целей биолог. В нее входят тела и части материи, которые биолог может — для главных своих проблем — оставить в стороне, чего не может сделать геохимик. Мне кажется, это вызывается сущностью дела, ибо мы должны всегда стремиться изучить по возможности реальное явление природы, а не абстрактный объект нашего обобщения. Реальным явлением в геохимии является как раз живое вещество в только что указанном объеме.

Это должно быть ясно из следующих пояснений.

Сторонние организмы в элементах однородного живого вещества

129. Для исчисления живого вещества составляющие его неделимые должны быть очищены от всех посторонних организмов, приставших к ним, к их внешней поверхности, и ненужных им для жизни. Казалось бы, надо было исходить из единиц однородного живого вещества, совершенно свободных от других организмов. Это представляет неодолимые трудности и не может быть достигнуто, так как тесная смесь неделимых разных видов является нередко характернейшим проявлением их основных жизненных свойств.

Прежде всего в целом ряде случаев мы не можем отделить некоторые стадии организмов одного и того же вида, так как яйца и зародыши в разные стадии их развития неизбежно будут находиться внутри тех индивидов (или колоний), совокупность которых представляет живое вещество. Это далеко не безразлично и с точки зрения состава, и с точки зрения веса. Вес неделимых повышается, а химический состав яиц, зародышей и семян иногда резко отличается от состава целого индивида. Между тем в целом ряде случаев, например в развитии семян и спор в растениях, яиц в животных, мы имеем нередко дело с многими процентами веса неделимого. Для моллюсков или рыб, например, вес яиц или молодых особей составляет несколько десятков процентов к весу организма. Так, например по наблюдениям Пико, для окуня Женевского озера вес икринок, в нем находящихся, составляет 25% веса полукилограммового окуня. Калуга (*Acipenser orientalis* Pall¹) на р. Уссури достигает веса 30 пудов и содержит 3-4 пуда икры и т.д. Для некоторых рыб такое явление имеет огромное значение во время так называемого хода рыбы, передвижения морских рыб в реки во время нереста. Тут мы имеем дело со своеобразной формой живого вещества, отличного от обычного живого вещества.

¹ В современной систематике — *Huso dauricus*. — Ред.

Нельзя иногда отделять не только неразвившихся зародышей или яйца, но и вполне различных молодых неделимых, теснейшим и неразрывным образом связанных в первые периоды своей жизни с взрослой материнской особью, как например, мы это видим¹ в некоторых случаях для пауков или моллюсков.

В этих случаях нарушается простота представления о неделимом, но мы не выходим за пределы одного и того же однородного вещества.

Но совершенно так же во множестве случаев мы не в состоянии выделить из данного неделимого чуждые ему организмы и принуждены причислять их к данному живому веществу, ибо их нахождение является не случайным, они участвуют во всех геохимических реакциях какого-нибудь однородного живого вещества, без них часто в природе не существующего.

Совершенно свободное от других организмов однородное живое вещество в природе не существует. Оно есть абстрактное создание нашего разума. Мы вынуждены при исчислении однородного живого вещества захватывать биологически с ним связанные чуждые ему морфологические части. Явления эти чрезвычайно разнообразны, вероятно, имеют закономерное проявление в биосфере. Но эти законы нам неизвестны, и мы теперь можем касаться их лишь чисто эмпирическим путем, останавливаясь в виде примера на немногих из множества случаев.

Нередко организмы переполнены внутренними паразитами, в их шерсти и на их поверхности находятся внешние паразиты, от которых нельзя избавиться. Да к тому же очищенный от них организм не будет тем реальным телом природы, проявления которого в окружающей его среде являются объектом изучения в геохимии. На коре деревьев находятся — сотнями и тысячами — эпифиты вроде мхов и лишайников, от которых тоже нельзя избавиться. Грибы своими мицелиями проникают очень глубоко внутрь ткани растений. В организмах всегда заключаются и такие индивиды, которые безразличны для их жизни или, может быть, даже необходимы и полезны, как, например, бактерии в пищевом аппарате позвоночных животных, зеленые одноклеточные водоросли (хлорелла) в инфузориях и других организмах, инфузории в желудке жвачных и т.д. Водоросли из *Shyzyphyta* попадают и живут в клетках высших растений, как это нашел впервые для цикадовых Рейнке (1879). С тех пор такие случаи увеличились: *Nostoc* и *Chroococcus* живут в паренхиме коры *Gunnera* из *Gunneraceae*, распространенном в Южном полушарии, *Anabaena azollae* — в листьях *Azolla caroliniana*, бактерии *Nostoc*, *Anabaena* — в клетках корней многих цикадовых и т.д.

В губках селятся разнообразнейшие животные — рачки, моллюски, черви и т.д., которых нельзя удалить из взятого для исследования организма. Нет никакой возможности в обычной работе выделить эти организмы из их хозяев, и мы вынуждены их анализировать вместе. С геохимической точки зрения это не имеет большого значения, так как если они попадали в эти организмы случайно, то их

¹ В этом месте рукописи вставлен следующий абзац, разрывающий фразу: «Совершенно ясно, что каждому виду или расе отвечает определенное однородное живое вещество, но таких определенных однородных живых веществ несколько, и они закономерно периодически сменяются в земной коре в зависимости от биологических условий существования вида или расы.» — Ред.

существование не скажется в общем химическом анализе или в среднем весе, ибо обладающие ими отдельные особи потонут в массе других, от них свободных. Если же они находятся во всех организмах или в большинстве их, то они — с геохимической точки зрения — представляют неизменную и важную часть данного однородного живого вещества, так как участвуют во всех химических процессах, с ним связанных. К тому же огромную часть своих химических элементов, а иногда и все целиком они получают из элементов содержащего их организма, следовательно, история химических элементов в данном однородном живом веществе пошла бы совершенно иначе, если бы их не было в содержащем их хозяине.

Но, несомненно, присутствие таких сторонних организмов не может иногда не отражаться очень резко на весе, на энергии и на составе данных организмов, так как, например, развитие паразитов нередко принимает столь большие размеры, что правильная жизнь их хозяина нарушается, и, очевидно, такие организмы не могут быть взяты как исходные для суждения о составе данной однородной материи. Так, например, нельзя брать за исходное для хлебных растений неделимые, пораженные ржавчиной, или для каких-нибудь водных моллюсков (например, *Paludina*) особи, зараженные паразитами, нередко составляющими более половины веса пораженного ими организма. На первый взгляд казалось бы, что для средней пробы надо брать средние организмы, т.е. здоровые, а не больные, со средним содержанием включенных в них сторонних организмов.

Однако это далеко не всегда отвечает природному нахождению совокупности организмов — живого вещества. Болезни — не случайные явления в природе: они не только появляются временами как нормальное явление и меняют геохимический эффект живого вещества, но в то же самое время являются чем-то ненормальным, враждебным только с точки зрения отдельного организма. Мы здесь в названии «болезнь» своеобразным образом переносим при рассмотрении природного процесса нашу антропоцентрическую точку зрения на другие организмы. С точки зрения природного процесса и всего живого вещества, взятого в целом, болезненные проявления в массовом эффекте получают совершенно иной облик, они являются одной из форм строения живого вещества. Особенно ярко это сказывается для болезней, связанных с паразитами.

Изучая живое вещество, т.е. массовую совокупность организмов, мы должны считаться с тем, что такие болезни одних организмов являются неизбежным условием жизненного существования других организмов. Они представляют неизбежное проявление сложной структуры живого вещества, и я вернусь к ним, когда буду ее касаться. Здесь же только отметим, что необходимо принимать во внимание при установке живого вещества среднюю «болезненность» организмов, т.е. среднюю пораженность их посторонними организмами, среднее их количество, находящееся обычно в них в природных условиях.

Но это среднее количество не остается неизменным в течение времени. Оно меняется во время эпидемий, и, очевидно, тогда состав, масса и энергия живого вещества меняются. Мы имеем все переходы между чистым от паразитов живым веществом «хозяина» и живым веществом паразита с примешанным к нему «хо-

зьяном», причем в этом последнем случае это живое вещество является неустойчивым и скоро умирает.

Оставляя пока в стороне эти вопросы, отметим только чрезвычайную сложность открывающегося перед нами живого вещества. Если мы возьмем какое-нибудь растение, то едва ли мы найдем один экземпляр его, свободный от паразитов или сожителей. Мы знаем, что оно меняется при этом, нередко чрезвычайным образом изменено морфологически.

130. Еще важнее для нас его химические изменения, и, чем больше углубляемся мы в изучение живой природы, тем более ярко выявляется перед нами взаимное не морфологическое, но химическое воздействие двух соприкасающихся организмов. Для растений это сказывается в резком химическом изменении мест нахождения в нем тех или иных сторонних организмов. Вблизи этих мест идут своеобразные процессы, которые связаны нередко с образованием новых химических веществ в растениях, в других местах не встречающихся.

Среди таких новообразований большое значение имеют так называемые галлы («корешки», клубеньки, которые и с биологической и с геохимической точек зрения заслуживают серьезного внимания.

Галлы сейчас вновь возбуждают столь же большое внимание, какое они возбуждали в момент зарождения новой науки, когда, с одной стороны, их смешивали с плодами растений, с другой — думали видеть в них места, где происходит самозарождение животных организмов. На них обратили внимание уже древние, например Диоскорид, и их знали натуралисты XVI в. — Маттиоли, Клузиус и другие, но наибольшее внимание они вызвали в XVII столетии, когда ими занимались крупнейшие натуралисты того времени — Гарвей, потом академики флорентийской *Academia della Crusca* Вивиани, Кассини, Реди, Мальпиги, Гассенди и др. Около галлов велся оживленный научный спор, перенесшийся в XVIII столетие, когда ими занимался Реомюр. По мере того как выяснилось, что галлы не являются местом создания животного организма из растительного и не являются органом растений, большой интерес к ним замер, но к середине XIX в. в связи с увеличением интереса к общим вопросам биологии мы наблюдаем новое пробуждение этих исследований, создание особой науки — *цецидологии*. Едва ли можно сомневаться, что ход научной работы приведет здесь ко многим для нас неожиданным открытиям и что в галлах мы имеем оригинальную и важную черту структуры живого вещества, с которой мы должны считаться в геохимии.

Для геохимических процессов галлы имеют большое значение, во-первых, по своей распространенности, во-вторых, по своеобразию связанных с ними биологических явлений. Количество их едва еще охвачено наукой, хотя число их быстро растет: в 1858 г. Гаймгоффен исчислял число тех галлов, которые вызываются животными, в 300-350, в 1908 г., через 50 лет, по Гауру, число известных зооцецидов доходит до 6000, и, очевидно, мы еще очень далеки от охвата всего явления в его целом.

Галлы в некоторые периоды времени захватывают огромное количество неделимых, и видов растений и составляют заметную часть по весу организма. Для

галлов, как и для других форм живой материи, можно различить галлы рассеянные и галлы, наблюдаемые массами. Условия появления тех и других связаны с биологическими условиями жизни организмов, вызывающих галлы. Так, например, для хермесов типичны рассеянные галлы. Особый случай мы имеем для мигрирующих видов, которые образуют крылатые особи. При их передвижении, перелете на другое растение множество их гибнет, и только относительно немногие особи дают галлы, встречаемые вследствие этого в рассеянии. Виды, не дающие мигрирующих генераций, например галлы *Chermes lapponicus* Cholodk¹⁴⁰¹, *Chermes abietlis* Kaif., «очень часто встречаются десятками и сотнями на одной ветви и соответственно этому губят множество побегов» (Холодковский) и образуются при нахождении в растениях некоторых насекомых, бактерий и грибов. Для некоторых из этих организмов нахождение их в галлах или клубнях является нормальной частью их существования. Оно характерно для определенных генераций одной из стадий их живого вещества.

Хотя галлы производятся главным образом растениями, но приурочены они, например в галлах, вызываемых насекомыми (тлями, осаами и т.д.), к потребностям живущих в них животных, и нет сомнений, что сторонние организмы действуют не только механически, но и химически, ибо они вводят в растение посторонние вещества (например, грибы, шавелевую кислоту). В веществе орешков одновременно участвуют, таким образом, оба организма, вместе живущие, и мы должны его относить к живому веществу того и другого. Очевидно, в этом случае нельзя анализировать растение, отбрасывая, например, у бобовых клубеньки, содержащие бактерии и до известной степени и материально с ними связанные, ибо такие бобовые не были бы теми бобовыми, которые производят определенный геохимический эффект в природе. В то же самое время и анализ этих бактерий без сопровождающих их клубеньков бобовых не отвечал бы условиям их действия в природе. С геохимической точки зрения важнее анализ их смеси и причисление галлов и клубеньков к живым веществам обоих организмов в том случае, когда их надо по тем или иным соображениям изучать отдельно. В галлах и клубеньках мы имеем случай оригинальной сложной органической смеси однородных живых веществ. Сложность этой органической смеси чрезвычайно повышается в тех случаях, когда, как, например, на *Rosa canina*, образуется сложный галл, где в одном более или менее связанном между собой образовании поселяется несколько разных видов насекомых, например ос.

Мы подходим этим путем к тем сложным формам смесей, которые являются нам в виде симбиозов.

Между болезнями и симбиозами есть все переходы, например между симбиозом орхидей с ризохтонами и заболеваемостью других растений от других грибов. Границу между таким симбиозом и болезнью мы проводим очень произвольно.

¹ Очевидно, автор имеет в виду вид тли *Chaphalodes strobilobius lapponicus* Cholodk., / который образует галлы на старых елях. — *Ред.*

Мы подходим здесь сразу к тем затруднениям в определении чистоты изучаемого однородного живого вещества, с которыми мы встречаемся всюду, на каждом шагу, в течение нашей работы и которые делают область исследования этих явлений гораздо более сложной, чем область такого же изучения тел мертвой природы. Между больным и здоровым организмом существуют все переходы, и нельзя дать ясного логически неопровержимого определения понятий «здоровый» и «больной» организм; приходится идти произвольным путем, отбрасывая по возможности крайности — те случаи, когда «болезнью» поражены многие организмы при отсутствии «эпидемии», и принимая их во внимание, когда мы имеем дело с эпидемической «болезнью».

Индивид как элемент живого вещества

131. Но эти затруднения, связанные с таким явным *проникновением* независимых живых организмов одного в другой, представляются простыми, когда мы определяем живое вещество как совокупность организмов.

Затруднение связано со сложностью нашего представления об организме.

Говоря о совокупности организмов, мы должны точно знать, где кончается в природе один организм, а начинается их комплекс. Этого мы сделать очень часто не в состоянии.

Наиболее просто было бы отождествить организм с неделимым, индивидом, как это очень часто делают. Но при таком отождествлении, достаточном для целого ряда случаев, для многих организмов мы встречаемся с огромными непреодолимыми затруднениями.

Под индивидом — неделимым — мы можем понимать (понимаем) различные вещи. С одной стороны, индивид понимается в смысле естественного тела, т.е. обособленного и явно отличимого предмета в окружающей нас природе, с другой — в смысле автономного естественного тела, способного отстаивать свое обособление от остальной природы, всегда разнородного, т.е. составленного тесно связанными между собой, не обуславливаемыми внешними причинами функциями. Организм представляет индивид в этом последнем понимании.

Первое понимание отвечает только «естественному телу». Естественными телами могут быть любые предметы в природе, обособляемые нами от окружающей среды, — минералы, почвы, горные породы, ископаемые, кристаллы и т.п. Организм тоже является естественным телом, и все, что логически может быть указано для естественных тел, может быть отнесено и к нему.

Но в понятие живого вещества организм входит не только как естественное тело, но и как автономное естественное тело, как индивид. Это понятие автономного, самодовлеющего естественного тела проникло в науку из областей философии, теологии, поэтического творчества. Оно не укладывается в рамки ясных логических определений, нередко вызывает значительные сомнения в своем содержании, но тем не менее оно, несомненно, есть реальное явление в природе, могущественным образом влияет на все наше научное мировоззрение и на научную работу.

Несмотря на это, трудно проследить сейчас исторический ход развития наших пониманий индивида, особенно когда мы перейдем от человека к организму животному или растительному. Индивид для нас еще во многом не освободился от своего антропоцентрического содержания.

И все же это строяемое, логически несовершенное понятие индивида имело и имеет огромное значение в биологии. Оно проникает уже работу великих биологов XVIII столетия, ясно сознавалось Линнеем и Бюффоном. Оно же резко проявилось в определении жизни, например в господствовавшем долгие десятилетия и в живом до сих пор определении Биша, который рассматривал организм как автомат, но с внутренней организацией, отличной по отношению к внешней среде, и считал, что жизнь главным образом заключается в самозащите организма от разрушения его внешней средой.

Эта автономность организма и сейчас проникает все наше мировоззрение и вначале мало вызывала сомнений и затруднений. Усложнение получалось главным образом с 1840-х годов, когда начало проникать естествознание учение о клетке, окончательно охватившее научную мысль через одно научное поколение. В это время вошло в жизнь учение о клетке как автономной единице многоклеточных организмов. В связи с этим в науку вошло представление о сложном — сборном — организме, каким являются все многоклеточные растения и животные.

В обычных случаях, теоретически, сборный индивид — многоклеточный организм — не возбуждает, однако, никаких сомнений и не требует никаких особых указаний при изучении живого вещества. Мы берем для живого вещества многоклеточных организмов совокупность сборных неделимых, как берем в одноклеточном — совокупность клеток.

Однако, обращаясь к реальным явлениям природы, мы наблюдаем многочисленные явления, когда нет возможности точно выяснить, имеем ли мы в этом последнем случае по отношению к многочисленным организмам сборный индивид или собрание более или менее независимых индивидов. Эти затруднения являются следствием сложности самого понятия о сборном неделимом. Точно и ясно его определить нельзя, так как есть все переходы от сложного неделимого к свободному собранию неделимых. Логически правильно было бы сводить все к клетке, если бы само понятие клетки было бы так просто, как оно нам представляется в наиболее простых случаях. Но и понятие клетки, как мы знаем, есть сложное понятие, и сведение вопроса к ней, если бы оно было возможно в многоклеточных организмах, мало бы помогло нам в наших исканиях.

С каждым годом все более отходит в прошлое недавно господствовавшее — в общем очень упрощенное — представление о многоклеточном организме. Наряду с клеткой начинают искать и находить в нем другие составные части, и сама клетка из простого индивида получает характер сложного тела, может быть, симбиоза.

Мы встречаемся здесь с общим явлением в естествознании, когда основные понятия не поддаются логически точному определению, ибо всякое определение естественных явлений или предметов связано с их упрощением, и при переносе его на отвечающие ему явления или тела мы неизбежно рано ли, поздно ли встре-

тимся со случаями, где неправильность упрощения скажется, возникнут противоречия между природным явлением и как будто отвечающим ему логическим понятием.

Поэтому, принимая в общем легкую возможность различения неделимых при определении однородного живого вещества, мы должны в отдельных случаях вносить произвольные ограничения в сложное явление. Особенно резко это сказывается в растительном царстве, но наблюдается также и среди животных организмов. Мы имеем здесь бесчисленные разнородные случаи, среди которых в виде примера остановимся на некоторых. Усложнения связаны со способностью живого вещества давать разнообразные органические смеси.

Благодаря этому очень часто нельзя быть уверенным, что части организма принадлежат к одному и тому же растительному или животному виду. Такие случаи мы имеем, например, среди *лишайников* *Hepaticae*¹. Мы видим эти тела рассеянными по всему земному шару, и местами они образуют большие скопления однородного живого вещества, покрывают сплошным покровом многие сотни и даже тысячи квадратных километров. Систематически различают более 5000 видов этих организмов, и конца этого исчисления еще не видно. Несомненно, в целом ряде научных работ это соединение гриба и водоросли представляет совершенно определенный индивид, по-видимому, даже весьма неизменный в своем составе, так как количество входящих в его состав веществ гриба и водоросли является весьма постоянным. С геохимической точки зрения каждый отдельно растущий лишайник есть элемент однородного живого вещества, какое бы объяснение его строения ни оказалось в конце концов верным, будет ли это чистый симбиоз или особый тип сапрофитного или паразитного строения. А между тем с морфологической точки зрения трудно счесть их за индивиды, т.е. не исключена возможность, а в некоторых случаях она даже и доказана, независимого существования составляющих вид лишайника видов водоросли и гриба или симбиоза орхидей с ризоктонами. К тому же, по-видимому, систематика лишайников может быть построена по грибам, так как нет несомненных случаев (проверить!), когда один и тот же гриб дает два лишайника.

С другой стороны, есть ряд случаев, когда в состав лишайника одновременно входит несколько водорослей, иногда принадлежащих не только к разным родам, но и к разным порядкам. Поэтому, может быть, с морфологической точки зрения правы те систематики, которые совершенно выбрасывают лишайники из рассмотрения классов растений и растворяют их в грибке или присоединяют к грибам (как фон Ветштейн) в виде особого их подкласса. Но такой взгляд на лишайники невозможен с геохимической точки зрения: лишайники имеют совершенно особую функцию в химических процессах земной коры и являются чрезвычайно своеобразной и важной составной частью в строении живой материи, резко отличаясь от грибов и водорослей. <...> Однако уже указывалось, что геохимически мы должны рассматривать такие срастания как виды и строить из них живые

¹ Подкласс *Hepaticae* (печеночники) относится к классу *Bryophyta* (мохообразные). — *Ред.*

вещества. Несомненно, мы находимся здесь только на пороге наших знаний, и трудно сказать, какие неожиданности для представлений об индивидуе даст нам в будущем изучение такого рода сложных органических смесей.

В очень многих явлениях мы имеем дело с еще более темными и неизученными случаями. Нередко мы сталкиваемся с явлениями, когда некоторые постоянно присутствующие в организме и играющие в нем важную роль части возбуждают сомнения: являются ли они частями неделимого данного вида, или сросшимися с ним, или вросшими в него чужеродными неделимыми. Таковы, например, хлорофиллоносные клетки морских и пресноводных животных, которые сейчас начинают считаться зелеными водорослями, и так называемый ложный, или придаточный, желток — *Pseudovitellus* гистологов, различных тлей — *Aphididae*, также и других насекомых — из *Cicadidae*, *Psylloidea*, *Aleurodoidea*, *Cercopidae*, *Cicadellidae*, которые по-видимому, правильно Шульц (1910) объяснил как симбиоз в теле тлей различных *Saccharomycetaceae* — дрожжевых грибов.

Здесь начинают перед нами вскрываться явления, может быть, во многих геохимических проявлениях аналогичные галлам.

Может быть, явление это еще более глубокого характера, если подтвердятся дальнейшими работами указания Портье и Бьерри о распространении бактерий симбионтос в жировых тканях млекопитающих — в нервах, яичнике и т.д.

Для очень многих организмов, даже однородных, в видовом отношении мы, как уже было указано раньше, тоже не можем брать в расчет индивидуы, так как организмы эти не являются в природе в виде неделимых, но всегда дают сложные колониальные образования из многих неделимых, например колонии гидроидов, некоторых инфузорий и т.д. Для таких организмов для исчисления живого вещества лучше всего брать за исходное не неделимое, а их колонии.

Колония является как бы сложным неделимым, и от нее есть все переходы к простым неделимым. Поэтому и в целом ряде биологических вопросов можно приравнивать к неделимому колонию, например, гидроида, тем более это необходимо делать в геохимических явлениях, где исчезают все морфологические особенности организмов. Для таких организмов мы будем под именем живого вещества подразумевать совокупность всех колоний данного вида организмов.

В целом ряде других случаев, далеких от обычных представлений о колониях, например во мхах, в растениях, обладающих корневищами, развивающихся от корней, пускаемых стеблями и т.п., чрезвычайно трудно найти границы неделимого и отличить его от пучка неделимых. Такие случаи должны решаться в каждом отдельном примере и нельзя дать для них общего правила.

В частности, по отношению к корневищам или можно брать, когда это возможно, или все корневище со всеми находящимися на нем цветущими или приносящими плоды (для цветковых) растениями, или принимать за неделимое каждое цветущее растение, отделив произвольно к нему небольшую часть прилежащего корневища. По отношению к мхам приходится поступать так же, произвольно выделяя легко отделяемые и случайно отделенные в природе части мха как его неделимые. При всей неудовлетворительности формального признака найти другой

мы не можем. Сфагновое болото нередко фактически является производным многих неделимых, существующих иногда сотни тысяч лет и книзу непрерывно переходящих в торф. Где здесь дать «естественную» границу неделимого? Ее нет в природе в этом случае, и надо взять границу искусственную. Это необходимо при исчислении живого вещества, при сведении его к весу, составу и энергии. На этом примере мы особенно ясно видим недостаточность принятого нами при исчислении однородного живого вещества элемента — неделимого. Однако мы не можем сейчас заменить его другим, лучшим. <...>

Мы не будем применять к живому веществу те приемы изучения, которые мы применяем к мертвой материи, когда мы исходим из любого определения ее веса или объема. Если бы мы пошли другим путем, мы не выиграли бы многого. Получив известные удобства в одном отношении, мы одновременно создали бы себе новые большие затруднения в другом.

132. Раздробленность живой материи на мелкие части — неделимые, колонии и т.п. — является самой характерной ее особенностью. В этом отношении мы не имеем ничего похожего среди горных пород, с которыми нам при геохимическом изучении надо ее сравнивать. Отдаленную аналогию представляют минералы, но для минералов этот признак в геохимических проблемах не играет такой роли, как для живой материи, и может быть оставлен в стороне. Во-первых, мы изучаем геохимический эффект не минералов, а их ассоциаций — горных пород, реже — минеральных тел, а во-вторых, минерал является в общем химически *однородным телом*. Для анализа и изучения можно взять любую часть минерала, чтобы получить представление о химических свойствах как целого минерала, так и его комплексов. Благодаря однородности минерала для него нет минимального предела того его количества, которое можно брать для изучения, чтобы получить о нем правильное представление. Для горной породы мы имеем уже минимальный предел, но этот предел довольно произволен и велик. Он тем больше, чем крупнее зерна горной породы, и вызывается ее неоднородностью. Для правильного суждения о составе всей горной породы мы должны даже брать ее *средние пробы*, искусственно составлять необходимые для изучения смеси.

В живой материи, в неделимых ее составляющих, мы имеем естественный минимум возможного для исследования вещества, необходимого для того, чтобы получить знание состава и энергии живого вещества. Меньше неделимого нельзя взять для анализа, так как состав неделимых неоднороден и его части химически различны. В то же время каждое неделимое автономно и действует в природе всюду, в том числе и в геохимических процессах, независимо от других его неделимых. В живом веществе мы изучаем лишь сумму эффектов этих неделимых. Живая материя всегда раздроблена. Поэтому, очевидно, из-за некоторых затруднений, иногда встречающихся при определении и нахождении неделимого, нам нет ни малейшей возможности терять естественное основание изучения живого вещества, составляющее его неделимое. Для каждого живого вещества есть свой минимум вещества, к которому должны сводиться его состав, и его вес, и его энергия, составляющие его неделимое и его аналог.

133. Во всех этих случаях, как для сборных неделимых, так и для колоний и симбиоза, мы имеем дело с формами *органических смесей*. И при углублении в эти явления мы можем ясно убедиться, что, *входя в органическую смесь, неделимое не остается неизменным, а в общем, явно меняется в своих свойствах.*

Здесь мы видим резкое отличие их от механических смесей живого вещества, для которых мы не имеем никаких оснований допускать такое изменение неделимых. Эти изменения, весьма вероятно, сказываются и в химическом составе, хотя до сих пор с этой точки зрения вопрос не был изучен. Но ход изменения очень резко сказывается морфологически. <...>

В симбиозах, к сожалению, это изменение прослежено в недостаточной степени, но оно резко бросается в глаза в случаях паразитизма, где изменение хозяина, например для *Euphorbia* при заражении грибом или в многочисленных случаях болезней, изучаемых в патологии, мы наблюдаем на каждом шагу.

Впрочем, при тех неуловимых переходах, которые наблюдаются между паразитизмом и симбиозом, мы должны допустить их и для симбиозов. Микоризы, клубеньки клевера и т.п. являются яркими примерами таких изменений.

Чрезвычайно важно изучение этих явлений с химической точки зрения в различных случаях паразитизма, так как мы знаем, что благодаря разному химическому составу паразит вытягивает из хозяина определенные вещества и тем самым резко влияет на его химические свойства, а следовательно, так или иначе и на геохимические явления. Так, мы имеем концентрацию Mn и P у разных ржавчинных грибов, например у *Claviceps purpurea* (до 53,88% P₂O₅ и 3,30% MnO по Рандору, 1857). К сожалению, малое количество наблюдений не позволяет здесь делать выводов, но не могу не отметить, что имеет огромное значение изучение этих явлений с точки зрения приложения этих знаний к борьбе с паразитами.

Благодаря такому характеру элементов органических смесей видовых однородных живых веществ наши суждения о них еще больше зависят от меняющихся условий их существования и требуют для своего понимания еще большего количества эмпирических данных, чем наши суждения о механических смесях.

Здесь валовые анализы смеси приобретают особое значение.

Постороннее вещество в однородном живом веществе

134. Необходимость принимать во внимание некоторое количество стороннего организму вещества, нужного для его жизни, во время его учета связана с тем, что организм должен быть взят для исследования живым, т.е. не может быть вполне удален из той среды, в которой находится. К организму надо прибавить некоторое количество воздуха, необходимое для его дыхания во время взвешивания, и некоторое количество воды для водных организмов, обеспечивающее их поверхность от ненормального высыхания и позволяющее продолжение в тот же промежуток времени, по возможности, их газового обмена.

Что касается прилегающего к организму слоя воздуха, то принятие его аргіогі при определении веса организма встретило некоторые технические трудности. Мы взвешиваем организмы в воздухе, и поэтому проникающие организмы газы, находящиеся в соприкосновении с атмосферой, исчезают из нашего учета.

Благодаря этому обычное взвешивание организма дает нам числа, не отвечающие тому количеству вещества, которое в действительности находится в организме; получаемые числа всегда ниже действительных. Тем более это справедливо по отношению к тому слою воздуха, который прилегает снаружи к организму. Он точно так же не отражается на получаемых числах взвешивания.

Несомненно, однако, все газы, проникающие организм, имеют большое значение в геохимических вопросах, так как они изменены в своем составе жизнедеятельностью организма и в таком измененном виде возвращаются в атмосферу, т.е. принимают участие в геохимических процессах.

Для их учета необходимо применять новые методы работы, пойти очень сложным путем. Однако при современном положении этого вопроса все такие более тонкие задания при первоначальном приближении к учету явлений могут быть нами временно оставлены в стороне, так как мы сейчас не имеем даже данных для веса организмов при обыкновенных условиях взвешивания. Мы вынуждены мириться с тем, что мы захватываем в изучаемое нами живое вещество только часть принадлежащих к нему газов, которая находится во время взвешивания в замкнутых пространствах или в растворе. При этом несомненно, что эта часть газов не представляет постоянную величину, но меняется во время биологических процессов, например газы, растворенные в крови организма и его жидкостях. К тому же при обычных валовых анализах мы нередко совершенно отбрасываем эти газы, и их состав не отражается на получаемом химическом составе.

Совершенно другое положение дел вытекает из необходимости взвешивания в живом, не умирающем состоянии водных организмов. Тут и на наших весах мы улавливаем необходимую прибавку.

Наиболее правильным приемом будет взвешивать такие организмы в воде и затем вычесть из этого веса вес слитой с организмов воды. В таком случае получаемая привеска отвечает тому тонкому слою воды, который пристаёт к организмам. Эту привеску мы тоже должны причислять к весу живого вещества — учитывать ее неизбежное положение в живом организме.

При взвешивании в воде исчезают из измерения только те части воды, находящиеся в организме, которые находятся в соприкосновении с внешней средой, т.е. с водой, в которой мы взвешивали организм. Для ее учета выгоднее быстро взвешивать вынутый из воды влажный организм.

Неизбежно при взвешивании организма причисление к его весу и той пыли и грязи, которые пристаёт к нему снаружи, проникают во все его отверстия и складки. Вымывать и очищать организмы мы не только не можем без траты огромного количества времени, делающей, в сущности, совершенно неисполнимым точное взвешивание организмов, но и по существу, когда мы берем организм как реальное природное тело и изучаем его проявление в окружающей природе в его скоплениях, т.е. в массовых эффектах. Мы не можем брать подчищенный организм, а должны брать его в том виде, в каком он находится в природе. Тем более что все вещество, которое находится на его поверхности, охвачено проявлениями его химизма и изменяется под его влиянием.

Пыль впитывается в кожу и химически изменяется: действуют потовые железы животных. Еще глубже срастаются с организмом пыль и механически приставшие более крупные части в растительных организмах — на коре дерева, в слоевидных лишайниках, во всех частях растений, куда они забиваются.

В частях растений — корнях, клубнях и т.п., соприкасающихся с почвой или аналогичной ей грязью водных бассейнов, нередко можно наблюдать совершенно непрерывный переход организма в гумусовое вещество почвы или грязи. Мы знаем, что образование гумуса при гибели организма есть процесс биохимический, и мы имеем здесь одну из очень мало обращавших на себя внимание форм биоценоза организмов.

Мы не можем отделить пыль и грязь от процессов жизни организма, и в среднем массовом проявлении такое привхождение пыли и посторонних частиц механически, внешним путем, без участия избирающей способности организма, является неразрывным характерным, постоянно геохимически проявляющимся свойством каждого живого вещества. Не отмывая и не очищая организм от приставших к его телу частиц, мы при его учете в виде живого вещества должны, однако, избавиться от механически захваченных им частиц почвы и т.п., явно не связанных с жизнедеятельностью организмов, недавно к нему приставших.

Совершенно то же самое можно сказать и по отношению к водным организмам, особенно тем, которые живут в морской грязи, в морском песке. Их отделить от песка невозможно, и грязь проникает их еще больше, чем наземные организмы, входит в целый ряд разнообразных химических процессов, с ними связанных, и должна быть учитываема как составная часть их живого вещества. Как бы мы ни очищали такой организм от приставшей к нему грязи, это будет тщетной работой. К тому же очень часто нельзя решить, «случайно» ли пристала грязь к организму, или же она биологически для него необходима. Вместе с тем, если мы не будем принимать во внимание эту приставшую к водному организму бентоса грязь, мы не сможем правильно учесть геохимические процессы, здесь происходящие, так как они все находятся под влиянием организмов и не могут быть сведены к чисто химическим явлениям.

Я все время указывал здесь на вес организма, но, очевидно, все взвешенное вещество мы должны изучать с точки зрения его энергии и химического состава. И в числа, им отвечающие, войдут целиком все эти сторонние организму биологов части живого вещества.

В большинстве случаев все эти подмеси не составляют очень большой части веса живого вещества, правильно изученного.

Однако есть случаи, где они составляют большую часть по весу. Таковы, например, живые вещества Aphididae, ос, бактерий, тех галлов, в которых сосредоточены эти организмы в высших растениях. Мы видели, что мы должны причислять вещества галла к живому веществу организма, вызывающего образование галла.

Еще более резко это сказывается для таких микроскопических организмов, как, например, бактерии, протозоа, грибы, водоросли почв. Здесь мы неизбеж-

но должны захватывать с ними часть окружающей мертвой среды, так как среда эта охвачена их биохимическими процессами. С геохимической точки зрения к живому веществу создающих гумус бактерий должна быть присоединена вся та часть мертвых органических веществ, которая охвачена в химическом изменении продуктами выделения этих бактерий, если таковые есть. Гумус почвы — весь живое вещество.

Но и помимо микроорганизмов почв, при учете живого вещества микроорганизмов мы никогда не можем в достаточной мере избавиться от вещества окружающей их среды, и оно всегда будет составлять заметную по весу часть их живого вещества.

Неживая часть организмов в однородном живом веществе

135. Совершенно неизбежно всегда принимать во внимание в течение изучаемого времени разнообразные выделения совокупности организмов и включать их в состав живого вещества.

Так, невозможно отделить от живого организма пот, кал, находящийся в кишках, или мочу в мочевом пузыре. Мы неизбежно взвешиваем их вместе с живым неделимым или колонией. Очевидно, если при поимке или во время процесса взвешивания и подготовки организма для анализа происходят такие выделения, они должны присчитываться к учитываемому живому веществу и изучаться вместе с ним.

В таких организмах, как паукообразные или гусеницы, выпускающие паутину, к весу комплекса организмов, к живому веществу, должна причисляться и выпущенная ими в течение опыта паутина. Должны причисляться и слизь, выпускаемая моллюсками, вода, выделяемая некоторыми деревьями, выделения гусениц или тлей, не говоря уже о выделениях микроорганизмов, о которых упоминалось раньше.

Нельзя при этом не отметить, что, в сущности, значительная часть таких выделений или является переполненной новыми живыми частями вещества — паразитами, сапрофитами, не окончательно переваренными частями пищи, или чрезвычайно быстро используется организмом, или заселяется. Очень ярко это видно по отношению к экскрементам и моче.

Мы знаем, как быстро моча заселяется уробактериями; процесс ее биохимического разложения иногда начинается еще во время учета живого вещества. В экскрементах высших животных выносятся огромное количество продуктов паразитов — яйца, цисты, членики ленточных глистов, разные формы личиночных стадий Trematoda, например церкарии *Dirtomum*, самцы трихин и т.п. Это один из путей, которым вновь входит в общение с внешней средой то однородное живое вещество, которое составляет органическую смесь, от нее разобщенную.

Несомненно, это живое вещество, проникающее выделение организма, не принадлежит морфологически к данному виду, но геохимически оно от него неотделимо и должно быть к нему причислено, ибо в природных условиях оно участвует во всех геохимических проявлениях этого живого вещества, выделением которого оно является. Количество этих продуктов, выделяющихся в каждую

единицу времени, зависит от свойств живого вещества и условий его общения и в общем представляет в среднем величину, для данного вида мало изменчивую.

Совершенно то же самое надо сказать и по отношению к другим продуктам организмов, причисляемым к данному живому веществу, — к теряемым им своим частям, пище и к его трупам.

Части организма, им теряемые, вследствие ли внешних случайностей его жизни или процессов его развития всегда не являются вполне отмершими и теснейшим образом связаны с живым веществом, нами изучаемым. Очевидно, дело идет только о тех частях организма, которые теряются во время процесса учета вещества, и их будет тем меньше, чем короче момент, в течение которого производится учет. Нельзя не обратить внимание на то, что потеря частей организмов не является вполне случайной с геохимической точки зрения. Так, во время листопада наших деревьев удаляется этим путем из организма значительная часть кальция, с волосами животных удаляются мышьяк и йод, с перьями некоторых птиц — медь и т.д.

В общей экономии природы количество таких отбросов очень велико, а так как оно связано с определенными биологическими условиями жизни организма (например, листопад деревьев, линька животных и т.п.), то это количество различно в разные времена года. Поэтому, очевидно, и с этой точки зрения далеко не безразлично, в какое время биологической истории данного организма оно берется для учета. Осенью, например, в наших широтах для деревьев потеря вещества с листопадом очень велика, весной для некоторых наших деревьев идет эта потеря в виде опадающих цветов и цветочной пыли, в другие времена года она составляет очень небольшую часть данного живого вещества. Отпадающие части не сразу умирают целиком и довольно быстро становятся добычей эпифитов, паразитов и сапрофитов. Здесь мы имеем это явление, пожалуй, еще более резко выраженным, чем для экскрементов и тому подобных выделений.

Нередко отмершие части остаются на организме, от него не отстают большее или меньшее количество времени. Так, например, для некоторых видов дуба (например, *Sumnir*¹, разновидность *Quercus* наших широт) характерно сохранение на дереве отмерших листьев, которые на нем сгнивают. Значительная часть листьев листопада наших деревьев сохраняется на дереве более или менее долго. Листья, части эпидермиса, черенки, остатки стручков и т.п. части растений постоянно сохраняются на каждом растении, как сохраняются и на животном организме части зубов, волос, кожи и даже тела, уже отмершие и которые оно рано или поздно потеряет. Пальмы и древовидные папоротники сохраняют основание и черенки листьев, и стволы их покрыты умершими и отмирающими, медленно отпадающими, но неотделимыми от живого организма частями растений.

Эти листья, например у пальмы *Copernicia tectorum* леса льяносов Южной Америки, остаются на стволах в течение нескольких лет.

Почти все, что сказано о выделениях организма и его отпадающих частях, может быть сказано и по отношению к пище, которая находится внутри организмов

¹ Имеется в виду раса дуба *Quercus var. tardiflora* Czern. (так называемый зимний дуб). — *Ред.*

при их жизни в форме живой материи. Очевидно, мы всегда взвешиваем организм совместно с находящейся в нем непереваренной пищей. Количество ее, например находящееся в желудке жвачных, бывает очень велико и составляет значительную часть всего веса организма. Это имеет место не только по отношению к животным, но и по отношению к растениям, не только к таким, как *Utricularia*, которые захватывают для пищи насекомых, но в каждом растении всегда находится в растворах или запасах неиспользованная пища. Голодное состояние организма, очевидно, не может считаться нормальным, и геохимически живое вещество всегда нормально переполнено пищей. Поэтому для среднего живого вещества находящуюся в нем пищу необходимо включать в понятие живого вещества. Совершенно так же, как пищу, необходимо включать и другие посторонние организму тела, которые им захватываются в течение его жизни. Одни из них попадают в организм совершенно случайно, но, несомненно, им изменяются и должны быть учитываемы, так как случайность в единичном случае является закономерным процессом в массовом ее проявлении.

Процесс этот совершенно подобен тому процессу, который связан с нахождением пыли на поверхности организма, и отличается только тем, что в данном случае посторонние части глубоко проникают в организм и более глубоко подвергаются изменению происходящими в нем химическими процессами. Таковы, например, те камешки, которые проглатываются некоторыми птицами, может быть, в связи с пищеварительными процессами, те кусочки и осколки скал, которые захватываются гифами лишайника, или та земля, которая постоянно проходит через пищевой аппарат червей или некоторых личинок насекомых. На этом последнем примере можно особенно ясно увидеть то различие, какое существует между организмом (неделимым) в понимании биолога и геохимика. С точки зрения биолога земля, проходящая через пищевой аппарат дождевого червя, не может считаться принадлежностью его тела: вес червя получится только тогда, когда мы очистим его от захваченной им земли. Совершенно другое понимание индивида дождевого червя должен иметь геохимик. В природе он имеет дело только с дождевым червем, захватывающим землю, проводящим ее через свой пищеварительный аппарат, изменяющим при этом ее химически, и дождевой червь, лишенный содержащейся в нем земли, не будет тем естественным телом, которое подлежит его изучению. Только дождевой червь с содержимым своего пищеварительного аппарата будет неделимым однородного живого вещества. Едва ли к тому же химический состав так взятого однородного живого вещества для *Lumbriculus* будет случайным в зависимости от «случайности» состава почвы. Состав почвы, где живет данный вид *Lumbriculus*'а, не случаен с геохимической точки зрения: червь выбирает почву, ему подходящую, и поселяется только там, где находит нужные ему для жизни вещества, т.е. где он может совершать отвечающую ему геохимическую работу. Нельзя не отметить, что в данный момент и пища, находящаяся в органах организма, и почва, ими охваченная, пропитаны частями вещества не мертвого, а живого.

Наконец, как указано выше, необходимо принимать в состав живого вещества и те трупы (и те новые неделимые), которые образовались в течение интервала учета. По отношению к ним можно повторить все то, что сказано по отно-

шению ко всему предыдущему. Необходимо иметь в виду, что мы берем очень короткий промежуток времени, а процесс умирания многоклеточного организма есть процесс длительный. В организме человека, например, жизнь некоторых клеток сохраняется десятками часов после смерти, а в течение 1/2-1 часа еще много элементов, составляющих его тело, остаются живыми. Можно сказать, что организм, умерший в течение времени учета, является в значительной части своей еще живым. Одноклеточный организм умирает вообще только от внешних случайных причин, и потому, очевидно, при массовом их учете эти случайности теряются в общей массе однородного живого вещества, из них составленного.

Необходимо еще отметить, что в геохимическом смысле в состав живого вещества входят целиком и все связанные с ним посторонние выделения вроде раковины моллюсков, брахиопод, некоторых ракообразных и т.п. Все вещество этих выделений целиком должно относиться к живому веществу. Как мы знаем, в некоторых случаях оно сильно превышает по весу остальное неделимое. Мы имеем здесь целый ряд различных случаев и форм таких выделений, например точно так же, как раковина моллюсков, должен учитываться и студенистый домик аппендикулярный или кокон паука или гусеницы. Однако, как всегда в естествознании, и здесь трудно иногда провести границу области, нами изучаемой. Есть все переходы от таких защитных образований, выделяемых секреторными процессами изнутри организма, к таким же образованиям, строяемым ими из окружающего их мертвого вещества. Такие образования, как гнезда саланган, гнезда ос и т.п., не должны включаться в живое вещество, так как организм не связан с этими выделениями в одно неразрывное целое, хотя, несомненно, их выделения находятся в теснейшей связи с живым веществом и имеют, в общей массе взятые, геохимическое значение. Их приходится рассматривать отдельно, хотя иногда трудно решить, куда отнести такие образования, и во многих случаях мы будем причислять их к живому веществу, когда они непрерывно связаны с данным организмом, хотя вещество, в них входящее, не является его секретцией, т.е. образовалось не биохимическим путем. Таковы, например, составленные из мельчайших камешков, связанных органическим веществом, оболочки некоторых *Rhizopoda*, например *Diffugia*.

Биологические разности живого вещества

136. Сложность однородного живого вещества сказывается наиболее резко в том, что для каждого вида или расы этих разностей получается несколько, в зависимости от биологии организма, от его приспособления к окружающей его среде.

Это связано с морфологической, а следовательно, и химической неоднородностью элементов однородного живого вещества — его особей, колоний и т.п.

Такие морфологические различия связаны с возрастом, полом, социальной структурой.

Мы уже видели, что колебания в количестве и характере этих морфологических элементов однородного живого вещества в течение времени образуют сезонные или периодические его разности.

Очень часто эти колебания идут так далеко, что на земной поверхности выделяются части одного и того же однородного живого вещества, различные по своим свойствам, благодаря резкому преобладанию того или другого из морфологически различных элементов однородного живого вещества.

Мы будем называть такие разности *биологическими разностями однородного живого вещества* и различать разности половые, *возрастные* и социальные. Очень часто мы изучаем живое вещество данного вида составленным из всех этих морфологически (и химически) различных элементов, причем мы берем их в тех количественных соотношениях, какие существуют в данный момент в природе.

Однако это зависит только от малого изучения живой природы в целом, обращения главного внимания на морфологию и физиологию организмов, а не на явления, связанные с ними в природе как с живым веществом.

В действительности мы наиболее часто встречаемся в природе с разделением однородного живого вещества на отдельные группы, в которых преобладают его морфологические (и, конечно, химические) разности, связанные с полом, возрастом или социальной структурой.

К сожалению, малая изученность этих явлений не позволяет нам охватить их во всем их объеме, и мы вынуждены давать о них понятие рассмотрением отдельных повторяющихся случаев, научно не классифицированных.

Сколько возможно, я попытаюсь подойти к такой классификации при рассмотрении отдельно возрастных, половых и социальных разностей однородных живых веществ, реально существующих в природе.

Начнем с возрастных разностей.

137. Наблюдение показывает, что состав однородного живого вещества бывает с точки зрения возраста составляющих его элементов очень различный.

Наиболее крайними случаями будут: 1) такие живые вещества, которые в природе составлены элементами всех возрастов или многих возрастов, и 2) такие живые вещества, которые никогда не наблюдаются в природе в совокупности всех входящих в их состав возрастных элементов. Возрасты резко разделены во времени.

Наблюдая окружающую нас природу — крупные растения и животных, мы можем убедиться, что совершенным исключением является тот случай, когда рождение на свет новых особей происходит непрерывно в течение всего года, т.е. когда непрерывно, всегда, в данном однородном живом веществе сосуществуют все возможные различные возрастные группы.

Таким организмом является человек, к которому эта способность, по видимому, выработана долголетней культурной жизнью. Но и для культурного человека большинство зачатий относится к весеннему периоду — маю и июню, и существуют, следовательно, колебания численности возрастных групп, рождающихся в разные времена.

Среди млекопитающих мы наблюдаем ту же независимость половых периодов от времени года только у некоторых домашних животных, например у коз и ослов, по крайней мере в теплых странах.

У других животных существуют определенные периоды спаривания, им отвечают однородные живые вещества, то богатые, то бедные молодыми особями.

Так, например, состав вида диких животных или птиц будет резко колебаться в зависимости от времени года, так как у них рождение приурочивается к известным периодам года. В некоторые месяцы мы совершенно не будем иметь детских особей или яиц птиц, в другие мы будем иметь дело с большим количеством детских или полувзрослых неделимых. При этом меняется не только вес отвечающего виду живого вещества, но и его энергия и химический состав. Мы знаем, что химический процентный состав детского организма, яйца, семени иной, чем у взрослых особей.

Иногда такое различие бросается в глаза, например увеличение количества кальция в яйцах птиц, черепах, некоторых пресмыкающихся. Во всех яйцах увеличивается процентное содержание калия и фосфора, в некоторых, например иногда у моллюсков, меди, цинка и т.д.

Состав яйца, так же как семян или спор, наиболее регулируется автономным организмом. В него не попадают случайные элементы.

Очевидно, эпохи, когда в данном однородном живом веществе наблюдается большое количество семян, спор, яиц, должны химически сказываться на его составе.

И это различие чрезвычайно редко наблюдается, когда однородное живое вещество состоит только из такой возрастной разности, которая составлена из яиц, семян или спор.

Такие возрастные разности особенно часто наблюдаются для растений и беспозвоночных животных.

Зимой в нашем климате многие одноклеточные растения сохраняются только в виде семян или спор — в латентной форме жизни. В сухое время на поверхности в пыли и земле, в падах и низинах — лужах и озерах сырого времени — многие ракообразные (*Arus* и т.п.), инфузории и прочие организмы сохраняются только в цистах и яйцах. Однако они наблюдаются и среди позвоночных, очень ярко выражены у амфибий — у лягушек, когда появляются в природе массы их яиц или головастиков.

Преобладая над взрослыми особями, они как возрастные разности данного однородного живого вещества даже образуют в природе самостоятельные скопления. Очень часто в некоторые времена года совершенно отсутствуют взрослые или старые особи, а существуют лишь детские, молодые генерации. Это, например, мы резко видим у растений или насекомых. Очевидно, состав личинок жуков или гусениц бабочек далеко не одинаков с взрослыми неделимыми, и есть периоды в жизни природы, когда они совместно не наблюдаются. В таких случаях, очевидно, мы должны отдельно знать вес, энергию и химический состав возрастного однородного живого вещества данного вида или расы, резко меняющиеся, таким образом, в своем геохимическом значении в течение годового периода.

В теснейшей связи с этим находится и резко выраженное морфологическое различие. Как бесконечно велико оно для одного и того же растения, когда оно входит в состав биосферы, разнородного живого вещества в виде семян или в полном расцвете! Но помимо семян, здесь мы наблюдаем другую возрастную форму живого вещества.

Для некоторых растений, например для многолетних трав нашего климата, в течение зимних и осенних месяцев все их однородное живое вещество сосредоточивается в корнях, корневищах, клубнях, луковицах, очевидно далеко не идентичных по своим свойствам с однородным живым веществом того же растения в эпоху его цветения.

Морфологические различия между неделимыми разных возрастов, разных генераций одного и того же вида организмов огромны, а следовательно, огромны и различия — химические, энергетические, весовые — отвечающих им возрастных разностей однородного живого вещества.

Между гусеницами или личинками, куколками, *imago* насекомых эти различия бросаются в глаза всякому, но они не меньше, если не больше и в других группах организмов, например среди животных у ракообразных. Для растений наблюдаются резкие различия и в образовании возрастных разностей однородного живого вещества, и во многих других случаях, кроме указанных семенных, луковичных и тому подобных стадий. Так, например, мы наблюдаем такие возрастные разности для надземных генераций. Есть времена года, когда мхи и лишайники в наших широтах выражены только или почти в виде проталиев, а орхидеи иногда наблюдаются только в виде протокорм.

Количество таких возрастных разностей живого вещества изменяется в связи с биологическими условиями существования некоторых организмов. Мы нередко имеем много разных возрастных стадий. Так, например, для насекомых иногда явление усложняется так называемым *гиперметаморфозом*, когда у данного вида в связи с явлениями паразитизма появляется несколько стадий личинок и куколок. Явление это было сперва изучено Фабром (1857) для *Sitaris humeralis* (жук из семейства Meloidae) и позже оказалось свойственным и другим насекомым.

Сюда же должно быть отнесено и явление педогенезиса, открытое Н.П. Вагнером (1862), когда такие поколения личинок образуются без перехода в куколки, как это наблюдается в семействе Cecidomyiidae из Diptera. В разнообразии природы и бесконечных приспособлениях организмов к условиям их жизни мы наблюдаем многочисленные и разнообразные явления этого рода. Очень часто эти приспособления выражаются в инстинктах и привычках организмов, но им — в геохимических условиях — отвечают нахождения возрастных разностей однородного живого вещества и правильное, закономерное изменение производимой им геохимической работы.

Так, некоторые высшие животные образуют временные возрастные скопления живого вещества. По Черкасову, изюбры в Восточной Сибири составляют стада в несколько сот голов только зимой. Перед наступлением теплого времени

взрослые самцы оставляют стадо, где остаются только молодые изюбры и телята. Ко времени течки уходят и самки, образующие своеобразные половые скопления (полигамические стада).

Чрезвычайно резко связаны эти биологические разности у рыб и, может быть, вообще у морских организмов. Для многолетних рыб мы имеем особые стада и стайки мальков и взрослых рыб, больше того, рыбы одного возраста держатся вместе, отдаленно от рыб младших и старших возрастов. Может быть, это является простым, чисто механическим следствием случайностей их зарождения, может быть, связано с какими-нибудь нам неясными проявлениями социального инстинкта. Мы видим это деление однородного живого вещества на каждом шагу, так, например, для скатов *Raja* и *Trugon* в Черном море в бентосе, на различных отмелях и у разных берегов живут скопления разновозрастных, разного веса животных. Едва ли они химически идентичны.

Все эти биологические особенности, несомненно, не проходят бесследно в геохимическом отношении. В своей совокупности они образуют геохимию биосферы. Человек, истребляя диких животных, например тех же изюбров, нарушает не только картину природы, но и ход геохимических процессов. Любопытно, что он тоже среди рас создает временные возрастные разности, например в стадах телят.

Половые разности однородного живого вещества

138. Чрезвычайно своеобразной чертой строения однородного живого вещества является любопытная ее полярность, выражающаяся в существовании двух полов — мужского и женского.

Огромное количество видов организмов принадлежит к обоеполым разностям. Количество таких видов, где это свойство живой материи не проявляется, достигает нескольких тысяч, едва ли десятков тысяч, тогда как раздельно половые неделимые сосредоточены в нескольких миллионах видов. Выраженное весовым путем, это различие еще резче. Так что мы можем считать это свойство наиболее характерным и основным для живого вещества.

Несмотря на это, исходя из предложений более философского, чем научного, характера, предполагая, что жизнь началась на Земле когда-то из более простых организмов, допускают, что было время, когда на Земле существовала жизнь только бесполого вещества. Только путем долгой эволюции из него выработались половые разности. В этом представлении являются гипотезами, не основанными на фактах, и то, что жизнь на нашей планете имела вообще начало, и то, что при этом начале она была представлена самыми простыми и однообразными элементами.

В действительности половые разности уже ярко выражены в самых старых доступных нашему изучению слоях земной коры — в кембрии и в тех формах докембрийской фауны, которые сейчас перед нами открываются. Сверх сего мы имеем многочисленные случаи, когда в видах, размножающихся половым пу-

тем и в которых представлены — морфологически — оба пола, начинается бесполое размножение, но мы не имеем одного случая обратного характера.

Поэтому, основываясь на фактическом материале, мы будем считать, что половые различия в однородном живом веществе наблюдаются как яркий и характерный признак на всем протяжении доступной нашему изучению геологической истории Земли. Нигде мы не видим геохимических процессов, где бы участвовала только живая материя без половых различий.

139. Эти половые разности всегда резко — иногда чрезвычайно резко — выражены морфологически. Уже поэтому, на основании общего принципа, мы должны считать, что неделимые разного пола химически различны и что эти различия будут проявляться и в элементарном составе. Надо ожидать, что и геохимический эффект обоих полов может быть различный.

Хотя явления эти изучены недостаточно, однако все, что мы знаем, указывает нам на это чрезвычайно ярко и заставляет настойчиво стремиться к систематическому изучению этих явлений ввиду большого научного и практического значения связанных с ними вопросов. Важно обратить внимание на химические различия разных полов не только с геохимической, но и с чисто биологической точки зрения, ибо вопрос о происхождении пола до сих пор является неясным, и очень возможно, что его разрешение связано как раз с изучением биохимии организма. Мы знаем и теперь, что иногда резко отличается по своему химическому составу. Например, мужские и женские особи *Limulus*, по старым, правда требующим проверки, наблюдениям Гента, отличаются очень резко по количеству в золе меди и железа. По опытам Готье известно, что мышьяк собирается различно а женских и мужских особях человека, что он концентрируется в менструальной жидкости и в женских волосах и т.п. Очевидно, мы должны наблюдать то же самое и для железа в организме человека, так как количество эритроцитов в женских и мужских организмах резко различно, а между тем, сколько можно судить по очень недостаточным данным о количестве железа в организме человека, оно главным образом определяется его содержанием в красных кровяных шариках (Бунге).

К сожалению, таких данных чрезвычайно мало, ибо до сих пор этот вопрос химически не изучался. А между тем на решение вопроса о поле в биологических дисциплинах, с ним связанных, потрачена огромная многовековая работа и скопилась огромная литература. Уже в 1909 г. Фюрбрингер (и раньше Гегенбаур¹) указывал, что полученный при этом результат не отвечает затраченному на него труду. Этот вывод не изменился за эти 12 лет², хотя темп работы и ее количество не только не уменьшились, но, даже, вероятно, увеличились. Очень возможно, что такой малый успех проблемы отчасти зависел от того, что вся работа шла исключительно в рамках морфологических данных и что биохимия была оставлена в стороне.

¹ Gegenbaur K. Grundzuge den Vergleichin den Anatomie. Leipzig, 1870.

² Это писалось в 1921 г.

140. Исходя из этого, мы должны считать, что однородное живое вещество, состоящее из индивидов двух полов, представляет своеобразную механическую смесь и что в тех случаях, когда мужские или женские неделимые могут в природных условиях или находиться в смеси в неодинаковых количествах, или сходить на нет, мы можем получить половые разности однородного живого вещества. Эти половые разности должны обладать разным химическим составом, следовательно, должны различным образом влиять на геохимические процессы.

Мыслимы для каждого такого однородного живого вещества следующие половые разности:

- 1) смесь обоих компонентов — мужского и женского, без ясного преобладания того или другого;
- 2) смесь их, в которой преобладает мужской компонент;
- 3) смесь их, в которой преобладает женский компонент;
- 4) один мужской компонент;
- 5) один женский компонент.

Наблюдая бесконечное разнообразие явлений природы, мы действительно встречаем в ней все эти *пять* возможных половых разностей, причем их образование идет двояким резко различным путем, и одно и то же однородное живое вещество в разных случаях, в разные времена и в разных местностях дает те или иные из этих разностей.

Образование таких разностей, с одной стороны, связано с малоизвестными нам внутренними свойствами организма, а с другой — с более или менее изменчивыми условиями его биологической жизни, его инстинктов, привычек, влияния внешней среды. Несомненно, существуют переходы между этими двумя явлениями, так что мы далеко не всегда можем провести между ними границу. Тем более что для животного (и растительного?) организма проявления привычек — инстинкта в широком его понимании — сводятся, вероятно, тоже к внутренним свойствам организма, являются для него столь же характерными видовыми признаками, как не связанное как будто с его психической жизнью появление при рождении определенного количества мужских и женских неделимых, образующих природную смесь.

При этом появление различных половых смесей и по составу и по происхождению оказывается чрезвычайно распространенным.

141. Обращаясь к внутренним свойствам организма, мы замечаем, что есть постоянное, трудно меняющееся число, которое выражает отношение между рождающимися неделимыми разного пола.

Колебания, которые при этом наблюдаются, как для разных видов, так и в пределах одного и того же вида в разных экологических и географических условиях его нахождения, очевидно, зависят от тех явлений внутреннего характера, которые обуславливают зарождение после оплодотворения из яйца или семени мужского или женского индивида.

Наибольшее количество наблюдений этого рода сделано над животными организмами.

В основу изучения этого явления кладется определение так называемого *показателя мужских рождений*¹. Оно давно обращало на себя внимание, и имеется довольно много относящихся сюда определений, главным образом для разных классов животного царства, но все же их недостаточно для получения общей картины.

Для самых различных групп мы имеем это отношение близким к единице (относят к 100). Это наблюдается для человека, где в среднем показатель равен 105,8 - 106,7, в среднем 106,3 для Европы. Он меняется, как увидим дальше, с географическими и расовыми условиями. Более или менее хорошо он изучен для домашних животных:

Свинья	111,8	(Вилькенс)	Лошадь	99,7	(Дарвин)
Овца	97,7	(Дарвин)		98,3	(Дюдинг)
Бык	94,4	(Дарвин)		97,3	(Вилькенс)
	107,3	(Вилькенс)	Собака	104,5	(Лейкарт)
				110,0	(Дарвин)

То же наблюдается у многих хищных млекопитающих, четвероруких. Среди птиц — у хищных, некоторых Gallinaceae, Palmipedes, Passeres (максимальный у голубей — 115%), у большинства рыб. Колебания в числе особей незначительны у многих Lepidoptera и других насекомых. Для Lepidoptera имеются наблюдения Штандфуса над многими тысячами неделимых. Здесь этот показатель равен 101-117.

Аналогичные случаи мы имеем и среди растений. Так, например, для *Mercurialis annua* этот показатель равен 106, т.е. совершенно такому же числу, какое наблюдается для человека.

Во всех этих случаях в обычных условиях мы должны ждать половой разности первого рода, когда количество мужских и женских особей почти одинаково и химические свойства живого вещества будут приблизительно средними между химическим составом мужского и женского неделимого. <...>

Обычно в комплексе такого живого вещества А+Б, где А — количество мужских, а Б — количество женских особей, можно лишь наблюдать ослабление влияния тех или иных из них. Среди позвоночных очень часто ослабляется фактор А. Так, у жвачных, грызунов, некоторых хищных количество самок преобладает над количеством самцов, например, по Фришу, для кошек А:Б = 1:20.

<...> Особенно много таких случаев, когда преобладают женские особи, т.е. третья половая разность. Так, для *позвоночных* есть указания этого рода для рыб и для птиц. Среди рыб иногда самцы так редки, что не могли быть найдены. Так, у *Cobitis taenia* и *Cobitis fossilis*² их не нашел Ратке. Возможно, однако, что это связано с трудностью различения самцов и самок по внешним морфологическим признакам.

Для птиц это выражено временами. Так, например, по Ф. Берленешу, первые годовые выводки диких птиц в наших широтах состоят почти исключительно из

¹ Показатель мужских рождений указывает число самцов, рождающихся на каждые 100 самок.

² В современной систематике — *Misgurnus Fossilis*. — Ред.

самцов, вторые — из самок. Здесь мы видим разделение живого вещества по полам, несомненно отражающееся и в его геохимических проявлениях.

Очень распространено такое явление среди некоторых групп насекомых. Может быть, оно здесь связано с переходом к партеногенезису, может быть, со своеобразным социальным строем (например, у пчел). Но есть случаи, когда мы это объяснить не умеем. Так, у *комаров*, целыми тучами собирающихся в лесах и болотах севера, в высоких широтах умеренного пояса и арктических областей, наблюдались лишь самки. Для *Rhodites rosae* (из *Cynipidae*) на несколько сот самок встречается один самец. По Келликеру, для *Asterias rubens* показатель мужских рождений 2% , по Лейкарту, для некоторых нематод еще меньше. В паразитной Нуменоптера Эмблетон нашел это число равным 0,1%. Здесь мы имеем почти чистую женскую половую разность живого вещества, полученную первичным путем.

Чрезвычайно обычны такие случаи женских половых разностей среди *растений*. Тут мы имеем уже совсем чистые разности. Так, *Stratiotes aloides*, наблюдаемый в Европе и Северной Азии, в Северной Европе известен только в виде женских особей. На огромных пространствах для финиковой пальмы, например в Египте, разводятся искони только женские особи, а для оплодотворения достают мужские цветки издалека — из пустыни.

Азиатская плакучая ива (*Salix babilonica fragilis*)(145) при культуре в Европе дает только женские особи. Очень яркий пример представляет *Elodea*. С конца 1830-х годов в Европе стало распространяться североамериканское растение *Elodea canadensis*, заселившее теперь все наши воды. Везде мы имеем для нее только женские особи. *Elodea canadensis* образует иногда скопления, которые, например в реках Северной Германии, затрудняют судоходство.

Гораздо реже получают, по-видимому, *мужские половые разности* этим путем. По Мейнеке, показатель мужских рождений у некоторых *Lepidoptera* доходит до 400% и, может быть, подымается и выше. Еще резче это наблюдается в насаждениях пирамидального тополя (*Populus italica* = *P. pyramidalis*), который у нас представлен почти исключительно мужскими экземплярами, искусственно отбираемыми.

142. Эти явления образования половых разностей под влиянием изменения количества особей каждого пола при рождении не остаются неизменными. Они могут меняться под влиянием причин, которые являются для нас неизвестными.

По-видимому они меняются в связи с изменением внешней среды и условий питания организма. Так, показатель мужских рождений для обыкновенной лягушки (*Rana*), по Пфлюгеру, резко меняется в связи с ее происхождением (от 13,2 до 46,7%).

Может быть, это связано с условиями питания. Существуют многочисленные опыты над влиянием питания на беспозвоночных, которые, по-видимому, показывают, что при обильном питании увеличивается число женских особей. Но вывод этот не может считаться доказанным.

Для *Phyllopora* есть наблюдения над влиянием солености воды, которая как будто повышает показатель мужских рождений.

Вероятно, в ближайшее время получатся данные, которые выяснят этот вопрос. Но пока мы можем только указать на то, что этот признак не является неподвижным и что, очевидно, он должен меняться в зависимости от географических и экологических условий существования.

Получить общую картину явления мы сейчас еще не можем. Для этого нет достаточных данных.

Еще разнообразнее те половые разности однородного живого вещества, которые получаются благодаря биологическим условиям жизни организмов, хотя бы они давали потомство с близким количеством особей каждого пола.

Эти проявления мы видим на каждом шагу. Они связаны с нравами, инстинктами организмов, взаимоотношениями их разных видов. Иногда такие половые разности, например у многих животных, реже у растений, образуются временно, простым разделением полов, иногда же они связаны с временным исчезновением какого-нибудь пола. В нашей современной природе эти нестойкие, чрезвычайно чувствительные к изменению влияний внешней среды половые разности меняются еще и под влиянием человека.

Очень обычны такие половые разности среди млекопитающих, самки которых отделены от самцов в течение тех или иных периодов их жизни или когда количество самцов (при полигамии), например у домашнего рогатого скота, ничтожно по сравнению с количеством самок. Здесь благодаря различному значению самцов и самок в человеческой жизни изменения в общем складе живого вещества производит человек. Он действует сам, прямым культурным видоизменением, уничтожая самцов в культурных расах (например, у быков или овец) и создавая скопления однородного живого вещества одного пола или меняя соответственным образом соотношения полов у диких видов организмов. Как пример последнего рода можно привести те изменения, которые человек вносит в жизнь птиц. В неволю — а иногда и при охоте — попадают главным образом самцы, и этим путем изменяется соотношение полов в природе, где у птиц самцы значительно преобладают над самками.

Но те же явления наблюдаются в природе не тронутой или мало тронутой человеком, в связи с исконной биологией различных организмов.

Так, среди высших животных косяки диких лошадей состоят в известные периоды из самок с одним жеребцом. То же самое мы наблюдаем у изюбров в Забайкалье. С весны собравшееся, зимой их стадо раскалывается, а в период спаривания образуются косяки из 10-15 и больше маток и одного быка. Популяция *Phoca proboscideus*, введившаяся на островах около Новой Зеландии, по Фрейсинэ, в периоды кормления детенышей разделяется на две части: самки находятся на острове и окружаются плавающими в море самцами, их оттуда не выпускающими. Фрейсинэ объясняет это явление инстинктом охраны потомства, так как в море находятся опасные для тюленя враги. С геохимической точки зрения мы видим здесь временное образование женских и мужских половых разностей одного и того же однородного живого вещества, находящегося рядом.

В других случаях и в других группах организмов эти разности разделяются еще более резко.

Так, например, среди бабочек, в тучах их, носящихся на солнце на берегу р.Тэффе (приток р.Амазонки), Бэте наблюдал почти исключительно самцов. Самки их прячутся в лесах. Иногда в хорошую погоду бабочки-самцы *Symmachia trochilus* и *S. colubris* «буквально кишат». Мы можем заметить то же и у растений. Так, например, для целого ряда *Hydrocharitaceae* в известных стадиях их жизни — для *Vallisneria*, *Elodea*, *Hydrilla* женские особи целиком поднимаются на поверхность воды, тогда как мужские растут на дне и на поверхность поднимаются только их цветки. У гаг (*Somateria mollissima*) самцы плавают малыми стайками отдельно от самок на берегах Белого моря или Ледовитого океана.

Еще большее значение имеют те случаи, когда в данный момент в природе существуют только особи одного и того же пола, или случаи, когда вследствие тех или иных причин особи одного пола чрезвычайно преуменьшены в количественном отношении. Это последнее явление мы наблюдаем, например, у пауков, среди которых встречаем обычно только самок. Самцы погибают или умерщвляются самками.

Несомненно, внимательное изучение природы дает нам огромное количество наблюдений этого рода и позволяет охватить тот тонкий механизм, посредством которого временным или постоянным преобладанием того или иного пола в частях однородного живого вещества регулируется геохимическая работа организмов в коре выветривания. Эти колебания и эти половые разности однородного живого вещества теснейшим образом связаны с другим, гораздо более общим и грандиозным биологическим явлением природы — сменой морфологически различных поколений. Их необходимо рассматривать совместно.

Смена морфологически различных поколений

143. Явления смены поколений и партеногенезиса были замечены еще в XVIII и даже в XVII столетиях, но получили правильную оценку лишь в XIX в., хотя, может быть, и до сих пор еще их реальное значение в истории природы не оценено в должной мере.

Явления чередований поколений были для тлей указаны уже в 1697 г. Левенгуком, но он не понял значения явления, не дал его общего охвата. В XVIII в. вошли они в сознание натуралистов, когда перед человечеством открылась впервые картина тех поразительных явлений, которые проходят перед нами в нас окружающем во многом чудесном мире насекомых. Реомюр, Бонне, де Геер впервые раскрыли существование для одного и того же мира организмов — для тлей — поколений, происшедших бесполом путем (крылатых и бескрылых) и путем половым.

Работы Бонне, вышедшие в 1745 г., установили и смену поколений *Aphididae*, и партеногенетический характер происхождения ряда их летних поколений. Уже по представлению Бонне, вышедшая весной из оплодотворенного яйца самка (*la pusei gone*) дает — без оплодотворения — живых детенышей. Выросшие особи дают — без оплодотворения — новое поколение самок, и после ряда таких бесполом путей происшедших поколений получается к концу лета поколение из самцов и самок, яички которых весной дают начало поколению самок. Однополый характер летних

поколений (самки) был ясен Бонне, и уже потом появились попытки открыть у них гермафродитизм. Бонне уже видел однополую однородную живую материю <...>¹.

С середины XVIII в. эти вопросы не выходили из поля зрения натуралистов. История этих исследований — прекрасный пример глубокого философского и научного значения всякого незначительного явления природы, раз только мы возьмем его правильно, т.е. широко и полно. Целый ряд крупных обобщений естествознания связан с изучением тли. И все же работа эта недостаточна.

Морфологическая и физиологическая стороны биологии тлей скрыли от нас ее геохимическую роль.

Внимание было обращено одновременно на две стороны. С одной стороны, изучались явления партеногенеза, размножения без оплодотворения у ряда организмов, обладающих раздельными полами, у высокоорганизованных, не микроскопических, как мы теперь говорим, многоклеточных. С другой — изучалась смена поколений, происшедших тем или иным бесполом делением и половым — конъюгацией — путем у одноклеточных. Aphididae явилась лишь одним частным случаем в широкой мере распространенного явления природы. И значение его выяснилось нами постепенно и очень медленно.

Почти одновременно с Бонне в 1744 г. Тремблей открыл бесполое размножение почкованием у гидры — открытие, оказавшее могущественное влияние на человеческую мысль. В 1767 г. Спалланцани, обобщив вековой опыт садоводов, указал на постоянно идущее бесполое размножение ряда самых обычных двудольных растений без оплодотворения — конопли, тыквы, дыни, шпината и т.д. Эти работы не обратили на себя внимания. Признание партеногенеза у растений вошло в жизнь лишь в середине XIX столетия.

К этому времени выявились явления бесполого размножения и смены поколений морских животных, и несколько позже — паразитных червей. В 1819 г. поэт и натуралист Шамиссо впервые во время русской кругосветной экспедиции Коцебу открыл смену поколений у сальп и указал, что виды их, казавшиеся независимыми, являются различными поколениями одного и того же вида. Но и первоначальные наблюдения, относившие их к различным живым веществам — видам, не были вполне ошибочными. В разное время однородное живое вещество сальп является действительно различным и с геохимической точки зрения требует отдельного изучения. Работы Шамиссо и открытие в 1828 г. французским ученым А. Мильн-Эдвардсом такой же смены поколений у асцидий, сделанное им независимо от Шамиссо, о работах которого он ничего не знал, не обратили на себя внимания до блестящих исследований великого натуралиста норвежского пастора Сарса, впервые в 1835 г. охватившего этот вопрос во всем его значении. С тех пор он вошел в сознание натуралистов.

В геохимию он входит только теперь. В ней явление это выражается существованием для одного и того же организма в разное время нескольких различных однородных живых веществ — половых и возрастных разностей.

¹ Слово написано неразборчиво. — *Ред.*

Чередование бесполой и половой — по генезису — поколений оказалось чрезвычайно распространенным в природе, причем это признак, изменчивый для одного и того же вида в связи с условиями его жизни. Для громадного количества растений и беспозвоночных животных мы наблюдаем резко выраженную смену поколений, причем половые поколения чередуются поколениями, происшедшими без оплодотворения, партеногенетическим путем. Благодаря этому в известные времена, иногда в течение многих лет, образуются своеобразные однополые скопления живого вещества и не наблюдаются совершенно особи другого пола. Здесь встречены оба возможных случая. Так, очень часто партеногенетически получаются только самки (так называемая *телитония*). Это мы наблюдаем, например, у многих тлей *Aphididae*.

В частности, для хермесов было известно долгое время только партеногенетическое размножение — только самки. И. Лейкарт считал это не типичным примером партеногенезиса. В 1887 г. Блакмани нашел самцов, но, по мнению такого знатока хермесов, как Холодковский (1898), некоторые виды или подвиды хермесов действительно партеногенетичны и не имеют самцов, например *Chermes lapponitus* Cholodk¹ (на пихте) и *Chermes abietis* Kalt. Можно заметить для всего рода *Chermes* постепенное установление партеногенезиса, связанное с исчезанием крылатых генераций, и Холодковский думает, что среди этих мелких организмов происходит сейчас создание новых видов, размножающихся только партеногенетически, т.е. их живое вещество дает только одну половую разность.

Помимо *Chermes*, отсутствие самцов наблюдается и у других *Aphididae*, например для *Arhis gossypii*, развивающейся массами и вредящей огурцам, тыквам, дыням, хлопчатнику.

Сюда же относятся некоторые виды *Cynipidae*. У других партеногенетическое размножение, т.е. нахождение одних только самок, наблюдается лишь в течение ряда поколений, несколько лет, и затем существует обоеполое поколение. Нельзя не отметить, что эти различные и сложные формы живой материи у тлей не являются чем-то не важным в истории живого вещества на земной поверхности. Тли — очень разнообразные по своим формам — распространены на всей земной поверхности, главным образом в умеренном поясе; известно сейчас уже более 700 их видов. Мы увидим ниже, что в некоторых фаунах количество их по весу составляет заметную часть вещества насекомых. Их биология далеко не прослежена для огромного большинства видов, тем не менее можно сейчас с уверенностью говорить о тех изменениях, какие в разные времена и в разных местах претерпевает отвечающее им живое вещество. Для многих видов тлей (например, для *Chermes viridis* Ralz) явление усложняется еще тем, что неделимые одного пола полиморфны, причем для хермесов партеногенезис и полиморфизм, по словам одного из внимательнейших исследователей этой группы организмов, Н.А. Холодковского, «достигают здесь такого сильного развития, как нигде более в животном царстве». В простейших случаях у хермесов (*Ch. viridis*) мы имеем четыре различных девственных поколения, правильно чередующиеся с обоеполыми поколениями; у других хермесов (напри-

¹ Очевидно, автор имеет в виду вид тли *Chaphalodes strobilobius lapponicus* Cholodk. — *Ред.*

мер, *Ch. abietis* Ratz) для одного из девственных рядов («плодоносок») есть две полиморфные разности («плодоноски» и «поселенцы»), существующие одновременно, однако судьбы их разные. Так, для *Chermes pectinalae* Cholodk¹ жившие на пихте плодоноски и поселенцы в дальнейшем разделяются на два половых живых вещества. Плодоноски улетают с пихты на ель, а поселенцы остаются на пихте, давая дальше такие же бескрылые разности. Появление поколений самок наблюдается не только у Aphididae, оно известно и для других отделов насекомых, например для бабочек (*Solenobia*, *Psyche*), жуков (*Oliorhynchus turca*, *O. ligustici*). Оно же наблюдается и в других классах организмов, так, например, коловратки (*Rotatoria*) дают нередко партеногенетическим путем из яиц несколько поколений самок, к концу же лета из яиц получаются и самцы, по-видимому, вследствие особых условий питания. У ракообразных — *Cladocera*, *Brachiopoda*, *Ostracoda* — существует целый ряд партеногенетически размножающихся самок, прежде чем появится поколение самцов.

Другим случаем образования половых разностей живого вещества при смене поколений будет образование мужской половой разности. Это аррентения. Мы наблюдаем ее, например, у некоторых ос — *Vespidae*, пилильщиков — *Tenthredinidae*, наконец, у пчел.

Чрезвычайно характерно, что все эти явления подвержены дистальным или быстрым изменениям в связи с внешними условиями жизни. Так, филоксера, привезенная в Европу из Америки, потеряла способность к половому размножению — у нее выпала крылатая генерация самцов (проверить), у хермесов (*Ch. viridis*), по наблюдениям Маршалла, наблюдается исчезновение генерации самцов (спандрия) при перемене хозяина, на котором они встречаются. Он не дает их на *Picea excelsa* и дает генерацию самцов на *Picea caucasica*. Полярная ива всегда размножается партеногенетически и т.д.

Чем больше мы присматриваемся к явлениям этого рода, тем больше убеждаемся в том, что такая смена поколений проникает живое вещество чрезвычайно глубоко. Наблюдения XIX в. перенесли эти явления в микроскопический мир организмов. И здесь, например для *Flagellata*, мы наблюдаем ясно выраженным этот цикл. Для каждого вида флагеллат мы имеем несколько половых однородных живых веществ, учесть которые, однако, мы не можем, так как смена их происходит очень быстро — некоторые из них существуют лишь дни, может быть, часы.

Социальные разности однородного живого вещества

144. В сложных явлениях смены морфологически различных поколений обнаруживаются не только половые различия организмов, но и биологически важные проявления полиморфизма, связанного с социальной структурой, значение которого в геохимических явлениях нам до сих пор не ясно. По-видимому, такой полиморфизм элементов однородного живого вещества имеет в геохимических процессах значительно меньше значения, чем выделения половых разностей однородного живого вещества.

¹ Современное название — *Aphrastasia pectinatae* Cholodk. — *Ред.*

Полиморфизм этого рода, однако, широко распространен в природе. При социальном полиморфизме наблюдается одновременное присутствие — постоянное и неизменное — обоих полов, бесполох или гермафродитных разностей. Это мы наблюдаем, например, у муравьев, термитов, ос, пчел, разных *Pseudoneuroptera*, при этом и здесь некоторые разности, например самцы у пчел — трутни, не существуют непрерывно весь год, а уничтожаются по исполнению ими их обязанностей. Точно так же и для выращивания царицы-матки остаются немногие представители. Очевидно, для таких полиморфных видов мы имеем разные формы однородного живого вещества в зависимости от того, возьмем ли мы всю совокупность неделимых, как она есть, т.е., например, для пчел-трутней, рабочих пчел и маток вместе в том количественном соотношении неделимых, какое существует, или же будем изучать отдельно представителей каждой разности.

Для социальных структур животных с геохимической точки зрения возможны и дальнейшие осложнения. У муравьев мы имеем в природе иногда сложный тип сожителства, когда тесно перемешаны отдельные виды, например у муравьев-рабовладельцев. В таком случае необходимо учитывать иногда геохимический эффект целого и не брать во внимание различие видов, составляющих такой тесный ценобиоз организмов.

Во всех рассмотренных случаях социальная структура состоит из особей. Но по видимому, необходимо распространить эти явления и на те колонии, которые, как мы видели, могут являться элементами однородного живого вещества. Понятие сообщества среди организмов есть понятие сложное. Между сообществом, обладающим социальной структурой, и колонией есть все переходы. Колонию можно рассматривать как особый тип социального организма, социальной структуры. Мы видели, что для колониальных организмов мы должны принимать живое вещество составленным из совокупности колоний, а не совокупности особей. Так как полиморфизм имеет место и среди особей колоний, то нередко получают осложнения при таком построении живого вещества. Так, например, для большинства гидроидных полипов различают два типа особей — полипоиды и медузоиды. Однородное вещество гидроидных полипов, очевидно, должно захватывать медузоидов и полипоидов в тех их взаимных соотношениях, какие существуют в колониях. Но медузоиды не всегда прикреплены к колонии, они могут отрываться от них в виде медуз — иногда огромными массами — плавать свободно. Очевидно, в этом последнем случае мы имеем вторую форму однородного живого вещества у гидроидного полипа, отличную от обычной. Геохимически, конечно, она сильно отличается от обычного живого вещества гидроидного полипа. У них наблюдаются к тому же еще более сложные случаи. В колонии *Podocoryne coenae* различают: полипоиды, медузоиды, спиральные зооиды, скелетные зооиды. Несомненно, они различны и по весу, и по химическому составу, но с геохимической точки зрения и здесь мы должны выделять только медузоидов в состоянии медуз, а остальные полиморфные особи колонии не имеют самостоятельного значения. В колониях наблюдается разделение живого вещества и в связи с полом. Так, для *Cephalodiscus dodecalophys* (из *Pterobranchia*), известного для Магелланова пролива, наблюдались только женские особи.

На рассмотренных явлениях полового и социального полиморфизма и на периодичности их проявлений не заканчивается сложность живого вещества. Мы уже видели, что в целом ряде случаев мы неизбежно изучаем его совместно с посторонними включениями, с неделимыми других однородных живых веществ в виде паразитов, эпифитов и т.п. — в форме механических, главным образом органических, смесей. И среди них мы имеем известную периодичность их появлений и соответственно с этим изменение свойств и характера подлежащего изучению живого вещества. Так, например, орхидеи (Венерин башмачок) в известный период своей жизни встречаются только в виде корневища. В этот период эта орхидея совершенно лишена тех грибов, с которыми она находится в жизненном симбиозе, и, очевидно, отвечающее ей живое вещество иное, чем то, которое будет отвечать этой орхидее в момент яркого проявления ее симбиоза с грибом.

Эти явления нередко усложняются тем, что одновременно мы видим проявления полового, социального и паразитического полиморфизма, дающего нам для каждого вида в природных условиях несколько однородных живых веществ, предельно чередующихся во времени. Так, для $\langle \dots \rangle^1$ (*Ficus carica* из семейства Могасеае) мы имеем неделимые с женскими соцветиями (*Ficus*²) и с соцветиями мужскими и женскими (*Carpicificus*³) и, таким образом, можем выделить женское и гермафродитное однородные живые вещества. Но на этом явление не кончается. Оплодотворение смоковницы происходит с помощью ос. Эти осы дают в женских цветках особые галлы, причем женские цветки являются диморфными и галлы ос приспособлены главным образом к той их разности, которая характерна для капрификаса. Мы имеем здесь $\langle \dots \rangle^4$ однородное живое вещество, связанное с *Ficus carica*, — галловое живое вещество.

Всюду на каждом шагу видим мы сложность того понятия, какое мы выражаем однородным живым веществом. Эта сложность является не чем иным, как проявлением сложности, бесконечного разнообразия природы. Она будет увеличиваться по мере нашего углубления в ее изучение. Для ее охвата мы не имеем никаких иных путей, кроме изучения отдельных частных случаев, индивидуализации нашей работы в каждом из них, ибо по мере того, как мы будем объединять наши изученные частные случаи — типы однородных живых веществ, перед нами возникнут новые, которые не войдут в те общие рамки, которые наша обобщающая мысль всегда строит на основании начальных наблюдений.

Живое вещество в геологическом времени

145. Помимо небольших изменений живого вещества во времени, носящих периодический характер, мы наблюдаем другой — необратимый — процесс, изменение его в течение геологических периодов.

В этом случае живое вещество претерпевает коренное изменение и морфология биосферы резко меняется. Огромное большинство видов организмов из-

¹ Слово написано неразборчиво. — *Ред.*

² Тип соцветия, содержащего только женские цветки. — *Ред.*

³ Тип соцветия, содержащего женские и мужские цветки. — *Ред.*

⁴ Слово написано неразборчиво. — *Ред.*

меняется, и в каждую геологическую эпоху мир организмов имеет совершенно иной характер.

Очевидно, этому другому миру организмов отвечает и другое живое вещество. Живые однородные вещества меняются на поверхности нашей планеты — меняются их химический состав, их вес, их энергия и все другие свойства, которые мы можем изучать в современной картине биосферы.

Очевидно, если современная картина живого вещества не изучена, то еще менее изучена картина смены одного живого вещества другим в течение геологического времени. Здесь даже первые штрихи едва затронуты.

Изучение геологии живого вещества, очевидно, встречается с большими трудностями, так как мы не имеем возможности его наблюдать, а должны восстанавливать картину былого на основании сравнения с настоящим. Она может быть дана только тогда, когда будет хорошо изучена современная история однородных живых веществ.

Можно отметить, что, по-видимому, во все геологические эпохи мы имеем в общих чертах неизменно одну и ту же картину. Так, есть указания на неизменность всех тех разностей однородного живого вещества, какие мы наблюдаем и теперь [69]. К сожалению, однако, мы лишь в самом общем виде можем сейчас восстановить картину этого процесса, так как биология явлений мало обращала на себя внимание геологов и палеонтологов.

Несомненно, начиная с древнейшего палеозоя мы имеем указания на существование в природе тех же сгущений и разрежений живого вещества, какие мы наблюдаем и ныне. Легко убедиться, что мы имеем уже в кембрии те же самые типы морских биоценозов, какие мы имеем теперь. На их основании мы должны допустить и существование таких их проявлений, которые не оставляют следов, например нахождение таких планктонных сгущений. Во все геологические периоды наблюдается та же самая картина, хотя морфологический состав этих сгущений и разрежений резко меняется. Но никакой эволюции в этих формах проявления живого вещества мы, по-видимому, не наблюдаем в течение всего геологического времени, как не наблюдаем ее и в структуре живого вещества, с таким нахождением теснейшим образом связанной.

Для сухопутных сгущений и разрежений наши знания не идут так глубоко, как для морских, но указания на леса мы имеем уже в древнейших значительных растительных отложениях с девонской эпохи, и все указывает нам на то, что те же самые явления должны были наблюдаться и много раньше, так как в девонскую эпоху мы встречаем уже сложно развившийся растительный мир, далеко уходящий в прошлое. Если подтвердятся представления Вальтера и других о развитии пустынь в древнем палеозое, то, очевидно, и здесь мы имеем указания на существование таких же сгущений и разрежений, какие мы наблюдаем и ныне.

Наконец, как указано раньше, работы финских геологов, в частности Седергольма, заставляют нас предполагать существование их и для архейского периода ввиду идентичности физико-географических условий того времени с современ-

ным периодом.

В этих древних сгущениях мы встречаемся с теми же преобладаниями отдельных однородных живых веществ, какие наблюдаются и ныне. Одни и те же организмы составляют фон палеозойских коралловых рифов. Всюду, начиная с палеозоя и мезозоя, мы наблюдаем банки двустворок, состоящие на значительном протяжении из неделимых тех же видов. <...> Отложения корненожек — нуммулитов и т.п. указывают на существование сгущений, где преобладало одно и то же однородное живое вещество. Однообразны по составу бывали иногда леса пермской и каменноугольной эпох и т.п.

Очевидно, это все указывает нам на то, что те же самые явления социальной определяли распределение организмов на земной поверхности, как они определяют их и ныне.

Точно так же в течение всего геологического времени мы имеем указания на аналогичные смеси однородных живых веществ. Наиболее для нас важные органические смеси — симбиоз, паразит и хозяин и т.п. — идут в самые древние геологические периоды и проявляются в тех же самых формах, какие мы имеем и ныне. Углубление и изучение природы заставляет нас допускать существование таких органических смесей, например симбиоза, в такой дали геологических времен, которая не оставила нам их реальных отпечатков или остатков.

Наблюдаем мы и все те различия однородных живых веществ, какие выделены для современной геологической эпохи: возрастные, половые, социальные однородные живые вещества. История организмов с этой точки зрения мало изучена. Несомненно, для отдельных групп или классов организмов, где они сейчас наблюдаются, эти различия могли отсутствовать, но в общем они существовали для других, вымерших. Так, есть предположения, довольно распространенные, но едва ли вполне подтвержденные фактами, о позднем появлении метаморфоза насекомых, но, с другой стороны, едва ли можно сомневаться в нахождении возрастных различий живого вещества у вымерших древних граптолитов¹.

В общем здесь бросается в глаза постоянство форм проявления живого вещества и его распределения на земной поверхности при разном его содержании. Получается впечатление, как будто эволюционный процесс не имеет места в тех явлениях массовых проявлений организмов — статистических законах живого вещества, которые резко отличаются этим от живой природы, изучаемой с точки зрения отдельного организма.

К тому же самому выводу мы подойдем, когда обратимся к основным проявлениям живого вещества — к его весу, его составу, его энергии. И здесь мы как будто не видим никаких изменений во времени, когда вместо изучения отдельных живых веществ исходим в наших суждениях из изучения всего живого вещества.

Приходится допустить, что как количество живого вещества, так и его состав — количество отдельных составляющих его химических элементов — остались неизменными или почти неизменными в течение геологического времени.

¹ Далее у В.И. Вернадского написано «проверить». — Ред.

К этому выводу мы приходим косвенным путем, однако путем точным. Мы изучаем продукты тех химических реакций, в которых участвовало живое вещество, и замечаем, что эти продукты как качественно, так и количественно не меняются в течение геологического времени. Этого не могло бы быть, если бы участвующее в этих реакциях и играющее в них — в биосфере — даже видную роль живое вещество менялось заметным образом или в своем количестве, или в своем составе.

Но этот вывод касается только живого вещества, взятого в целом. Весьма вероятно, что в отдельных частях мы имеем здесь изменения и в составе живого вещества, и в количественных соотношениях, которые отвечают тому различию, какое наблюдается в морфологической структуре чуждых нам, исчезнувших в древние геологические эпохи организмов.

При таком изучении химического состава организмов возникает ряд различнейших проблем, имеющих значение и с точки зрения правильного изучения явлений эволюции, — например, проблемы химических изменений, связанных с эволюционным процессом тех или иных линий животного или растительного царства. Я коснусь некоторых из относящихся сюда вопросов в дальнейшем изложении, здесь же только отмечу, что наше знание в этой области хотя и получается косвенным путем, однако может опираться на точные данные.

Имея в относительно редких случаях возможность изучать химически не измененные или мало измененные остатки вымерших организмов (например, замороженные организмы вроде мамонта, послетретичные и третичные растения, кости, раковины, тела организмов в янтаре и т.п.), мы в других случаях можем подходить к изучению состава былых организмов двояким путем: 1) путем изучения тех минеральных продуктов, которые получались при их участии или путем их изменения, и 2) путем изучения химического состава близких к ним или тождественных с ними растительных и животных видов¹.

Если бы мы пошли этим путем, мы, несомненно, могли бы получить любопытные данные для суждения о химической истории биосферы во времени. К сожалению, таких сведений у нас нет, а между тем многое указывает на то, что при общем неизменном характере живого вещества биосферы частности его подвергались значительным изменениям.

Остановлюсь на двух-трех примерах для того, чтобы показать важность химического исследования наиболее древних видов и родов организмов.

Одним из древнейших организмов, сохранившихся до сих пор без изменения, является *Lingula*, принадлежащая к *Brachiopoda*. Это животное, массами встречавшееся еще в кембрии, встречается и теперь почти в том же самом виде в Южном полушарии. Полного анализа *Lingula* нет, но мы знаем, что она резко отличается от всех остальных организмов, обладающих раковиной, благодаря тому,

¹ В настоящее время получен материал, характеризующий химический состав как органических, так и неорганических соединений во многих скелетных остатках ископаемых организмов в сравнении с современными, родственными им видами. См.: Дроздова Т.В. Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1977; Дегенс Э. Геохимия осадочных образований. М.: Мир, 1967. (Ред.)

что раковина *Lingula* состоит не из углекислого, а из фосфорнокислого кальция. Лингула является одним из самых богатых фосфором организмов, и таким она была и в кембрии. Количество фосфора в ней доходит до нескольких процентов. *Lingula ovalis* была изучена Стерри Гентом, в золе ее находится 85,79% $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$, что отвечает 18,87% P. Ближайшим к лингуле по богатству фосфором организмом является <...>¹.

Другим примером можно взять плауны — *Lycopodiales*. Эти растения принадлежат к древним типам растительности, которая когда-то, в девонскую, пермскую и каменноугольную эпохи, образовывала целые леса. Таковы были различные лепидодендровые, остатки которых принимают такое деятельное участие в образовании каменных и бурых углей. *Lepidodendrales* близки к *Lycopodiales*, но, по современным воззрениям систематиков, представляют другой порядок, принадлежащий вместе с *Lycopodiales* и *Selaginellales* к одному и тому же классу плаунов — *Lycopodiineae*. Вымершие уже в пермскую эпоху лепидодендроны, очевидно, недоступны непосредственному химическому изучению. Мы можем, однако, подойти к пониманию их биохимии, изучая современных их родичей. Селангинеллы, к сожалению, химически не изучены. Из плаунов, многочисленных представителей рода *Lycopodium*, также химически не изучены обычные в тропических лесах эпифиты деревьев — *L. phlegmaria*, *L. squarrosum* и т.п. Изучены только травянистые плауны наших лесов и лугов. Химический их состав чрезвычайно характерен благодаря огромному количеству в них *алюминия*. Алюминий был найден в золе плаунов Берцелиусом и позже определен количественно. Количество его здесь совсем необычно. Так, мы имеем:

<i>Lycopodium chamaecyparissus</i>	51,85-57,36% Al_2O_3	в золе (Идергольдт, 1852)
<i>L. clavatum</i>	26,65% Al_2O_3	в золе (Ритгаузен)
	22,2% Al_2O_3	
<i>L. complanatum</i>	39,07% Al_2O_3	

По-видимому, однако, не все виды *Lycopodium* содержат Al_2O_3 — он не найден для *Lycopodium billardieri* Spring. Несомненно, ввиду такого противоречия вопрос требует исследования, однако необходимо отметить, что ряд анализов указывает для нескольких видов *Lycopodium* нахождение огромных количеств алюминия, который тоже составит значительную часть по весу и в процентах состава организма.

Едва ли можно сомневаться, что в тесной связи с таким составом плауновых находится оригинальный состав золы бурых и каменных углей, связанных с лепидодендронами каменноугольного периода. Она очень богата Al_2O_3 , количество которой нередко превышает 30%, и наблюдается в самых разных местностях, например в Англии (кеннельский уголь) или в Центральной России (бурый уголь Московского бассейна).

Эти два примера, мне кажется, достаточно ясно указывают на то значение и тот интерес, какой представляет изучение древних типов организмов, до сих пор так

¹ Не дописано у автора. — *Ред.*

мало обращающих на себя внимание натуралистов (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 72-135).

146. Когда живое вещество переходит в живые организмы, общая сумма его не меняется. Захваченные им элементы переходят в новые формы соединений, оставаясь все же в том же самом процессе.

Однако одновременно совершается и другой процесс. Часть захваченного вещества надолго выходит из жизненного обмена, ибо переход отмерших частей организмов в обычные усвояемые организмами соединения совершается иногда медленно, длится многими тысячелетиями, геологическими периодами — образуются тела, прямо организмами не усвояемые.

Количество бывшей живой материи, выходящей этим путем из круговорота, огромное в масштабе наших представлений, составляет небольшую ее часть. Даже огромные толщи углей или нефтей, по-видимому, образуются организмами и, накопленные в течение геологических смен, едва соизмеримы с углеродом организмов.

Эти выделенные из обмена части вещества вновь возвращаются в живое вещество, частью обычными геохимическими процессами, но в значительной мере при помощи живой материи. Однако процесс такого перехода совершался очень медленно.

Лишь в последнюю эпоху появился новый и мощный агент — человек, который превращает в усвояемое живой материей состояние огромное количество ушедшей из обмена ее части (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 112-113).

Геохимик на каждом шагу сталкивается с этими вопросами. Для него огромные массы живой материи, рассеянные по всей земной поверхности, не являются только массами, которые действуют своим весом — тяготением и своим составом, т.е. химической потенциальной энергией. Это механизмы, обладающие собственной действенной энергией, собранной в них в удобную для работы в земных условиях форму, и полученной посторонней для нашей планеты энергии — космической (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 126).

ДОПОЛНЕНИЯ

I. Приводим несколько страниц из этой же рукописи, не вошедших в основной текст, где более подробно разбираются различные представления о связи живого с мертвым.

«Совпадение между научными представлениями и поэтическими, религиозными, философскими картинами Сущего идет глубже.

Для современного мировоззрения жизнь не есть только создание нашей планеты, она в своей главнейшей части, а может быть и целиком (недавно, до работ С.Н. Виноградского, мы это утверждали с большей уверенностью), есть столь же явное порождение солнечного луча. Она, во всяком случае, есть земное и космическое явление. Но теснейшая связь организмов с внеземным миром, главным образом с Солнцем, точно так же, как и связь неразрывная и неуничтожаемая с Землей, проникла в древнейшее обобщение человеческого сознания, в те туманные и нам чуждые, но, в сущности, великие и глубокие концепции, которые вошли в мысль человека уже в древнейших религиозных мифах и представлениях о значении организмов в мироздании. «Дети Солнца» — говорят про них некоторые из этих вдохновений, которые живы и до сих пор в человечестве и которые выражают осознанное живой материей ее действительное положение в земной планете. Теми же словами — «Дети Солнца» — называют их и материалисты XIX в., опирающиеся на научный материал, добытый человечеством многовековой коллективной работой.

Нельзя, однако, не отметить, что есть большое различие между представлением о Космосе и Солнце древних религиозных вдохновений и идеями современного человека. Для нас Солнце и Космос неизмеримо больше Земли, совершенно несравнимы с ней по своим размерам и по своим процессам. Не то было в геоцентрических представлениях древности. Глубокие прозрения о связи жизни с Солнцем в древних космогонических и религиозных представлениях имели дело с другим Солнцем. В это время еще не было резкого деления между земным и мировым. Земля считалась центром Космоса, и Космос не принял тех бесконечных размеров, какие он получил после научных открытий и обобщений XVI-XVIII столетий. Лишь у отдельных немногих мыслителей и проникновенных умов мы имеем некоторое приближение к концепциям, которые сейчас нам так близки и кажутся столь непреложными и ясными.

Мы должны всегда это иметь в виду, когда мы оцениваем представления прежних времен о связи космических явлений с земными. И все же нельзя отрицать, что проникновение в человеческое сознание этих форм представлений, указывающих на связь космического с земным и заключавших в себе зерно истины, отнюдь не было безразличным для быстрого осознания Космоса, когда его действительные размеры и отношение к земному стали ясными. Все эти формы представлений остались, но только получили иное понимание. Произошло то, что на наших глазах произошло в физике или химии при изменении представлений об электричестве или химическом элементе.

Человек, живший ближе к природе, не мог не видеть живительную все созидающую роль Солнца. И если он ставил Землю, а не его в центр мироздания, от него не могла укрыться его творческая — творящая жизнь и живое — роль. И мы видим обоготворение Солнца в древних религиях. А когда создалось новое миропонимание, источник жизни переместился в нашем сознании, и только. Все остальное осталось по-старому.

Мы знаем, что энергия Солнца и других космических тел попадает на Землю их лучеиспусканием. Живая материя улавливает эти лучеиспускания, превращает их в новые формы энергии, строит их силой не только своего вещества, но и ею же изменяет мертвую материю земной коры.

Любопытно, что среди бесконечного множества причудливых и глубоких созданий религиозного сознания мы имеем и форму религиозной космогонии, отвечающей этому представлению. Более 3300 лет назад Эхнатон (Аменхотеп IV, 1375-1358 гг. до р.х.) обожествлял не Солнце, а его жар, его лучеиспускание. Символом бога был диск, ниспосылавший на Землю множество расходящихся лучей. С ним, с этими лучами — лучеиспусканиями — связана жизнь¹.

Так, древние прозрения и вдохновения великого египетского мыслителя необычайно близко подошли к современным научным представлениям.

Мы найдем многочисленные проявления того же чувства и того же проникновения в природу и у других религиозно настроенных людей на всем протяжении человеческой истории. Одно и то же чувство и понимание повторялось и отражалось в человечестве во всех поколениях. Ярко выразил такие чувства уже христианский мыслитель, неведомый нам творец религиозной мысли Дионисий Ареопагит. Видимое Солнце для него — символ бога. Наши пища, одежда, топливо, все тело являются трансформацией солнечного луча. К нему, как к источнику сил, в любви и радости тянется все живое и чувствующее².

Эти идеи, охватывающие на протяжении тысячелетий религиозных мыслителей, проникают и наше научное мировоззрение. Они являются выражением своеобразной, но неразрывной связи живого и мертвого.

Логически эти представления могут быть выражены в виде двух аксиоматических положений — с одной стороны, принципа вещественной связи живого и мертвого на Земле, с другой — теснейшей зависимости живого от мертвых космических сил.

Первую аксиому можно формулировать более точно. Организмы берут все химические элементы, строящие их тело, из окружающей среды и возвращают их после смерти или при жизни в ту же среду, где они принимают более или менее прежнюю форму, им свойственную. Непрерывно и постоянно — закономерным образом — эти химические элементы проходят из мертвого вещества в живое и возвращаются в мертвое. Этот круговорот является одним из проявлений жизни.

¹ Брэстед Д.Г. История Египта с древнейших времен до персидского завоевания. М., 1915. Т. II.

² Areopasita Dionysius. De divin. nom. IV. 4. M. Vol. 700, 1, col. 1593, IV, 10, col. 708. Это сочинение относят к VI в. Оно явно носит следы влияния Прокла и христианских богословов Григория Богослова и Григория Нисского. См. этот текст: И.В. Попов. Идея обожения в древневосточной церкви // Вопр. философии и психологии. М., 1909. Кн. 97. С. 185-186.

Другая указывает на то, что без небесных светил, в частности без Солнца, жизнь на Земле не может существовать.

Еще позже, к концу XIX в., в научное мировоззрение окончательно вошло и представление о живом веществе как о космическом явлении, связанном не только с одной Землей.

Мир миров, открывшийся перед человеком нового времени, сразу представился ему единым миром — одной Вселенной. Связь жизни на Земле с Солнцем поставила перед ним вопрос о жизни на других планетах, связанных, в свою очередь, с солнцами, с бесчисленным множеством солнц.

Представление о населенности небесных миров, особенно планет, никогда не исчезало из поля зрения человека. К середине же XVII в.¹, в эпоху создания нашей современной науки, эти мысли получили широкое распространение, создали живую литературу. Они стали вопросом дня в образованном обществе Европы. После вышедшей в самом конце XVII столетия, в 1686 г., работы Фонтенеля² в XVIII в. этого вопроса так или иначе касались, кажется, все наиболее заметные философы, натуралисты, математики. Кант не раз выдвигал его, Лаплас³ касался его в своей знаменитой системе Мира и признавал жизнь планетным явлением. Но жизнь предполагалась не только на планетах. К концу века такой величайший астроном, как старший Гершель, предполагал охваченным жизнью наше Солнце и придавал ему не противоречившее тогда известным фактам подходящее строение⁴. Когда в 1798 г. Наполеон Бонапарт с плеядой ученых плыл на корабле «Ориент» в свою знаменитую египетскую экспедицию, в числе вопросов, обсуждавшихся во время переезда, был вопрос о том, обитаемы или нет планеты. Докладчиком был Монж.

В ряде разнообразных романов и утопий идея о населенности небесных тел проникала обыденную мысль образованного общества. Романы и утопии этого рода считаются в XVIII в. тысячами во всех литературах — Вольтер, Сирано де Бержерак, Свифт, князь Щербатов и множество других пользовались этой формой для выражения своих чаяний и мнений. Правда, эта идея как-то мало отражалась на философской мысли, ею не выдвигалась. Едва ли из нее были сделаны все те выводы, которые мы должны и можем сделать.

Мне кажется, что причиной этого является то, что это представление мало отражалось на научной работе, было малоосознанной составной частью научного мировоззрения. В самостоятельных философских системах XIX в. оно иногда играло заметную роль, как, например, в системах Фейербаха, Фехнера, фон Гартмана, но и здесь оно появлялось теми отделами их философской системы, кото-

¹ Flammarion C. La pluralite des mondes habités; etudes ou l'on expose les conditions d'habitabilité des terres celestes discutées au point de vue l'astronomie, de la physiologie et de la philosophie naturelle. P., 1866.

² Fontenelle Bernard de Bovier. Entretiens sur la pluralite des mondes. P., 1686. Я пользовался изданием 1826 г. с примечаниями С. де Лаланда. О Фонтенеле см.: Flourens P. Journal de Sav. P., 1846. P. 274; Maury A. L'Ancienne Academic des Sciences. P., 1864. T. 99. P. 43, 154.

³ Simon Laplace Pierre. Exposition du système du monde. P., 1824. Ch. VI.

⁴ См.: Hersehel W. Transactions of the Royal Society. 1793. P. 54. Эти идеи высказывались до Гершеля, но тогда, за 10 лет до Гершеля, считались совершенно невероятными.

рые имели в своем распоряжении большой материал, переработанный научным творчеством. Чувствовалось, что философская мысль бессильна извлечь из этой идеи большое, скрытое в ней конкретное содержание из-за недостатка научной разработки вопроса о космичности жизни.

Это правильно даже по отношению к такой своеобразной переработке идеи о космичности жизни, какую представляют из себя философия Фехнера или такие философские спекуляции, которые искали приложения к жизни, как социальные утопии Фурье, принимавшие идею о космичности жизни.

Но к концу XIX столетия, в XX в. мы наблюдаем ясный и заметный сдвиг в этом направлении. Человеческая мысль стала внимательнее прислушиваться к отголоскам идеи о космичности жизни, незаметно начинающей проникать духовную обстановку личности современного человека. Мы видим это в появлении широко охвативших современников космогоний Аррениуса и других, построенных на принципе вечности и всемирности жизни, в проникающем современное человечество неудовлетворении узкими размерами Земли и даже Солнечной системы, исканием мировой космической связи. Это неудовлетворение выражается в романах и утопиях, подобно XVIII в., во всех литературах, нередко глубоких, иногда поверхностных, но проникнутых чувством всемирности жизни и исканием космического общения, в произведениях К. Фламариона, Г. Уэллса, К. Лассвица, В. Брюсова и бесчисленного множества других. Оно характерно сказывается в увеличении значения этих идей в некоторых философских исканиях конца XIX — начала XX в. у философов совершенно различной подготовки, например, с одной стороны, у Бергсона¹, а с другой — у таких искателей истины, как, например, Н.Ф. Федотов². В тесной связи с этим настроением стоит, мне кажется, и успех теософского движения XIX — начала XX в. Здесь идея космичности жизни получила такое реальное значение в мирозерцании современного человека, какого оно давно не имела.

В XIX столетии — особенно в его второй половине — сознание всемирности жизни ослабло. В первой половине столетия этот вопрос иногда возбуждал спор, занимал ученых, но не было путей убедиться в реальности высказываемых предположений. И среди энергичной научной работы, расцвета естествознания в XIX в., огромного расширения кругозора и научных интересов для него не оставалось времени.

Но в философии сознание всемирности жизни никогда не замирало, оно оставалось все время живым представлением.

В науке идея космичности жизни встретила с целым рядом возражений и проникла в научное мировоззрение не без борьбы.

Встретило возражение даже самое, кажется, бесспорное положение о значении Солнца для жизни. Ученые признавали, конечно, значение для жизни земной теплоты, но искали причину ее не в Солнце.

1 См.: Bergson Henry. L'évolution creatrice. P., 1907. P. 278.

2 О П.Ф. Федорове (1828-1903) — русском религиозном мыслителе-утописте см.: Булгаков С. Два града. Исследования о природе общественных идеалов. М., 1911. Т. П. С. 260-277; Кожевников Н.А. Николай Федорович Федоров. М., 1908.

В XVIII в. в широких кругах обычны были ученые построения о теплоте Земли, несогласные с народными наблюдениями. Марон, Бюффон, Блок — влиятельные представители научной мысли — во второй половине века считали главным источником тепла, столь важного для жизни, внутреннюю теплоту Земли, а не космическую энергию Солнца. Считали, что летом во Франции теплота, идущая от Земли, в 29 раз превышает теплоту, приходящую от Солнца, а зимой даже в 400 раз!¹

Живительная роль Солнца, по ученым представлениям, была мнимой — таким же самообманом, как вращение Солнца вокруг Земли. Лишь ученые, стоявшие впереди своего времени, ученые с ясным и глубоким научным проникновением, как Блек², и в это время стояли на почве исконных народных наблюдений, видели в Солнце и в его лучеиспускании источник жизни. Но лишь в начале XIX в. вычисления Фурье окончательно отбросили ошибочные предположения и расчистили почву первоначальным концепциям. На земной поверхности, где есть жизнь, источником тепла является почти исключительно Солнце. Одновременно выяснилось и значение световых лучей Солнца для питания земных растений, для создания всех главных соединений, строящих организм.

Понятно поэтому, что, когда сознание неразрывной связи живого и мертвого вылилось в середине XIX в. в окончательной форме в представлениях о неразрывной связи организма с внешней средой, эта внешняя среда оказалась не земной, а космической. Так ее сразу определил Клод Бернар³. И это определение было встречено *tacitu cossensu* всех натуралистов, бесспорно пошедших по пути, им открытому. Несомненно, Клод Бернар сознательно употреблял этот термин. «В другом космическом равновесии, — говорит он, — жизненная морфология будет иной. Я думаю, одним словом, что в природе в смысле возможности существует бесконечное число живых форм, которые нам неизвестны»⁴.

Космичность жизни сохранилась и в представлениях новых физиков, стоящих на почве хаотического представления о Вселенной, которые, как, например, Н.А. Умов, полагали, что «жизнь есть событие Вселенной, имеющее ничтожно малую вероятность»⁵. По этим представлениям жизнь — создание невероятного случая, не связана ничем с Землей и может входить в область научных исканий только как космическое явление.

Научные представления о жизни как о космическом явлении начинают все больше находить себе подтверждение в новых научных фактах, благоприятствующих признанию всемирности жизни.

Первым таким фактом явилось осознание единства сил и материи во Вселенной: одни и те же явления проявляются во всех ее уголках, и все они между собой

¹ Arago Francois. Oeuvres completes F. Arago. 2-me edition par S.A. Barrel. P., 1865. T. 1. P. 350-351.

² Black Joseph. A treatize on chemistry, vol. 1... (автором не дописано. — Ред.). О Блеке см. яркие страницы: Mach Ernst. Die Principien der Wärmelehre: historisch-kritisch entwickelt. Leipzig, 1896. S. 158.

³ Bernard Claude, Lecons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. P., 1878. T. 1. P. 67.

⁴ Bernard Claude. Lecons sur les phénomènes de la vie aux animaux et aux végétaux. P., 1878. T. 1. P. 33.

⁵ Умов Н.А. Сочинения / Под ред. А. Бачинского. М., 1916. Т. III.

связаны. Особенно ярко это сказалось в идентичности материального субстрата всюду, во всех бесконечных мирах Вселенной. Один и тот же прах, из которого исходит живое на Земле и в который оно возвращается после смерти, господствует во всей Вселенной. Вопрос этот, который напрасно пытался сделать запретным для науки философ и религиозный мыслитель, проповедник философии позитивизма О. Конт, уже через недолгие годы после его запрета получил блестящее научное разрешение в открытиях спектрального анализа. В 1864 г. Хеггинс доказал существование на звездах тех же элементов, что и на Земле. Вселенная оказалась составленной из этого же самого вещества, из тех же самых химических элементов, как и наша Земля. Очевидно, для этого единого всюду по составу вещества мы неизбежно должны допустить повторение в разных местах пространства, там, где повторяются условия, наблюдаемые на Земле, такого же его круговорота. Этот круговорот всегда идет при участии живого вещества, состоит в прохождении при участии космических сил химических элементов в живую материю и их возвращении в мертвую.

Геохимия доказывает неизбежность живого вещества для этого круговорота для всех элементов и тем самым ставит на научную почву вопрос о космичности, вселенности живого вещества.

Наряду с этого рода общими научными достижениями зарождается и ряд более конкретных явлений, охватываемых наукой и приводящих к тому же самому представлению. В этой области особое значение имело изучение планет, особенно изучение Марса. Там многие предполагают увидеть признаки существования не только живой материи, но и форм ее, одаренных разумом. Тщательное исследование Марса ставит вопрос о внеземной жизни на чисто научную почву, является одним из простых и очередных научных вопросов.

Несомненно, введение его в научную работу заставит найти и другие его проявления в научных фактах и наблюдениях.

В частности, по отношению к жизни на Земле чрезвычайно любопытно участие в ее создании космических лучеиспусканий — лучеиспусканий Солнца.

В связи с этим невольно возникает вопрос: может ли жизнь быть создана и поддерживаема силами и условиями одной планеты? Все ли необходимые для ее появления и продолжения условия существуют на земной поверхности? Или в приходящих к нам лучеиспусканиях Солнца есть такие еще неведомые проявления свойств Сущего — вещества, или эфира, или энергии, которые отсутствуют в тех силах, какие находятся в нашем распоряжении на Земле и которые в то же самое время столь же необходимы и неизбежны для жизни, как определенные термодинамические и химические условия земной коры выветривания?

Из того, что мы наблюдаем на Земле, для нас ясно, что жизнь не могла бы развиваться только на Земле без влияния Солнца, без влияния *света*. Но область лучеиспускания Солнца охватывает не только световые и тепловые лучи — огромная область лучеиспусканий, падающих на поверхность нашей планеты, только начинает подвергаться изучению, и с точки зрения ее влияния на жизнь она едва им затронута. Много здесь нам еще неожиданного откроет будущее, и научная

постановка этого вопроса с точки зрения космичности жизни, несомненно, может быть сейчас сделана. На основании всего эмпирического понимания природы необходимо допустить, что связь космического и земного всегда обоюдная и что необходимость космических сил для проявления земной жизни связана с ее тесной связью с космическими явлениями, с ее космичностью.

Возможно, что к этому вопросу можно научно подойти здесь, на Земле, и другим путем. Ибо есть на Земле организмы, которые могут существовать — с химической точки зрения — без использования солнечной энергии. Это серобактерии, нитробактерии, ферробактерии и т.д. Не касаясь, однако, уже того, что без части солнечного лучеиспускания (солнечной «теплоты») жизнь и этих организмов как будто не является возможной и что, таким образом, полная их независимость от космических воздействий является пока еще не доказанной, необходимо обратить внимание на то, что эти организмы дают нам как раз очень бледное представление о характере и свойствах живой материи, они представляют, если можно так выразиться, низшие стадии ее проявления. К этому вопросу я вернусь позже» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л.29-37).

II. Далее автор более подробно разбирает положение человека в живом веществе, неотъемлемой частью которого он является.

«При этом исследовании мы будем исходить не от отдельных организмов, а от живого вещества, и, прежде чем идти далее, нам необходимо по возможности точно определить это понятие, которое лежит в основе всех наших выводов и суждений.

Как уже было указано раньше, мы будем под именем живого вещества подразумевать совокупность всех живых организмов — растительных и животных.

Очевидно, при этом необходимо обращать внимание только на те стороны их жизни, которые имеют значение в геохимических процессах. Как для минералов, так и для организмов имеют значение масса, состав и энергия живого вещества. Говоря о живом веществе в геохимии, мы будем иметь в виду только эти стороны его проявления. Поэтому необходимо включить в живое вещество все человечество. С геохимической точки зрения оно будет являться небольшой частью живой материи.

Обычно от живой материи — от организмов — отделяют как нечто особое *человека*, противопоставляя даже его как будто органическому миру.

Говоря о *Природе*, противопоставляют ей *культуру*, человеческую работу, и в целом ряде случаев дают в больших научных областях совершенно ложное представление о современном Лице Земли, например в географии растений, где обычно оставляют в стороне культурные сообщества растений, в значительной мере вытеснившие прежнюю, не тронутую человеком девственную природу.

Это отделение особенно становится невозможным при изучении химических процессов Земли. Здесь увеличение значения человека в истории нашей планеты сказывается столь резко и получает такое значение во всех наблюдаемых процессах, что, не принимая его во внимание, мы не сможем получить правильного впечатления о геохимическом значении живого вещества. В другой работе мне не

раз пришлось касаться этого вопроса, причем основным выводом наблюдаемого геохимического значения человечества является то, что его деятельность идет всегда в том же направлении, в каком идет работа всей живой материи.

Во всем дальнейшем изложении я включаю все человечество во все остальное живое вещество и рассматриваю геохимическую работу живого вещества в неразрывной связи животного, растительного царств и культурного человечества как работу единого целого.

Этот способ рассмотрения является совершенно неизбежным для натуралиста, объемлющего природу как единое целое, как Космос.

Но неразрывная связь человека со всем остальным органическим миром не является только логическим проявлением, проявлением какого-нибудь абстрактного, противоестественного стремления слить вместе раздельное.

Напротив. Отделение человека от других организмов есть новое явление культуры, искусственно привнесенное в нашу жизнь и основанное на нашей оторванности от природы. Мы достигаем этого только потому, что закрываем глаза на окружающее, создаем себе обстановку, в которую прячемся от всюду нас проникающих впечатлений и настроений, противоречащих этому отделению. В действительности это отделение есть удел преходящего исторического момента, и к тому же он сейчас охватывает лишь часть человечества.

Всякий, кто когда-нибудь пытался с открытыми глазами и с свободным умом и сердцем пробыть наедине, вне искусственной обстановки города или усадьбы, среди природы — хотя бы той резко измененной человеком, которая окружает наши города и селения, — ярко и ясно чувствовал эту неразрывную связь свою с остальным животным и растительным миром. В тишине ночи, когда замирают созданные человеком особые рамки внешней среды, среди степи или океана, на высоте гор это чувство, на века ему присущее, охватывает человека нераздельно. Особенно оно сильно в сгущениях живого вещества — на берегу моря или океана, в лесу, на великой реке или среди хотя бы мелкого далекого от поселений пруда или озера... Гумбольдт в блестящих строках указывает на то яркое проявление этого чувства, которое испытывает всякий человек, попадающий в богатую и полную проявления жизни тропическую природу. Но то же чувство испытывают и наблюдатели снежных молчаливых равнин севера или разрежений живого вещества — пустынь тропической области. В созданиях религиозных мыслителей, особенно вышедших из области тропиков — в индийских религиозных исканиях и даже во всякой религии в известных стадиях ее развития, это чувство единства всего живого, в том числе и человека, сказывается очень ярко. Оно сказывается ярко, даже когда оно отрицается. Мы видим его в народном поэтическом творчестве всех времен и народов, на каждом шагу его чувствуем в поэтических вдохновениях культурного человечества. Оно поэтому неизбежно сказывается во всяком монистическом философском представлении о природе, как едином космогоническом, гилозоистическом, пантеистическом. Из религиозных, поэтических, монотеистических построений оно проникает и охватывает и научное представление о Вселенной.

Лишь благодаря условностям цивилизации эта неразрывная и кровная связь всего человечества с остальным живым миром забывается, и человек пытается рассматривать отдельно от живого мира бытие цивилизованного человечества. Но эти попытки искусственны и неизбежно разлетаются, когда мы подходим к изучению человечества в общей связи его со всей природой» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 17-19).

III. Далее в рукописи следует: «Несомненно, с точки зрения их весового познания один отдел биологии находится на особом положении. Это — *учение о планктоне*. Здесь для океанического и для озерного планктона благодаря инициативе Ганзена получился интереснейший количественный весовой материал и созданы своеобразные методы работы. Мы знаем, что они начинают влиять и на другие явления морской биологии и сказываются на геохимических проблемах, например в истории азота. Для окончательного охвата этого материала у нас не хватает химических анализов. Количественные планктонные исследования начинают в последнее время вызывать критику, которая, однако, мне представляется не вполне правильной. Несомненно, планктонные расчеты не захватывают всего живого вещества в этой форме сгущений — они не захватывают так называемого микропланктона, открытого Лотом, и не захватывают мира бактерий. Но они дают первые твердые базы для нового понимания жизни: надо лишь ввести поправки — учесть в планктоне вес упускаемого микропланктона и бактерий — задача, технически вполне разрешимая» (ф. 518, оп. 1, д. 53, л. 44).

IV. Далее следует: «Фр. Реди (1626—1698) — выдающийся флорентийский врач — принадлежал к кругу ученых, давших нам Академию del Cimento (1657—1667), оставившую такой блестящий след в истории физики. По-видимому, он был одним из ее членов, хотя это подвергалось сомнению. Несомненно, с 1670-х годов Реди играл видную роль в придворном, ученом и литературном кругах Флоренции, он был одним из видных членов литературной *Academia della Crusca*, редактором издававшегося ею итальянского словаря. <...> Наряду с сочинениями по естественной истории и медицине, изложенными прекрасным итальянским языком, Реди писал, как обычно было в этой среде, сонеты и поэмы, не выдававшиеся, впрочем, среди других, и оставил веселую поэму о Тосканском Вакхе — тосканских винах, — снабженную им же учеными историческими и поэтическими примечаниями. Она доставила ему наибольшую известность в местной итальянской среде, сохранившуюся до настоящего времени. Это был человек широко образованный, начитанный и в поэтической, и в медицинской, и в научной философской литературе не только своего времени, но и древности и средних веков. Он знал языки — романские, немецкий, арабский; интересовался провансальской поэзией, был страстным собирателем книг и рукописей. Он был не только поэт, но и музыкант. Но это был не только выдающийся, но и добрый и хороший человек. <...> Сам Реди, воспитанник иезуитов, близко стоявший ко многим деятелям Ордена, был глубоко верующим человеком. И это видно не из внешних проявлений, отвечавших резко католическому характеру Двора, но из документов его семейной жизни, из интимной переписки, раскрывающей мягкую, добрую при-

роду этого человека. Реди происходил из верующей семьи. <...> Мы видим здесь одного из тех лиц, которые составляли ту духовную среду, в которой произошла глубокая духовная драма его более молодого современника, друга Реди, которому он материально помогал, — Н. Стенона (Стенсена), перешедшего из протестантизма в католичество, сделавшегося монахом и бросившего блестяще начатую научную деятельность. Реди был более уравновешенной натурой. Его вера — вера слепая — не мешала его свободному научному творчеству». <...> (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 46). «Реди не провозглашал принципа вечности живого. Он допускал, в полном согласии с церковной традицией, акт творца, вызвавшего в Мире первые живые существа, от которых произошли все остальные поколения. Реди не считал это противоречием учениям церкви и священному преданию, хотя оно и не отвечало широко распространенным в это время пониманиям зарождения жизни при «гниении зерна», которое получило теологическое значение благодаря упоминанию его в Евангелии (Иоанна) и у апостола Павла в текстах, имевших большое значение в установлении теологического учения о воскресении из мертвых. Очевидно, считаясь с ними и в то же время в полном согласии с основами своих религиозных убеждений, Реди указывал на тщетность и ненужность попыток охватить разумом тайну воскресения из мертвых и воскресения Христа, с разъяснением которой связывал апостол Павел идею гетерогенеза растения при гибели зерна». <...> (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 47).

V. В другой рукописи идеям Реди и других ученых посвящены следующие строки: «Несомненно, идеи Реди имели прочную почву. Валлисниери (1661—1730) ясно выставил принцип *omne vivum ex ovo*, создав почву в эмбриологии для теории преформации, долгое время заставлявшей заблуждаться научную мысль. Но такое влияние эти идеи оказывали только в биологии, связанной с отдельным организмом. Для подготовки понимания живого вещества, для охвата всей природы эти идеи Реди и Валлисниери представляют огромный шаг вперед и составляют основу для всей дальнейшей работы. Несомненно, эти идеи с XVII в. были распространены в широких кругах, и существовали ученые, которые охватывали их во всей современной полноте и руководились ими в своей работе, хотя ничего об этом не печатали. Через столетие после Реди и Валлисниери другой великий итальянец — Спалланцани опытным путем пытался дать широкую основу этим идеям и доказать положение, что все живое от яйца, от зародыша, для всего живого, в частности для невидного глазом мира микроскопических организмов.

Идеи Спалланцани встретили чрезвычайное сопротивление, и еще в XIX в. считали, что в споре его с Нидхэмом и Бюффеном победа осталась за последним. Правильное представление чрезвычайно медленно — несмотря на многое окружающее нас обыденно ясное — проникало в научное сознание.

К тому же и обыденные, народные представления ему не благоприятствовали. Так, вековое наблюдение, что высшее растение начинается из зерна, в течение всей древности и средневековья — а в народных воззрениях и до наших дней — толковалось тем, что зерно умирает, давая начало новому растению. Жизнь получается не из живого, но из мертвого» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 49).

VI. Далее в рукописи следует: «Этот своеобразный логический процесс мы наблюдаем вплоть до нашего времени. Вначале представления о зарождении жизни очень близко подходили к представлениям еврейства и христианства, к библейским образам. Создание Мира уже с первых столетий христианства обращало на себя внимание богословов. Это было даже одно из немногих своеобразных расширений естественнонаучных познаний древнего мира и средневековья. Наименование животных и растений Адамом и легенда спасения их при всемирном потопе заставляли стремиться определить и назвать область творения божия. Древняя наука такой задачи не знала, и в истории описательного естествознания долго сказывались те исходные для работы верования. В эпоху Возрождения и создания точного знания мы видим обращение к этим вопросам и художественного творчества. Ряд художников XV-XVII вв. пытаются дать картину животного и растительного мира Эдема или выхода животных из Ноева ковчега. Здесь уже видно точное наблюдение Природы. Во второй половине XVII в., близко придерживаясь Книги Бытия, великий английский поэт Мильтон дал яркую картину зарождения жизни из Земли в своем «Потерянном рае». Это произведение Мильтона в ту эпоху религиозного подъема оказало довольно сильное влияние на представления даже натуралистов ближайших поколений. Во всяком случае, еще долго натурфилософы и натуралисты того времени, когда касались этих вопросов, давали картины возникновения жизни, мало отличавшиеся от картин Мильтона, т.е. от Книги Бытия. Так, например, для конца XVIII — начала XIX в. видим мы это у таких разных людей, как Г. Форстер и Э. Дарвин.

Крупный натуралист XVIII в. Г. Форстер допускал вызванное силами природы появление сразу в известных частях земной коры разнообразных животных и растений, подобно тому как раньше образовались химические элементы, горные породы и минералы. В изданной после его смерти обобщающей его идеи поэме «Temple of the Nature», в 1803 г., трансформист и натурфилософ Э. Дарвин дал картину зарождения на Земле жизни, близкую к представлениям Г. Форстера.

Мы встречаем отголоски этих идей еще в середине XIX столетия. Но по мере роста естествознания и победы трансформистских идей такие наивные представления стали невозможны среди натуралистов и философов, обладавших научным знанием своего времени. Они приняли другую форму, но суть старых верований осталась» (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 58—59).

VII. Далее в рукописи следует: «В религиозных представлениях мы встретили ее в наиболее глубоких достижениях человечества — в буддизме и христианстве. В буддизме она распространена на все живое, в христианстве ясно выражена в идее бессмертия человеческой души. В обоих религиозных представлениях не вся жизнь прекращается со смертью. Эта мысль проявляется в них в идеях о загробной жизни душ, метампсихозе, палингенезисе. Не менее обычна эта идея в концепциях и построениях новой идеалистической философии, в той или иной форме пропитанной достижениями религиозных и теологических исканий. Мы находим ее в разных образах и оболочках у столь разных философов XIX столетия, могущественно влиявших на научную мысль XIX в., как Шеллинг, Фехнер, Г. Спенсер, Шопенгауэр» (ф.518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 42).

VIII. Далее автор пишет: «Таким понятием будет “*живое вещество*», охватывающее всю совокупность живых организмов, производящих на земной поверхности химическую работу, являющихся носителями свободной активной энергии в условиях земной коры. Для познания геохимических реакций, т.е. для изучения химического влияния организмов при их жизнедеятельности на окружающую внешнюю мертвую среду, мы можем упростить представление об организме, беря их совокупности во внимание только их вес, химический состав и свойственную им энергию. Я в дальнейшем подробно остановлюсь на понятии живого вещества и на тех следствиях, которые истекают из введения в науку этого нового объекта исследования. Здесь же я остановлюсь на одном, связанном с этим следствием.

Вводя в науку понятие о живом веществе, мы можем приноровить его не к индивиду, а только к их совокупности, т.е. к видам, родам, сообществам организмов. Из всех этих понятий одно может быть для нас руководящей нитью — то, которое является сейчас основным для всей биологии. Это понятие *вида*. Совокупность организмов одного и того же вида, находящуюся в данный момент на земной коре, мы будем называть *однородным живым веществом*, а их совокупность в каком-нибудь месте земной коры, не охватывающая все организмы данного вида, будет называться частью однородного живого вещества.

Мы увидим ниже, что видовое однородное живое вещество требует более тщательного, детального подразделения. Но и к этому я вернусь ниже, здесь же нам достаточно остановиться только на нем.

Однородное живое вещество во многом аналогично по своим геохимическим эффектам тем химическим природным соединениям — минералам, — которые участвуют в геохимических процессах. Мы можем также говорить о химическом значении в земной коре того или однородного живого вещества, как говорим о химическом значении воды, свободного кислорода или каолина.

Чрезвычайно важно при таком понимании живого вещества то, что при этом не разрывается основное биологическое представление о виде, которое одно позволяет нам разбираться в бесконечном разнообразии живой природы. Оно не только не теряется при этом, но, наоборот, углубляется. Ибо мы этим путем получаем новые, неизвестные нам раньше *видовые признаки*. Такими видовыми признаками являются свойства однородных живых веществ, отличающие их одно от другого. Эти признаки ничем не отличаются от обычных морфологических признаков вида. Если бы мы могли изучить видовые признаки этого рода для всех организмов, для всех видов животных и растений, мы получили бы полную аналогию микробиологическим процессам. Едва ли можно сомневаться, что каждый вид животных и растений точно так же имеет свое характерное специфическое выражение в окружающей его среде, как имеет выражение в своей среде какой-нибудь микроб, и по этому проявлению мы можем не менее точно определять все виды животных и растений, чем по их морфологическим признакам» (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 80—81).

IX. Далее автор пишет: «Идея об извечности жизни — старинная идея в научном миросозерцании, основательно забытая в XIX в., когда привыкли ставить

вопрос о ее первоначальном зарождении в земной коре. Кажется, впервые поставил тезис об извечности жизни в 1618 г. Ф. Реди, считавший, что жизнь была единожды создана творцом и затем передавалась только последовательными поколениями.

Но для Реди сама Земля являлась созданием бога — он стоял на почве библейских традиций. Извечность жизни существовала постольку, поскольку существовала Земля. Однако несомненно, что уже в это время натуралисты, принявшие тезис Реди, должны были придавать ему и другое значение, так как идея об извечности Мира в нашем современном смысле была широко распространена среди ученых, хотя по церковно-политическим условиям жизни не высказывалась или редко высказывалась в литературе.

Та же мысль, несомненно, хотя тоже в скрытой форме, заключалась и в виталистических воззрениях, проникших в науку с начала XVIII столетия, после работ Сталля, и возродившихся в ярких формах в конце XVIII — начале XIX в. Странным образом, лишь немногие из ученых и философов, принимавших эти воззрения, подчеркивали извечность жизни, хотя, несомненно, мы встречаем эти представления у натурфилософов, принимавших жизненные силы, и найдем многочисленные примеры этого, если пороемся в забытых, скрытых на полках библиотек произведениях натурфилософов конца XVIII — первой половины XIX столетия.

Но и ученые, не являвшиеся виталистами, исходя из философских представлений подходили к тому же представлению об извечности жизни. Эту мысль, например, ярко выразил французский натурфилософ и натуралист конца XVIII столетия Ламарк. Он считал причину жизни явлением того же порядка, как причину существования материи и «общей деятельности, распространенной в природе». Выражаясь современным языком, Ламарк считал жизнь столь же извечным проявлением Сущего, каким являются материя и энергия.

Несомненно, в XIX в. не только все сторонники виталистических воззрений держались представления об извечности жизни, многие ученые, стоявшие в стороне от натурфилософских представлений (или сторонники космичности жизни) какого бы то ни было вида, придерживались того же самого взгляда, но, странным образом, эти идеи почти не высказывались в научной литературе и не принимали формы, удобной для научных изысканий.

Впервые идея об извечности жизни в научной литературе была высказана в форме, обратившей на себя внимание в 1860-х годах. С тех пор она осталась в науке.

В 1865 г. ее высказал немецкий врач Г. Рихтер, и в ближайшие десятилетия, появлявшаяся независимо (так как идеи Рихтера не обратили на себя внимания), она не раз высказывалась, например в 1870-х годах У. Томсоном (Кальвином)¹, Гельмгольцем², Прейсом и др.»

¹ Thompson W. Report of the Fortieth meeting of the British Association for the Advancement of Science; held at Liverpool in September 1870. L., 1871.

² Helmholtz H. Vorträge und Reden. Braunschweig, 1903. Bd. 11. S. 420.

Х. Далее автор пишет: «Но извечное существование жизни совместно с более научно конкретными предложениями космологов, например с такими формами космогоний, которые допускают образование Земли благодаря скоплениям космической пыли, несущей зародыши жизни, или теми, которые принимают включение Земли в Солнечную систему извне, в готовом виде, благодаря захвату чуждой планеты притяжением Солнца.

Но больше того, по мере роста научного мышления и развития философского образования оказывалось возможным более правильно определить место научных космогоний в области научных исканий. Мы должны отделять их от выводов науки. Научные космогонии не являются выводами науки; в этих блестящих и красивых картинах былого мы имеем проявления философского и поэтического творчества, с одной стороны, и обработанных математическим анализом идеальных построений Вселенной — с другой. Примыкая, с одной стороны, к философии, современная космогония, с другой — приближается к математике.

Сейчас под влиянием нового подъема космогонических исканий, под влиянием ясно вскрываемых в картине неба действий сил иных, чем всемирное тяготение, говорят о рождении новой науки, научной космогонии. Но об этом можно говорить лишь в том же смысле, как говорят о научной философии. Космогония была и остается в тесной связи с философией; она считается с научными фактами, пытается дать их объяснение, подобно тому как считаются с научными фактами и другие отделы философии, выделившиеся в самостоятельные научные дисциплины, как, например, психология. В явлениях, рассматриваемых в космогониях, есть элементы будущей науки, которая для всего мироздания должна играть ту же роль, которую историческая геология занимает в науках о Земле. Но современные космогонии далеки от этой будущей науки.

Из этого, однако, не следует, чтобы космогония не имела значения в научном мировоззрении и научной работе. В научном мировоззрении она имеет значение так же, как имеют значение другие философские или математические построения, например различные геометрии. Наука пользовалась и пользуется выводами этих геометрий — если это нужно, — не решая вопроса об их реальном бытии в научно наблюдаемом Космосе.

Еще большее значение имеют космогонии для научной работы. Ибо современные космогонии — в своих частных выводах — близко подходят к научным теориям. И те и другие обработаны математическим анализом. Научные теории дают логические построения, выраженные в математических формах, относящиеся к реально наблюдаемому Миру; космогонии дают такие же построения, относящиеся к идеальному миру, реконструируемому человеческой фантазией. Но и те и другие стремятся опираться на научные данные, должны быть проверяемы опытом и наблюдением.

Поэтому современные космогонии дают, с одной стороны, начало целому ряду математических задач и вызывают рост и развитие математических наук, с другой — они заставляют при наблюдении в природе обращать внимание на множество фактов и явлений, на которые помимо них не наталкивается человеческая

мысль. Но все это не делает космогонию наукой, не превращает ее в научную космогонию» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 44-45).

XI. В другой рукописи автор пишет: «*Вечность жизни*. Принцип *omne vivum e vivo* может быть расширен дальше. Можно считать установленным, что он проявляется в течение миллионов лет геологической истории Земли, с доальгонгкской эры, с эры архейских времен. Но сохраняется ли он неизменно всегда? Можно ли считать это эмпирическое наблюдение доказательством *вечности жизни*, ее постоянного, резко отличного от косной материи нахождения в Космосе? Существуют ли в нем извека две различные формы проявления материальной среды — мертвая и живая?

Мы неизбежно здесь подходим к этим вопросам философским путем, но мы можем подойти к ним, создав определенные научные гипотезы. Наряду с гипотезой о начале жизни в геологические или космические эпохи существования нашей планеты может быть выдвинута гипотеза о *ее вечном существовании в Космосе*, о том, что принцип Реди распространяется на весь Космос.

Такое понимание жизни не является безразличным для научной работы, и, хотя оно никогда, сколько я знаю, не было разработано в научных исканиях до конца, оно было живо в науке века. История этого течения мысли не была написана, и очерк, который здесь предлагается, должен рассматриваться и оцениваться как первая, несовершенная попытка. Эта идея лежит очень глубоко, в том субстрате научной работы, который является источником — бессознательным — многих и научных открытий.

Вечность жизни можно понимать различно. Можно считать, что жизнь всегда в Космосе существовала и существует как таковая, захватывающая автоматически необходимую для ее проявления материю. Она так же вечна, как вечно движение, вечны материя, энергия, эфир.

Можно, с другой стороны, предполагать, что жизнь вечна и не происходит из косной материи в области определенных природных явлений, и ее создание или уничтожение не видно нам, пока мы эти явления изучаем. Область явлений создания живого из косного вопреки принципу Реди не наблюдается в явлениях биологии, выходит за ее пределы. Мы недавно пережили аналогичные явления в истории постоянства материи и химических элементов.

Неуничтожаемость вещества и постоянство химических элементов существуют только в определенных областях явлений. Пока мы не выходим из явлений химии и физики молекул, оба эти закона вполне отвечают нашему опыту и наблюдению. Мы знаем, однако, что в действительности материя может исчезать как таковая в определенных случаях и химический элемент переходит в другой химический элемент. Однако это нисколько не отражается на законах химии, представляет область явлений, вне ее идущую. Очевидно, это тесно связано с характером и условиями исчезновения материи и перехода одного химического элемента в другой. Очень возможно, что мы имеем аналогичные явления и для принципа Реди. Он охватывает биологию, и в области явлений, в ней наблюдаемых, нет гетерогенеза. Гетерогенез, если происходит, выражается в процессах или проявлениях иного порядка, связан с иными условиями, чем те, какие определяют жизненные проявления.

Таким образом, представление о вечности жизни может быть понимаемо разное.

Это обычно не различается. Из отрицания принципа Реди делают выводы, применимые только к тому случаю, который предполагает его общую неизменность в Космосе, между тем как мы должны различать: 1) живое происходит из живого всегда и во всех случаях в мироздании; между живым и мертвым непродолимая пропасть, и 2) *omne vivum e vivo* имеет место только в тех явлениях, которые охвачены биологией.

Исходя из первого представления проводят аналогию между этими явлениями и некоторыми другими построениями человеческой мысли, сравнивают задачу гетерогенеза или абиогенеза с решением задачи о квадратуре круга, *perpetuum mobile* и т.п. И действительно, исходя из этих идей возникает вопрос. Не представляет ли постановка задания создать организм из мертвой материи помимо организма такую же объясняемую историей ошибку человеческого мышления, как постановка задачи квадратуры круга, трисекции угла, создания *perpetuum mobile* или философского камня? Не есть ли это стремление лишь одно из орудий, созданных историческим ходом жизни, побуждающим человечество к исканию, как мы это видим в плодотворных научных достижениях, какие явились в результате стремления разрешить задачу квадратуры круга, достигнуть *perpetuum mobile*, найти философский камень? Отыскивая эти создания своей фантазии, человек создал огромные новые отрасли знания, создал новые методы искания и в конце концов оставил в стороне из-за новых, более крупных целей те цели, которые были им раньше созданы. Не было ли то же самое с проникающей современную научную мысль идеей о возможности получить живой организм вне живой материи?

Такое представление действительно сейчас существует в науке. Вопрос о логически-исторической аналогии гетерогенеза с этими построениями, в частности с *perpetuum mobile*, часто возникает в научной мысли и высказывается в литературе. Один из выдающихся современных биологов-мыслителей — Леб ставит даже перед биологией дилемму: «Либо приготовить искусственно организмы из мертвой материи, либо, если это невозможно, найти, почему эта задача неразрешима».

Но эта задача может быть так поставлена только при условии, если биология ее может решать в области свойственных ей явлений. Но возможно, что она лежит вне области ее наблюдений, как лежат вне области явлений химии процессы распада атомов или исчезновения материи. Для этого методы и явления недостаточны. Также могут быть недостаточны для гетерогенеза методы и явления биологии.

Это не есть результат недостаточного нашего знания — это есть различие по существу.

Но предполагаемое сведение задачи гетерогенеза к этой категории представлений включает еще одну неясность, требующую разрешения. Среди этих «невозможностей» соединены вместе неразрешимые задачи разного порядка. Например, такие нерешаемые на плоскости геометрические задачи, как трисекция угла и квадратура круга в пространстве трех измерений, могут быть доказаны, так как в этом случае мы можем охватить все условия, которые необходимы для этих построений.

Однако уже для задачи *perpetuum mobile* в нашей реальной среде, для философского камня и т.п. вопрос является гораздо более сложным, и мы знаем, что второй закон термодинамики, тесно связанный с решением задачи о *perpetuum mobile*, не имеет того места, какое имеет в косной природе, в области явлений жизни. Мы можем доказать невозможность *perpetuum mobile* в механизмах нашей реальной среды не абсолютно, но лишь в пределах наших наблюдений.

Как бы то ни было, независимо от уровня анализа идея вечности жизни непрерывно проникала и проникает научную мысль. Она вошла в нее из древнейших религиозных верований и построений Мира.

Всякая религия совершенно неизбежно сталкивается с явлениями жизни. Она всегда представляет концепцию Мира, приуроченную к человеку. Живое и жизнь в ее проявлениях занимают в ней центральное место, так как она пытается разрешить загадку жизни или дать ей то или иное, понятное человеку объяснение.

Понятие о вечности жизни поэтому всегда содержится во всяком религиозном представлении, если мы расширим это понятие и перенесем его за область той реальной жизни — животных и растений, которая изучается в биологии. В целом ряде религий эта реальная жизнь чрезвычайно расширена и потеряла всякую связь с той жизнью, которая как реальное явление служит объектом научного изучения. В этих случаях вопрос о вечности жизни в научном смысле не может иметь место в религиозных верованиях, он заменяется представлением о брэнности этой жизни и неизбежной замене ее другой, вне земного содержания, жизнью. Но все же и здесь имеется представление о вечности чего-то существенного для жизни, которое, таким образом, так или иначе является проявлением вечного, отличного от косной материи. Строй этих идей, являясь атмосферой мысли ученого, наблюдающего реальную жизнь, получает для него иное содержание и приводит его к таким выводам, которые во многих случаях без этого религиозного понимания не проявлялись бы.

Обращаясь к великим религиозным созданиям человечества, мы видим в тех из них, которые были когда-то живыми для ученых искателей, два течения, с этой точки зрения совершенно различные по своим последствиям.

По своей основе религии, связанные с юдаизмом — христианство и мусульманство, не давали простора развитию этих идей. Им мало было места и среди концепций древнеэллинистического пантеизма. Гораздо шире была возможность их развития в древних индусских и персидских религиозных построениях — но как раз эти построения в наименьшей степени отразились в созданиях современной науки человечества, в течение почти двух тысячелетий связанных с религиозной средой христианства или юдаизма и отчасти мусульманства.

На Дальнем Востоке, в древней Индии (в буддизме), как наследнике других, более древних религиозных достижений, выросло сознание человечества, для которого логическая неизбежность начала и конца природного явления не существует. Здесь достигнуто более глубокое представление о времени, чем то, которое существует в среде средиземноморской и связанной с ней современной американско-европейской цивилизации. Благодаря буддизму с индусским центром культуры тесно связаны Дальний Восток и Средняя Азия. Для всех этих

миллионов людей вечность реальной жизни так же приемлема логически, как для нас приемлема вечность материи и энергии, вечность Космоса.

Здесь гораздо больше совпадений привычного мышления «здравого смысла» с новыми течениями и уклонами научных исканий, чем в среде, связанной с выросшими на юдаизме религиозными субстратами человеческой личности.

В истории этих идеальных построений только в отдельных немногих случаях, может быть даже как отражение глубоких достижений индийских мыслителей, видим мы подходы к этим понятиям. Одной из наиболее глубоких форм идеи вечности жизни являются учения, близкие к шиитским исмаелитам в X в., связанные не столько с мусульманством, сколько с мистическими философскими идеями неоплатонизма (может быть, Плотина?). Очень возможно, что в этих учениях мы видим своеобразную смесь религиозно-философских исканий, связанных, с одной стороны, с религией древних персов (зороастризм), с другой — с греческой философией. «Мировая душа» этих учений, из века существующая, совпадает с тем, что мы называем жизнью. Проявлением «Мировой души» является все живое, и оно вечно постольку же, поскольку вечно «Мировая душа». Начала его не было.

Но в общем эти религиозные построения стояли далеко от той среды, которая создавала нашу науку, которая генетически теснейшим образом связана со средиземноморским очагом цивилизации.

Здесь вопрос о «начале земной жизни» был реальным построением религиозного сознания, с ним должен был считаться всякий ученый, и, отходя от него, он тем самым становился в разрез с господствующими взглядами, сталкивался с окружающей его умственной средой.

Тем не менее мы имеем здесь явные стремления и идеи об отсутствии начала в той жизни, которую мы видим кругом нас, о ее вечности.

Очевидно, эти идеи могли возникнуть только тогда, когда стало ясным, что гетерогенез невозможен.

Идеи натурфилософов XV-XVII столетий. Натуралисты XVII в. Реди и его ближайшие ученики и последователи, особенно Валлиснери, принимая принцип *omne vivum e vivo*, были убеждены и в вечности жизни. Но, основываясь в своей концепции мироздания на молодости Мира, проникавшей все представления людей, стоявших на почве христианства XVII столетия, Реди не мог делать выводы из идеи о вечности жизни. Она приобрела большое значение только тогда, когда Мир был бесконечно раздвинут и во времени и в пространстве, но при этом раздвижении, как мы увидим дальше, исчезало, казалось, значение живого во Вселенной» (ф. 518, оп. 1, д. 49, крымский текст, л. 68-1).

XII. Далее автор пишет: «Это различие останется незыблемым, даже если в философской области ученый будет придерживаться той или иной формы гилозоистических представлений, хотя бы в той форме, в какой все сущее обладало жизнью для Лейбница и его последователей¹.

¹ Прав Виндельбанд, называющий учение Лейбница «абсолютным витализмом» (Windelband W. Die Geschichten den neueren Philosophie. 2. Aufl. Leipzig, 1899. Bd. 1. S. 471).

В истории науки мы имеем яркий пример этого явления, например, тогда, когда чисто философское создание — монады Лейбница приняли форму, удобную для научной работы, в знаменитой теории органических молекул Бюффона¹. Я не буду здесь касаться вопроса, правильно или неправильно понимали монады те, которые исходили из этих идей или находились под их влиянием. Они переделывали их в формы, удобные для научной работы². По существу, они подходили к тому же представлению о проникновении жизнью и живого и мертвого, какое проникало мировоззрение Лейбница.

Но как только эти абстрактные создания человеческого мышления переносились на реальную картину природы, с которой имел дело натуралист, реальная картина не менялась. Последователи Лейбница или Бюффона — точно так же, как и ученый, чуждый представлений о проникновении жизнью всей природы, — одинаково не встречали в научной повседневной работе никаких затруднений отличать живое от мертвого, как не встречаем этого и мы.

Существует множество других философских построений того же характера, как, например, представление Фехнера о космоорганическом состоянии материи, распадением которой создается органическая (живое вещество) и неорганическая. Эти спекуляции стоят сейчас вне научного кругозора, так как только тогда, когда ими воспользуются для научной работы, для научной гипотезы, они получают для нас значение, как получали временами идеи Лейбница. Идеи Фехнера пока научно бесплодны» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 76—77).

XIII. Далее автор пишет: «Мы находим ее проявления в древних религиях, и отголоски такого перехода всего живого в мертвое и обратно — зарождение живого из мертвого — проникают всю мистическую поэзию Востока и Запада. С одной стороны, этим путем нами более ярко проявляется брэнность всего живого, и человеческое чувство и мысль стремятся найти что-то ценное вне земного. С другой — этим путем можно подойти и иногда подходили к чувству единства Природы и пантеистическому или гилозоистическому о ней представлению <...>

В красивом образе выразил эту мысль древний персидский поэт Омар Хайям (1040-1123):

«Господь, сотворивший и землю, и небо, и сферы,
Раскрыл у нас в сердце глубокие раны без меры.
Уста, что рубины, рассеял он в почве земли,
И пудра, как мускус душистый, скрытый в пыли.
Этот луч красою нежной
Ныне взоры наши манит.

¹ Идеи о том, что «вечные органические молекулы» строят организмы и другие индивидуализированные тела природы, в XVIII в. независимо от Бюффона высказывались другими. Они получили ясную форму в середине XVIII в. и, может быть, впервые высказаны Ля Метри. Их высказывали Дидро, Мопертюн, а Бюффон систематизировал эту идею. См.: Windelband W. Die Geschichten den neueren Philosophie. S. 388)

² Дюбуа Реймон (Reymond E. Du Bois. Reden. Leipzig, 1886. Bd. 1. S. 43) непосредственно заимствовал представления Бюффона.

Нежной травкой будет прах наш.
Чьей она отрадой станет?
На лугу зеленый стебель
Не топчи небрежно.
Знай: из праха щек-тюльпанов
Он развился нежно».
«Я видел на нашем базаре вчера
Топтавшего глину ногой гончара,
И слышал я глины печальный упрек:
Была гончаром я. О, как ты жесток!»
«До нас, как и ныне, сменялись и зори и ночи,
И небо, как ныне, свершало свой круг вековой,
Ступай осторожней на пыльную землю ногой.
Ты топчешь не пыль, а прелестной красавицы очи».

И до него, и после него другие люди — в Европе, и Азии, и на всем свете — повторяли ту же мысль в поэтических образах, ища в неразрывной связи живого и мертвого опоры в тяжести жизни.

Эта мысль выражена другим персидским поэтом, до Омара Хайяма, девять столетий назад в более ученой форме: «Все живое имеет свою родословную в четырех вековечных стихиях...»

Это истина, к которой приводит и научное искание нашего времени, выражая «четыре элемента» великих мыслителей средневековья десятками простых тел химии и проявлений мировой энергии» (ф. 518, оп. 1, д. 49, л. 27-28).

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ОБ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ¹

I

Много времени спустя после постановки проблемы изучения химического состава живого вещества, т. е. среднего химического состава живых организмов в связи с геохимическими явлениями,² оказалось возможным подойти к количественному ее разрешению.

Уже в 1923 г. опубликованы работы В. С. Садикова и А. П. Виноградова³, посвященные изучению химического состава живых организмов и выяснению новой методики таких определений. Необходимость новых методов работы сразу стала перед исследователями, как только они приступили с новой точки зрения к химическому анализу организмов. В.С.Садиков со своими сотрудниками непрерывно продолжает эту работу, изучая применение автоклавного метода обработки организмов⁴. Проф. Н. Д. Зелинский⁵ в своих работах над пчелами дал новые данные и в то же время выдвинул методологические проблемы, в частности по отношению к определению азота.

Но лишь в 1927 г. благодаря помощи Всесоюзной Академии Наук и Государственного радиевого института оказалось возможным подойти к изучению по-

¹ Опубликовано на французском языке в «Трудах Биохимической лаборатории», I, 1930. Печатается по изданию — Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 147–166.

² Кроме статей, помещенных в «Трудах Биохимической лаборатории», см. Также работы В. Вернадского [Вернадский В. И. Химические элементы и механизм земной коры. Природа, 1922, № 3/5, стр. 31–48, Вернадский В. И. Ход жизни в биосфере. Природа, 1925, № 10/12, стр. 25–38., Вернадский В. И. Записка (о необходимости организации химического изучения организмов). Протоколи зас. Фізично-матем. Відділу Всеукр. Акад. Київ 1918, вып. I, стр. 43–45., Вернадский В. И. Записка об изучении живого вещества с геохимической точки зрения. Приложение к протоколу VIII заседания. Отдел физ.-мат. наук Акад. Наук. 11 мая, 1921, стр. 120–123, Vernadsky W. Sur le nickel et le cobalte dans la biosphère. C. R. Ac. Sc. P. 175, 1922, p. 382–85, Vernadsky W. A plea for the establishment of a Biogeochemical Laboratory, Trans, the Marin. biol. stat. of port Frinc, 1923, p. 38–48. Liverpool., Вернадский В. И. Определение геохимической энергии некоторых групп насекомых. Наставление для определения геохимических постоянных. Л. 1926].

³ Ssadikow W. S. и А. P. Vinogradow. Untersuchungen über die Zusammensetzung des lebendigen Substrats. I—II. Biochem. Ztschr. 150, 1924 S 372–376 u. 377–391.

⁴ Садиков В. Q. К методике химического анализа животных организмов. Изв. Акад. Наук СССР, 1926, стр. 649–654.

⁵ Зелинский Н. Д. Изв. Акад. Наук СССР, 1923.

ставленной проблемы в более систематической и широкой, хотя и очень несовершенной форме. Создался центр этой работы, сперва при Комиссии по изучению естественных производительных сил при Всесоюзной Академии Наук, в виде специального Отдела живого вещества, а затем с 1928 г. в виде особой Биогеохимической лаборатории, одной из основных задач которой является систематическое количественное выяснение химического состава живых организмов на фоне их химического отражения в окружающей их среде. Почти через десять лет после постановки вопроса о создании особого центра работы в области биогеохимических проблем в Украинской и Российской Академиях Наук, такой центр близится к осуществлению, и, надо надеяться, количественная биогеохимическая работа получает прочное основание.

II

Начиная сейчас новую специальную серию, посвященную биогеохимическим проблемам, и печатая первые работы о химическом составе живого вещества, я считаю необходимым остановиться предварительно на общих основаниях нашей работы, на некоторых возникающих при этом проблемах и на общих задачах, нами поставленных.

Это объясняет чрезвычайное преобладание в водной среде животных организмов, отвечающих различным пищевым цепям.

Такие общие замечания представляются мне тем более необходимыми, что печатаемые работы являются первыми из многих других, которые все вместе составляют единое целое.

III

Прежде всего необходимо сказать несколько слов об общей программе наших работ, лишь частью которой является количественное изучение химического состава живого вещества. Наша работа, идущая на средства Всесоюзной Академии Наук и Государственного радиового института и при поддержке других научных учреждений — Украинской Академии Наук в Киеве и ее Биологической пресноводной станции в Староселье, Исследовательского биологического института в Сергиевке (около Ст. Петергофа), Пловучего морского научного института в Москве, Мурманской биологической станции в Александровске и Опытной сельскохозяйственной станции в Шатилове — сейчас идет по четырем направлениям, одновременное изучение которых вызывается, мне кажется, сутью дела.

Во-первых, идет работа по выяснению проблемы о тождественности или различии смесей *изотопов химических элементов в живом веществе* по сравнению с изотопическими смесями химических элементов косной — не живой — материи¹. Эта работа сводится к определению атомного веса элементов, выделенных из живых организмов, или к выявлению другим путем их физической структуры. Части

¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

организмов (иногда целые организмы, например семена), которые необходимы для этой работы, берутся нами не случайно, но в определенной зависимости от физиологической организации и биологических функций.

Другой работой является *количественное определение химического элементарного состава живых организмов* — первые результаты ее сейчас опубликовываются в Трудах Биогеохимической лаборатории. В теснейшей связи с этой задачей стоит, как увидим, вопрос об определении среднего веса живых организмов, одной из основных их постоянных, к сожалению, столь недостаточно обращающей на себя внимание биологов.

Третьей задачей является количественное определение *геохимической энергии* живых веществ, той ее наибольшей и главнейшей части, которая связана с их способностью к размножению. Она определяет ту силу, с которой организмы своей жизнью возбуждают в окружающей среде миграцию атомов этой среды. Эта миграция находится в теснейшей связи с средним химическим составом организмов и имеет разное значение для разных химических элементов среды. Эта задача в конце концов сводится на определение величин Δ и ν , причем первое определяет темп размножения, а последнее дает меру растекания по земной поверхности геохимической энергии данного животного или растительного вида благодаря его размножению¹.

И наконец, четвертой задачей является определение радиоактивных элементов в живых организмах. Эта задача должна быть отделена от обычного химического анализа не только потому, что она связана с особой методикой работы. Она вводит нас и по существу в новый круг явлений в области жизни, так как сводится к измерению не только массы, но и энергии, отличной от той химической ее формы, к которой приводит определение химического состава организмов.

IV

Мы будем помещать наши работы по определению химического состава организмов без всякой системы, по мере их окончания.

Нашей основной задачей является определение химического состава организмов всех групп животного и растительного царств, причем на первое место выступают организмы, играющие важную роль в строении биосферы. Вопросы [организованности] биосферы, [в основном] геохимические, выступают на первый план, но мы стараемся всюду, где возможно, останавливаться и на вопросах чисто биологических. Очень часто трудно провести резкую границу между этими двумя исканиями.

Особое значение приобретают методические вопросы, так как при самом начале стало ясным, что старые методы анализа, приспособленного к другим за-

¹ Вернадский В. И. Биосфера. Л. 1926. стр. 30 и сл., Вернадский В. И. Определение геохимической энергии некоторых групп насекомых. Наставление для определения геохимических постоянных. Л. 1926, Vernadsky W. Sur la dispersion des éléments chimiques. Revue générale des Sciences, P. 1927, № 12, p. 366–372..

дачам в области новых явлений, нами изучаемых, или в области старых тем, но по-новому нами охватываемых, — недостаточны.

V

Я остановлюсь на вопросах методических и на условиях выбора материала для исследования в дальнейшем, при обсуждении общих химических анализов живого вещества.

Здесь же я считаю необходимым остановиться на более общих положениях, лежащих в основе всех наблюдений.

В биогеохимических явлениях мы имеем дело с *совокупностями* организмов. *Однородным живым веществом* называется совокупность особей одного и того же вида, подвида, расы и т. п. Во всем дальнейшем изложении мы будем иметь дело главным образом, как увидим ниже, с видовым (или расовым) однородным живым веществом. Соответственно совокупность организмов разных, видов или рас будет называться *неоднородным живым веществом*¹

Мы будем различать и определять и однородные и неоднородные живые вещества только по их химическому составу, по их весу и по их геохимической энергии.

Все эти данные должны быть выражены количественно и отнесены к единой особи, совокупность которых составляет живое вещество.

Мы имеем, таким образом, дело с средним химическим элементарным составом, средним весом и средней геохимической энергией живого вещества, отнесенными к средней особи, совокупность которых оно составляет.

Очевидно, всегда можно разложить неоднородное живое вещество на составляющие его однородные живые вещества. Это обычный прием биологов, разлагающих для научной работы биоценозы — сообщества и тому подобные сложные части живой природы — на виды и подвиды.

VI

[Совокупность всех живых организмов биосферы данного момента — *живое вещество биосферы* — может быть разложено на слагающие его составные части — виды, роды или другие таксономические подразделения, число которых для *видов* превышает сейчас 800000 и которые отвечают, например, буквенным символам *A, B, C — a, b, c, — a, β, γ* и т. д. Они могут быть количественно охарактеризованы для каждого разным химическим элементарным составом, весом, геохимической энергией и состоянием пространства, отвечающего объему организма.

Схематически это может быть выражено уравнением:

$$\Sigma \mathcal{J} = SA + S_1 B + S_2 C + \dots + S_n \theta,$$

где \mathcal{J} — живое вещество биосферы (живая природа), выраженное в частях 1 или 100 (процентах) разных для каждого однородного живого вещества в зависи-

¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

мости от их распространенности коэффициентах. $A, B, C \dots$ отвечает однородному живому веществу живых организмов биосферы.]¹

При этом: величины $S, S_2, S_s \dots$ (дроби или проценты) расположены в убывающем порядке.

Так может быть представлена или вся живая природа в целом — все живое вещество биосферы — или любая его часть. Конечной задачей является такое числовое выражение всего живого вещества биосферы.

Но это — даже в первом подходе — далекая цель научной работы требующая работы поколений.

Однако, другого пути нет в биогеохимических проблемах, как его не и в проблемах биологических.

VII

Необходимо при этом прежде всего точно уяснить себе, в каких пре делах возможно заменить в толковании живой природы морфологически группировки (виды, роды и т. п.) однородными живыми веществами и какие при этом возникают новые точки зрения и новые проблемы.

В геохимии мы должны исходить не от отдельных неделимых, как это имеет место в основных проблемах биологии, но от совокупностей организмов, совокупностей, действительно существующих в биосфере т. е. из изучения биоценозов, популяций, сообществ, фаун, флор и т. п во всем их кажущемся бесконечном разнообразии.

Нам важен их химический состав, т. е. производимая ими определенная, в каждом случае различная, миграция химических элементов.

В биосфере встречаются в виде биоценозов² как однородные живые вещества (большой частью почти чистые, почти однородные), так чаще разнородные. Как ни велико число таких биоценозов, оно явно ограничено, — и задача их полного химического изучения отнюдь не является утопической.

VIII

В современной биосфере выдвигаются совокупности не только тех морфологических форм, которые извечно наблюдались в биосфере и существовали в ней, эволюционно изменяясь в течение всех геологических периодов. Под влиянием жизнедеятельности человека за последние тысячелетия структура живой природы претерпела чрезвычайные изменения. Наряду с естественными видами в состав ее вошли многочисленные новые культурные расы, созданные человеком. Эти расы дают *расовые однородные вещества*, и их мы должны различать в окружающей

¹ В 1930 году мною эта схема была выражена очень неудачно, и я не мог по условиям печатания ее уточнить.

² Я буду употреблять это выражение в самом широком понимании. Биоценоз есть всякая естественная совокупность, территориально выделяемая, каких бы то ни было организмов в биосфере.

нас при роде наравне с видовыми однородными живыми веществами.

Эти расовые культурные однородные живые вещества непрерывно охватывают все большую и большую часть живой природы. И по массе они все увеличиваются, и в больших областях суши, на многих островах уже резко преобладают над живой природой, состоящей из естественных видов. Этот процесс явно ускоряется, и можно учесть то время, когда расовая живая природа явится преобладающей на нашей планете.

В настоящее время почти вся площадь суши охвачена или сообществами, состоящими из культурных растений и животных, или изменена под их влиянием.

Растет главным образом масса отвечающего им живого вещества, но не его разнообразие.

Этим живая природа нашей¹ эры резко отличается от всех геологических эпох, начиная от археозоя.

При химическом ее изучении возникает проблема основного значения: изменилась ли и как изменилась биогенная миграция химических элементов суши в биосфере под влиянием замены культурными расами естественных, не зависимых от *Homo sapiens faber* морфологических форм жизни — естественных видов, подвидов и т. п.?

Химический анализ культурных биоценозов по сравнению с естественными биоценозами даст нам данные для решения этой проблемы.

IX

С геохимической точки зрения далеко не все морфологические подразделения организмов имеют одинаковое значение.

В биоценозах основным, конечным элементом, определяющим их морфологическую структуру, является *линнеевский вид* (линнеон), в последнее время часто *подвид*. Процессами, имеющими место в биоценозах, линнеевский вид (resp. подвид) не разлагается на те более простые элементарные виды, из совокупности которых он часто, может быть, обычно слагается.

В связи с этим видовое однородное живое вещество, совокупность которого слагает живую природу, изучаемую геохимически, отвечает линнеевскому виду (или соответственно подвиду).

Более дробные деления — жордановские (элементарные) виды (жорданоны) и чистые линии — не могут сохраняться и проявляться в окружающей нас природе.

Их может в ней проявлять только усилие, мысль и работа человека. Человек должен непрерывно производить работу для того, чтобы эти виды могли выжить в живой природе биосферы, чтобы они не погибли или не перешли в линнеевские виды.

Обычно в биоценозах мы можем наблюдать миграцию атомов только путем изучения геохимического суммарного эффекта линнеевского вида.

Однако, биологический интерес познания химизма этих дробных морфологических делений организмов очень велик.

¹ Было в 1929 г. напечатано: «кайнозойской».

Он не может не интересовать и геохимика. Возможно, например, что изучение химического состава чистых линий или жордановских видов («элементарных» видов — общее) даст возможность уточнить колебания сложного состава линнеевских видов,¹ углубить научный анализ этого состава. Но эти и многие другие вопросы в полной мере могут быть охвачены лишь при наличии химической изученности линнеевских видов.

Колебания состава линнеевского вида могут происходить не только от действительных колебаний этого состава, связанных с различием среды, — они могут еще происходить и от изменения в нем количества разных слагающих его компонентов (элементарных видов), происходящего тоже под влиянием среды.

Это одна из многих проблем (уже проблема геохимическая), связанных с элементарными видами.

Ясно, что знание их химического состава имеет значение, и может быть очень большое, как для биолога, так и для геохимика.

Химический анализ этих наиболее морфологически простых форм живых организмов заслуживает поэтому уже сейчас внимания и может быть займет в будущем большое место в биогеохимической работе.

Но на первое время при начале работы мы оставим их в стороне, и наше внимание обратится на линнеевские виды, в которых обычно научно выражается окружающая живая природа.

Х

Более крупные морфологические подразделения животного или растительного царств — виды, семейства и т. п. — едва ли имеют прямой интерес для познания геохимических явлений *современной биосферы*.

Мы не видим обычно никакого их яркого проявления в биоценозах, которые мы кладем в основу нашей работы.

Так, виды одного рода обычно не входят в один и тот же биоценоз; близкие виды одного рода даже замещают друг друга в разных местностях, например в разных флорах или фаунах и отвечающих им биоценозах.

Нахождение нескольких видов одного рода в одном и том же биоценозе или сообществе всегда указывает на древность их образования или на особые условия окружающей биоценоз или сообщество среды.

Тем не менее нельзя считать а priori валовой химический анализ рода отвлеченной фикцией, ненужной датой для познания современной биосферы среди числовых биологических констант.

Правда, геохимическое значение родового живого вещества иное, чем видового живого вещества. Но именно благодаря этому его химический анализ может,

¹ Нельзя не обратить внимания на формально-логическое сходство элементарных видов или чистых линий с изотопами. Такие формальные сходства (неправильно приравняемые к аналогиям) указывают обычно на сходство форм (или математических выражений), отвечающих обоим явлениям законностей.

повидимому, вскрыть новые черты в строении биосферы.

Однако, в настоящее время существуют большие трудности его химического изучения. И прежде всего неясно, как получить химический состав родового живого однородного вещества?

Надо ли брать для этого *все* виды, слагающие род, и в каких количествах — одинаковых или пропорциональных их распространенности или их весу?

Сейчас мы не умеем ответить на этот вопрос.

Род в окружающей нас живой природе отражает ее палеонтологическое прошлое. Его можно изучать в ней лишь в аспекте геологического времени. Можно думать, что его химический анализ будет отвечать химическому составу *предка*, от которого произошли все виды рода.

К этому вопросу — и к другим вопросам, связанным с делениями живой природы, еще более крупными, чем род, — я вернусь в другом месте.

В этом случае перед нами выдвигаются вопросы, связанные с геологическим прошлым явлений жизни. Однако, геохимическое изучение этих крупных подразделений — родов — животного и растительного царств поднимает и другие вопросы. Так, в группе млекопитающих — в отделах плацентарных и сумчатых — одинаково мы наблюдаем хищных, травоядных, зерноядных, грызунов и т. п. Очевидно, химическое изучение этих групп — соответственных родов и даже видов — может дать результаты, выходящие за пределы вопросов химии прошлого живого мира. Оно даст понятие о химической структуре неоднородного живого вещества.

Очевидно, все эти вопросы — прежде всего из неизбежной для нас экономии научной работы — не могут являться предметом наших исканий немедленно. Это дело будущего.

XI

Таким образом, в основу нашей текущей химической работы сейчас выдвигается выяснение среднего химического состава линнеевских видов (где возможно — подвидов) и культурных рас организмов.

Этот средний химический состав с биологической точки зрения является *видовым признаком*, таким же, как те морфологические видовые признаки, которые определяют естественный вид, подвид, расу.

Таковыми же видовыми признаками должны являться и другие признаки однородного живого вещества (средний вес и средняя геохимическая энергия).

От других видовых признаков эти характеристики однородного живого вещества отличаются тем, что они являются *числами*. Но такими же числами выражаются и некоторые видовые морфологические признаки, например столь важные в диагностике видов *размеры* организмов.

Видовой характер среднего химического состава организма сейчас представляется биологам спорным. Этот спор может быть решен лишь *наблюдением и опытом*.

ХII

Определенное решение этого вопроса является одной из первых задач нашей работы.

Очевидно, лишь определенным образом поставленные анализы могут решить этот вопрос. Если средний химический состав является видовым признаком, то колебания химического состава одного и того же вида из разных местностей, из разных биоценозов, разных лет должны происходить в узких определенных пределах, не превышающих вариаций его морфологических признаков.

По химическому анализу мы должны также иметь возможность *определить вид*, как мы можем его определить по колеблющимся морфологическим признакам.

С другой стороны, средний химический состав вида, чуждого данному, должен лежать вне пределов колебания состава хотя бы и близкого данному растительного или животного вида, *и мы по анализу должны иметь возможность различать два разных вида*, как мы различаем их по их морфологическим признакам.

Различия химического состава между родами и семействами должны быть больше, чем различия между химическим составом разных видов одного и того же рода.

И в то же время наиболее близкие между собой расы — чистые линии или элементарные виды — должны химически различаться друг от друга.

ХIII

Эти выводы могут быть утверждены или отвергнуты только опытным путем — путем производства анализов. Только тогда и выдвинутся неизбежно новые вопросы и новые явления, тесно связанные с этим видовым признаком. Этот химический видовой признак представляется мне видовым признаком исключительной важности.

Он, с одной стороны, определяет в очень резкой, яркой количественной форме соотношение между *внешней средой и организмом* и, во-вторых, он по существу является *субстратом* всего анатомического и гистологического строения организма, так как от него зависят те соединения, которые могут образовываться в данном организме и которые строят его ткани. Если в общем протоплазматическое строение всех живых организмов придает им общие морфологические черты, едва ли может быть сомнение (хотя это и не прослежено) в том, что все морфологические различия обусловлены различными, особыми, только им свойственными молекулами, вырабатываемыми каждым организмом. Молекулы в конце концов опираются в своем различии на разный атомный состав организма.

Главное значение вводимых новых постоянных и для биологии заключается в том, что это видовое свойство легко может быть выражено в *числах* — причем числа эти для всех организмов принадлежат к одной категории, т. е. так выраженные видовые признаки разных организмов *могут быть количественно сравниваемы*.

XIV

Биология постоянно и очень быстро охватывается математическими понятиями и, в частности, численные величины приобретают в ней все большее и большее значение.

Не говоря уже о физиологических явлениях, тесно связанных с физикой, проникновение в биологию физики и химии внесло число в область чисто биологических проблем. Области генетики и биометрики охватываются численными законностями и константами. Наконец, области экологии, биоценозов, гидробиологии в широком смысле этого понятия все больше и больше дают места численным соотношениям.

Особенно сильно внедрение числа в биологию идет в нашем столетии, увеличиваясь благодаря возникшим в жизни человечества новым прикладным биологическим проблемам — проблемам зоотехники, массового питания, агрономии, рыбного хозяйства, промыслового исследования океанов и морей и т. п.

Выдвижение числовых биогеохимических проблем идет как раз в уровень с этим научным движением.

Число охватывает этим путем новые области биологии. Линнеевский вид может быть характеризован одними *числовыми постоянными* с той же точностью, с какой это достигается морфологическим диагнозом.

Он может быть характеризован этим путем также, как может быть характеризовано числами любое химическое соединение.

XV

Я вернусь к этому вопросу при издании наших первых анализов живого вещества, которые имеют появиться в следующих выпусках «Трудов Биогеохимической лаборатории». Очень желательно для возможно более точного и быстрого решения вопроса, чтобы были произведены химические анализы из возможно большего количества мест, в разные года и из разнообразных биоценозов, одних и тех же определенных видов растений и животных. Список видов, за которыми мы думаем следить, будет нами опубликован.¹

Несколько лет такой систематической работы позволяет точно ответить на вопрос как о значении химического состава для характеристики вида, так и о его постоянстве.²

1 Не ожидая этого списка, можно отметить, что очень важно сейчас же накопление анализов (и определение радиоактивности) по возможности из разных местностей, в разное время года возможно большего количества видов *Lemnae* (рясок). Организмы эти живут в воде, легко могут быть целиком выделены. Они обладают исключительной повидимому, для многоклеточных организмов геохимической энергией. Желательно обратить внимание на нахождение в них марганца, железа, алюминия. Все элементы, кроме С, О, Н, N — и то частью, — они получают из воды. Анализы рясок см. А. Виноградов [Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря. Труды Биогеохимич. лаборатории, III, 1935; IV, 1936.]. Об их радиоактивности см. Б. Бруновский [Brunowsky B. Studien über die Konzentration des Radiums durch Lebewesen. Труды Биогеохимич. лаборатории, II, 1932, стр. 9–25]. [В виду большого труда, который требуется для сбора рясок в связи с изучением их радиоактивности, мы заменяем их растением большего размера, родом *Ceratophyllum*. Но новые анализы *Lemnae* (оставляя в Стороне Ra и MsTh₄) очень желательны, так же как *Ceratophyllum*. Желательны определения Mn и Fe (количественно) в насекомых и т. д.]

² См. Труды Биохимической лаборатории, тт. I–V 1930–1939

XVI

Числовые постоянные линнеевского вида, как все видовые признаки, колеблются в известных пределах. Эти колебания, конечно, несколько не уменьшают точности математического выражения вида. Определение их пределов только и может дать понятие о химическом составе живого вещества.

Необходимость таких химических анализов для решения многочисленных проблем геохимии не возбуждает никаких сомнений, и на это мною многократно указывалось^{1, 2}.

Но познание химического состава живых организмов имеет огромное значение и для биологии. Это значение прежде всего связано с проникновением в новые области биологии точных числовых представлений.

Мы переживаем здесь новый случай вхождения математики — числа и геометрического образа — в области науки, где их раньше не было. Такое проникновение всегда, как это показывает история науки, имело плодотворное значение для данной области знаний, открывало в ней новые горизонты, новые проблемы.

Как всякая наука, биология должна стремиться к возможно полному математическому охвату свойственных ей законностей и фактов. Это основное условие ее дальнейших успехов, проникновения ее в новые области, сейчас ей недоступные. Биология неизбежно станет наукой в известной мере математической, как стала ею физика.

В этом огромное значение биогеохимических работ и для биологии, особенно в тех ее областях, в которых имеют место исследования совокупностей организмов — экологии, фитосоциологии, в географии растений и животных, во всех изучениях флоры и фауны с общей точки зрения, где давно необходимо подойти к количественному учету *массы* или *веса* составляющих их видов, а не только их числа. *Числовые соотношения между видами* должны отойти на второй план по сравнению с *весовыми соотношениями*, между составляющими живую природу (*Ж*) компонентами из однородных живых веществ.

Должны быть выдвинуты количественные данные о миграции химических элементов, вызванные их жизнью, и об интенсивности этой миграции. Такими количественными данными как раз являются средний химический состав однородного живого вещества и вычисленная для него — путем изучения его размножения — константа ν .

Такие данные при современном уровне знаний могут сейчас быть наиболее просто получены для замкнутых водных бассейнов суши в гидробиологии и при изучении жизни океана.³

¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

² Вернадский В. И. Биосфера. Л. 1926.

³ Нельзя не обратить внимания на работу молодого, безвременно погибшего талантливый натуралиста В. М. Будрика (1919) [Будрик В. М. Материалы по изучению Тамбуканского озера. Вып. I и II. Пятигорск 1926]. Эта работа была напечатана после его смерти в незаконченном виде. Он был одним из немногих, которые поняли, что живое вещество, живые организмы не только меняют состав озера, но входят, как таковые, в его химическое динамическое равновесие. При гидробиологическом анализе озера надо знать и принимать во внимание не только химический состав воды и грязи озера, его газовый режим, но и химический состав и массу его однородных живых веществ или его биоценозов. Масса была упущена и В. М. Будриком.

XVII

Выражение видового признака в виде процентного весового химического элементарного состава, несомненно, является искусственным и не дает того образного — столь нужного — представления, какое дает морфологическое описание, например окраска, оперение, форма и строение цветка или плода, формы корней, листьев, форма головы, тела, их эмбриональное развитие и т. п.

Столь же искусственно — с этой точки зрения — и то выражение состава в процентном составе входящих в организм атомов, которое неизбежно должно войти в употребление при биогеохимических проблемах.

Но химический состав организма может быть выражен иначе, причем его значение, как реального проявления жизни организма, может быть сделано ясным.

Средний химический состав организма может быть выражен *в виде количества химически различных атомов*, свойственных среднему неделимому данного организма. Он будет тогда показывать то количество атомов, которое биогеохимической энергией¹ может быть выделено организмом из окружающей среды и удержано им во время жизни в том особом термодинамическом — живом — поле, какое представляет собою в поле биосферы каждый организм.

Очевидно, эти числа являются характерными и постоянными не только для общего количества атомов, находящихся в среднем неделимом данного вида. Каждый химический элемент должен быть представлен в нем определенным различным числом атомов.

При таком выражении химического состава едва ли может возникнуть сомнение в видовом характере этого числа атомов и в его глубоком значении для познания вида.

Я вернусь к этим числам в дальнейшем выпуске «Трудов Биогеохимической лаборатории» при обсуждении наших химических анализов.

Здесь же, однако, надо отметить, что такое выражение химического состава может быть определено только при знании веса или объема организма.

Количество атомов для среднего организма должно быть отнесено к их среднему весу (геср. среднему объему), так как только целый организм является в биосфере особым атомным полем. Но такое определение атомного поля организма может быть представляет большие неудобства, так как размеры организмов чрезвычайно колеблются (в сотни тысяч раз) и определение среднего *неделимого* — и даже неделимого вообще — представляет иногда непреодолимые трудности.

Поэтому в будущем будет удобно дать для каждого организма количество атомов в одной и той же для всех единице объема, например, в кубическом сантиметре. Заметим, что при этом, по мере уменьшения размеров организма, количество атомов в таком объеме будет увеличиваться. Такое обозначение химического состава упростит многочисленные вопросы, связанные с химизмом неоднородных живых веществ, с биоценозами, в тех случаях, когда трудно выделить в них

¹ Было [1930] сказано: силой жизни.

неделимое, например *Zostera*, в *Sphagnum*, в растениях с сильно развитыми корневищами и т. п.¹

Я вернусь в другом месте к дальнейшему суждению об этом методе выражения состава и к связанным с ним законностям.

XVIII

Необходимость точного познания *среднего веса*, т. е. массы среднего организма, не только связана с указанной формой выражения химического состава.

Без знания среднего веса организма невозможно сейчас вести химический анализ организма. На это много раз нами указывалось, и определение среднего веса кладется нами в основу всех наших анализов.

Это число, конечно, важно и само по себе и является ярким *видовым признаком*.

Прежде всего им определяется минимальное количество того вещества, анализ которого только и может дать понятие о химическом составе организма. Ибо, очевидно, организм представляет неразделимое целое, и части его имеют разный химический состав (например, раковина и тело моллюска). Поэтому для познания среднего состава организма необходимо делать анализ всего организма — всей той массы вещества, которая отвечает *живому организму*, например растение должно анализироваться с корнями, дождевой червь с содержимым желудка и т. п.

Для геохимических процессов живое вещество должно изучаться в том виде, в каком оно встречается в природе. Поэтому многие из тех учетов, которые делаются в биологии, например состава и веса растений без корней или организмов «голодных», без содержимого их желудка, не могут быть использованы в геохимических изысканиях. Едва ли правильны такие зачеты и биологически.

XIX

Но, сверх того, с весом организма связаны два его свойства огромного и биологического и геохимического значения, свойства, выражаемые в числах и являющиеся не менее ярким и важным видовым признаком, чем вес. Это *объем* и *поверхность* среднего организма.

Эти данные почти *terra incognita* для огромного большинства живых организмов, а между тем с поверхностью организма связано — для целых семейств и классов организмов — их дыхание, их питание: она определяет биогенную миграцию химических элементов, связанную с этими жизненными функциями.

Получение этих численных данных является насущной научной задачей дня. Но здесь большею частью приходится идти по нетронутым путям, надо

¹ Однако, для познания отдельного неделимого очень, мне кажется, важно знать, среднее количество атомов, его создающих, и наблюдаемые их максимумы и минимумы. Это числа, наиболее независимые от планетных условий. Важно знать их пределы на всем протяжении живого вещества. Множество научных проблем возникает при таком подходе к изучению организма и его среды.

искать и вырабатывать методы работы. К этому все же придется приступить и неотложно.

В составе организмов есть черты, резко отражающиеся на их весе. Во-первых, в них всех более половины по весу составляет *вода*, примерно от 60 до 99.7%¹ и, во-вторых, остальные преобладающие, по весу *элементы* очень легкие: азот, углерод и т. д.

Точное и прямое определение воды в виду ее преобладания во всех организмах² является первой и основной задачей.

К сожалению, ее биохимические и физические функции в организме так сложны, что эта задача часто не разрешима при современном состоянии наших знаний. Приходится в таком случае ограничиваться валовым определением водорода в живом организме, которое может быть сделано точно. Для кислорода нет прямых способов определения, и числа для него всегда получаются по разности.

Благодаря преобладанию воды удельный вес организмов не отличается резко от удельного веса слабых водных природных растворов и в действительности даже часто бывает менее удельного веса природной воды благодаря большему, чем в воде, количеству заключающихся в организме легких газов.³

XXI

Тождественность удельных весов водных природных растворов в организме и преобладающее количество воды в составе огромного большинства организмов — ярко на каждом шагу выявляют значение *поверхностей* живого вещества в строении окружающей нас природы. Этим путем чрезвычайно увеличивается сила биогенной миграции атомов, так как поверхность организма, имея в виду беспозвоночных, растения, — ей пропорциональна.

Многочисленные насекомые и травы могут быть рассматриваемы как небольшие капли воды с огромной поверхностью соприкосновения с биосферой.

Имея в виду, что $1 \text{ см}^3 \text{ воды весит } 1 \text{ г}$, следует заключить, что более легкие по весу травы и насекомые, богатые водой, должны явно обладать огромной площадью, в сотни и больше раз превышающей поверхность равной им по весу и близкой по составу капли воды.

Это ясно видно из прилагаемых таблиц (табл. 1 — веса растений и табл. 2 — веса животных).

¹ Может быть, эти предельные цифры немного изменятся, но характер явления останется неизменным.

² В количестве воды есть резкий перерыв. В то время как в составе размножающихся организмов содержится ее всегда больше 60%, споры и семена никогда не содержат больше 20% (может быть меньше), и пределы их колебаний в этом случае равны приблизительно 8—16%. Это формы латентной жизни, жизни без влияния на миграцию химических элементов окружающей организмы среды.

³ Количество *газов* в организме сказывается очень заметно в их весе. Этим вносится новое усложнение в исчисление их химического состава, вызывающее новую методику работ. В первых анализах, которые нами сейчас производятся, мы сознательно оставляем это явление в стороне. Я вернусь к этому вопросу при толковании наших первых результатов.

Они дают нам понятие о значении поверхности для живых существ.

Поверхность 1 см³ воды в виде сферической капли равна 17.24 см²; это часто площадь одного листа для приведенных в таблицах растений.

XXII

Возвратимся к химическому составу организма. Очевидно, основная и первая задача наша здесь состоит в том, чтобы убедиться, что состав его постоянен, так же, как постоянен другой какой-нибудь видовой признак.

Это утверждение мы неизбежно должны хотя бы а priori положить в основу изучения химического состава живой природы, биоценозов.

Таблица 1

Вес растений¹

Название	Местность и время сбора	Количество неделимых	Средний вес одного растения в г.
Сем. Chroococcaceae * <i>Aphanocapsa</i> sp.	Остров Труханов у Киева 9/VIII 1928	820	1.056
Сем. Characeae * <i>Chara foetida</i>	Рыбное озеро у Киева 17/VIII 1928	400	1.141
Сем. Ricciaceae * <i>Riccia fluitans</i> L.	Там же 2/VII 1928	300	0.005
Сем. Polytrichaceae <i>Polytrichum commune</i> L.	Петергоф 20/VIII 1927 у Ленинграда	1623	0.244
Сем. Salviniaceae * <i>Salvinia natans</i>	Староселье у Киева 18/VIII 1928	855	0.559
Сем. Lemnaceae * <i>Lemna minor</i> L.	Петергоф 1926	400	0.003
» » »	» 1927	400	0.002
» » »	» 1928	400	0.0025
* <i>Lemna gibba</i> L.	Окрестности Киева 1928	1200	0.002
* <i>Lemna polyrrhiza</i> L.	Петергоф 1926	400	0.005
» » »	» 1927	400	0.004
» » »	» 1928	400	0.0036
<i>Lemna trisulca</i> L.	Киев 1928	400	0.0031
Сем. Liliaceae <i>Gagea minima</i> Ker Gawl.	Петергоф 5/VI 1927	520	0.623
Сем. Asparagaceae <i>Majanthemum bifolium</i> L..	Петергоф 27/VI 1927	718	0.519
Сем. Cruciferae			

¹ Звездочкой отмечены растения без цветов. Все растения с корнями. Числа получены Г. Бергман, А. Виноградовым, Ш. Каминской, К. Кунашевой, Н. Эльб.

<i>Draba nemorosa</i> L..	Петергоф 9/VI 1927	700	0.288
Сем. Violaceae			
<i>Viola uliginosa</i> Bess..	Лисий нос у Ленінграда	200	0.645
» <i>silvestris</i> Lam.	6/VI 1927	274	0.887
» <i>palustris</i> .	Петергоф 6/VI 1927»	342	0.710
Сем. Caryophyllaceae			
<i>Stellaria media</i> (L.) Cyrill.	» 25/VII 1927	431	0.7825
Сем. Leguminosae			
<i>Trifolium arvense</i> L..	Старосельє 12/VII 1927	1650	0.351
Сем. Campanulaceae			
<i>Campanula rotundifolia</i> L..	Старый Петергоф	451	0.547
	26/VII 1927		
Сем. Scrophulariaceae			
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	Там же 27/VII 1927	391	0.894
» <i>pratense</i> L.	» 2/VII 1927	966	0.622
<i>Veronica officinalis</i> L.	» 11/VII 1927	307	0.984
Сем. Primulaceae			
<i>Trientalis europaea</i> L..	» 22/VII 1927	619	0.560

1

Таблиця 2

Вес насекомых¹

Виды насекомых	Местность и время сбора	Число экземпляров	Средний вес неделимых в г..
Пор. Orthoptera			
Сем. Acrididae			
<i>Chorthippus parall.</i>	Окрестности Киева	4441	0.623
То же	16/VIII — 28/VIII 1928	2823	0.216
<i>Dociostaurus crucigerus brevis</i> Evers		3141	0.221
<i>Oedipoda coerulescens</i> L.		418	0.132
» » »		414	0.392
<i>Chorthippus albomarginatus</i> De Geer	Там же 17-28/VIII 1928	313	0.107
<i>Stenobotrus stigmaticus</i> Ramb.	Там же 2-24/VIII 1928	1439	0.078
	Там же 15-28/VIII 1928	354	0.1515
<i>Acrydium subulatum</i> L.			
Пор. Odonata			
Сем. Characeae			
<i>Aeschna grandis</i> L.	Петергоф 15/VIII 1927	102	1.014
Сем. Libellulidae			
<i>Sympetrum sanguineum</i> Müller	Окрестности Киева	4850	0.087
	15/VIII 1927		
<i>Leptetrum quadrimaculatum</i> L.	Старосельє	921	0.299
	6/VII—1/ VIII 1927		
Пор. Hemiptera			
Сем: Notonectidae			
<i>Notonecta glauca</i> L.	Киев	1163	0.150
	25/VII—19/VIII 1928		
Сем. Aphididae			

¹ Те же наблюдатели, как и в первой таблице.

<i>Aphis fabae Scopoli</i>	Бат. гора, Киев 6/VII—18/VII 1928	1200	0.00047
Сем. Myodochidae			
<i>Tropidothorax leucopterus</i> Goere.	Киев 2/X 1928	1573	0.030
Пор. Lepidoptera			
Сем. Myodochidae			
<i>Pieris brassicae</i> (imago)	Петергоф	920	0.124
» » (куколки)	15/VII—25/VII 1927	103	0.320
» » (гусеницы)		675	0.321
Пор. Coleoptera			
Сем. Scarabaeidae			
<i>Cetonia aurata Fabr</i>	Староселье 8/VII—28/VII 1928	487	0.422
<i>Anoxia pilosa Fabr.</i>	Там же 6—18/VII 1928	1029	0.562
<i>Anisoplia segetum Herbst</i>	Бат. гора, Киев 4—9/VII 1928	3505	0.0975
<i>Anisoplia austriaca Herbst</i>	Белая Церковь 4—9/VII 1928	1091	0.1952
<i>Amphimallon solstitialis L.</i>	Староселье 8/VII—25/VII 1928	1165	0.2879
Сем. Buprestidae			
<i>Chalcophora mariana L.</i>	Тетерево, Киев	584	0.6849
» » »	2/VII—9/VII 1928	437	0.9290
Сем. Curculionidae			
<i>Bothynoderes punctiventris Germ.</i>	Мироново 4/VII 1928	2660	0.1287
Сем. Chrysomelidae			
<i>Cassida nebulosa L.</i>	Белая Церковь 10/VIII 1928	68922	0.0204
<i>Agilastica alni L.</i> (imago)	Петергоф 25/VIII 1927	200	0.0201
» » (личинки)	Там же 18/VIII 1927		
Пор. Diptera			
Сем. Brachycera			
<i>Calliphora erythrocephala J. Macq.</i>	Петергоф 4/VIII 1927	400	0.0291
(личинки)			
Пор. Hymenoptera			
Сем. Formicidae			
<i>Formica rufa L.</i>	Там же 2—9/VII 1927	400	0.0118
» » »		300	0.0110
Сем. Apidae			
<i>Apis mellifera L.</i>	Киев 29/VIII 1929	80	0.1235

Мы проверим его правильность, исходя из предположения о его существовании. А ригио представляется для натуралиста аксиомой, что все морфологические свойства всякого природного тела, в том числе и живого организма, являются следствием его химического состава. Сохранение в разных биоценозах морфологических свойств организма почти неизменными или мало меняющимися заставляет думать, что составленные из этих организмов их совокупности, т. е. однородные живые вещества, будут мало меняться в своем химическом составе в разных биоценозах.

Надо думать, что порядки вариаций, которые будут наблюдаться, не будут отличаться от подобных изменений в этих условиях морфологических признаков.

Изучение биоценозов основано, таким образом, на положении, что *свойства неоднородного живого вещества могут быть точно и непрерываемо вычислены, если известны свойства и количества составляющих его однородных живых веществ*. Это положение есть в то же время и основная проблема, подлежащая выяснению. То или иное ее решение, очевидно, чрезвычайно отразится на ходе всей нашей работы и на ее методике.

XXIII

Среди подлежащих нашему изучению *биоценозов* очень большое значение имеют биоценозы, которые представляют чистые или почти чистые *однородные живые вещества*, т.е. те, которые почти сплошь состоят из особей одного и того же вида (или подвида).

С одной стороны, их изучение важно методологически для проверки только что указанного положения об относительном постоянстве химического состава вида, но, с другой стороны, оно важно само по себе, так как указывает на особые свойства тех видов, которые дают в биосфере участки однородного живого вещества.

Если исключить участки однородного живого вещества в биосфере, созданные культурой, например поля хлебных растений, то возможность появления других вызвана тем, что данный вид обладает — в условиях образования биоценоза — *максимальной геохимической энергией* по сравнению с другими, здесь находящимися организмами. Ибо только при этом условии он может *один* захватить всю площадь биоценоза. Поэтому с геохимической точки зрения изучение такого вида приобретает особое значение.

В действительности мы едва ли когда-нибудь наблюдаем в этих случаях совершенно чистое вещество, мы имеем дело лишь с чрезвычайным преобладанием A над $B+C+D$...

Но это не исключает основного положения. С таким преобладанием компонента A могут встречаться среди сотен тысяч и миллионов видов только такие, геохимическая энергия которых (величина ν) может достигать в условиях живой природы очень большой величины. Благодаря этому эти виды должны быть изучены в первую очередь.

XXIV

Легко убедиться, что в биосфере может существовать для одного и того же вида несколько различных форм однородных живых веществ. Так как эти выделения морфологически различны, то надо думать, что они будут и по химическому составу различны.

Чрезвычайно характерно для структуры живой природы то, что каждый вид дает или может давать в ней несколько морфологически, — а следовательно и

химически — различных форм однородного живого вещества.

Благодаря тесной зависимости роста и развития организма от годового цикла планеты, в ходе этого цикла в живой природе появляются одни и те же возрастные формы данного вида, подвида, расы. В биосфере благодаря этому могут появляться скопления разных *возрастных* однородных веществ, периодически сменяющихся с ходом времени.

Но в ней, кроме возрастных, наблюдаются еще временами *половые* разности однородных живых веществ.

XXV

Разности возрастные в тех случаях, когда они связаны исключительно с *ростом*, встречаются для всех организмов и являются характерной чертой живой природы.

С возрастом связаны, однако, еще такие биоценозы, которые не могут сводиться к простой функции роста, а связаны с превращением организма в новые формы, превращениями, обычно очень резкими и морфологически очень отличными от исходных форм. Из них имеют геохимическое значение, т. е. встречаются в почти чистых биоценозах, однородные живые вещества, связанные *со сменой поколений и с метаморфозами организма*.

Можно, таким образом, различить три формы возрастных однородных живых веществ (и гесп. биоценозов): собственно *возрастные*, *поколенные* и *мзта-мэрфозные*.

XXVI

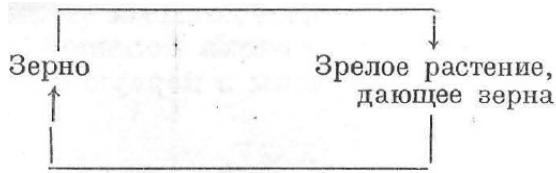
При обычном *росте* процесс идет, очень определенно: он выражается кривой веса, достигающей максимума и затем медленно спадающей без скачков и перерывов. В этом случае организм постепенно, с ходом времени, дает разные однородные живые вещества в разные стадии своего существования. Мы знаем, наблюдая, например, луга или поля или леса, что и морфологически и химически эти совокупности организмов меняются с возрастом, проходят разные стадии. Молодой и зрелый луг, лес разных возрастов, поле в зеленях, в цвету, спелое, имеют и разный морфологический вид и, очевидно, разный химический состав. В живой природе эти явления периодически повторяются с годовым или многолетним циклом, с вращением планеты вокруг Солнца.

Очевидно, для полной химической характеристики какого-нибудь вида надо иметь его химические анализы, отвечающие всем этим стадиям. Не имея возможности следить за изменениями химического состава непрерывно, как это возможно, например, для веса, необходимо выбрать для анализа биологически важные периоды роста, например для трав луга — времена цветения, созревания семян, первых молодых всходов.

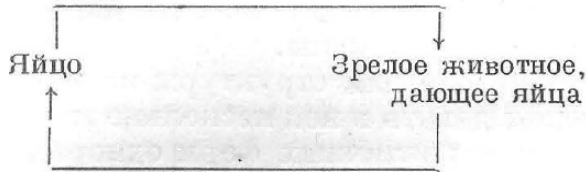
Очевидно, как непрерывно идут морфологические изменения с возрастом, так непрерывно меняется и их химический состав, вероятно с резкими проявле-

ниями во времена максимального изменения формы организма.

Для наших трав и деревьев ход химических изменений идет от состава зерна до зрелого организма. Он представляет с химической точки зрения замкнутый цикл:



Тот же цикл мы имеем для животных, не дающих метаморфоз и смены поколений, например для птиц:



XXVII

Совершенно иначе идет процесс при *метаморфозе* или при *смене поколений*. Типичным примером однородных живых веществ, связанных с метаморфозом, являются в биосфере насекомые, составляющие, повидимому, и по весу главную массу животных организмов суши. Для гусениц или личинок, куколок, imago морфологические различия чрезвычайны и происходят резко. Соответственно чрезвычайно резки и химические различия, поскольку они известны. Естественные однородные скопления насекомых, почти в видовом отношении чистых, являются одним из самых обычных явлений в окружающей нас природе.

Здесь переход из одной стадии жизни в другую совершается быстро, скачками, с ходом земного солнечного цикла, и повторяется неизменно сотни тысяч и миллионы лет.

Также скачками должны происходить и периодически повторяться химические изменения в биоценозах, в случаях, когда такие организмы, в них преобладают.

Следующие анализы Г. Г. Бергман, хотя и неполные, это подтверждают (табл. 3).

Таблица 3

Метаморфоз насекомых

	Проценты (на живой организм)					Средний вес среднего живого организма в г
	H ₂ O	C	H	N	P	
<i>Pieris brassicae</i> L.						
Гусеница	84.34	7.79	10.15	1.56	0.17	0.3214
Куколка	78.65	9.41	10.33	2.26	0.18	0.3192
Бабочка	66.36	19.40	9.00	5.78	0.33	0.1236

	Проценты (на живой организм)					Средний вес среднего живого организма в г
	H ₂ O	C	H	N	P	
<i>Rhagium indagator</i> L.						
Личинка	68.73	15.60	10.10	1.88	0.20	0.2500
Куколка	70.30	16.72	10.04	2.47	0.19	0.2350
Жук	59.40	21.68	9.70	3.52	0.29	0.1980
<i>Polistes gallica</i> L.						
Молодые личинки	76.69	11.17	10.32	2.31	0.185	0.1501
Взрослые личинки	73.43	13.32	10.27	2.36	0.175	0.1873
Куколки	74.41	12.44	10.24	2.82	0.205	0.1530
Осы	69.20	15.06	10.08	3.86	0.26	0.0908

XXVIII

Тот же характер имеет и *смена поколений*, очень ярко выраженная в водных, в морских в частности, организмах, но известная и на суше.

Ее проявление в структуре биосферы — в однородных биоценозах — является очень важной чертой ее строения.

Такие биоценозы — *поколенные однородные живые вещества* встречаются среди насекомых, ракообразных, гидроидов и т. д. В этих случаях нередко морфологические различия сменяющихся поколений чрезвычайно резки, и циклы длятся годами. И нет никакого сомнения, что так же будут резки изменения химического состава отвечающих им однородных живых веществ. Например, ясно, что химический состав живых медуз или медузоидов резко отличен от колониальных форм — гидроидов.

XXIX

Среди поколенных однородных веществ чрезвычайно характерна смена половых поколений бесполоыми (женскими особями), например, наблюдаемая в биоценозах тлей или хермесов.

В биосфере *половые однородные живые вещества* выделяются и в другом виде, может быть в известной связи с этим же явлением, но, возможно, вне всякой зависимости от смены поколений.

Таковы, например, роши пирамидальных тополей юга СССР или скопления *Eloдея canadensis* европейских рек, состоящие исключительно из женских особей.

Всматриваясь в окружающую нас природу, мы увидим очень часто такие естественные скопления особей одного какого-нибудь пола. Они бесчисленно разнообразны, как бесчисленно разнообразна живая природа.. Осенью в степях часты «лёт» пауков, состоящие из женских особей, например, описанные И. Хэдсоном¹ в пампасах Аргентины. Д. Бэте² указывает в лесных прогалинах Центральной Америки рои самцов бабочек и т. п.

¹ Хэдсон У. Г. Натуралист в Лаплате. СПб. 1896, стр. 169.

² Бэте Д. На Амазонской реке, СПб. 1865, стр. 30.

Чем бы это, несомненно закономерное, явление ни объяснялось, очевиден следующий вывод: для полного познания химического состава необходимы отдельные анализы мужских и женских (может быть, бесполох?) разностей однородных живых веществ.

Особь разного пола отличаются и морфологически и химически.

Их химическое различие часто сказывается в образовании ими особых биоценозов в биосфере, т. е. особых миграций химических элементов.

XXX

Таким образом, мы видим, что для точной характеристики химического состава вида или подвида необходимо иметь несколько анализов в разные стадии жизни организма и его половых и иных разностей.

Это указывает, что и количество атомов, которое находится в каждом среднем неделимом (или в одной и той же единице объема), различно и неодинаково для разных химических элементов в одной и той же культурной расе или в одном и том же естественном виде. Оно закономерно меняется в течение жизни, и эта закономерность подлежит нашему изучению.

В конце концов и химические анализы и веса (resp. объемы и поверхности) организмов требуют для полной характеристики *нескольких чисел*.

Единым числом для каждой расы и для каждого вида является третья числовая характеристика однородного живого вещества — его *геохимическая энергия в том случае, если она взята в своем максимальном проявлении*. Однако, эта форма выражения для геохимической энергии определяет только *предел*, которого может достигнуть для каждого вида или расы свойственная им реальная [*скорость заселения планеты*] (величина V).¹

В действительности в разных биоценозах величина V подвержена колебаниям. Мы знаем, что входящие в нее размеры организма и темп их размножения меняются и обычно не достигают максимальных размеров.

При изучении живой природы имеют огромное значение определение *реальной существующей величины* V и сравнение ее как с возможным максимумом, так и с ее числами в разных биоценозах. Тут мы должны получить многочисленные числовые данные, которые позволят углубиться в механизм БИОЦЕНОЗОВ.

Для величины V , характеризующей вид или расу, необходимо, таким образом, определить как максимальную ее величину, так и наблюдаемые в биосфере от нее отклонения. Для характеристики биоценозов эти последние даже важнее.

Одной из основных задач нашей работы является сейчас, наряду с определением среднего химического состава и среднего веса, определение [*скорости заселения планеты*]² как в ее максимальных проявлениях, так и в ее реальном выражении в разных биоценозах. Эти данные необходимо получить для возможно

¹ Может быть, удобно отличать эту максимальную скорость большой буквой V .

² Вернадский В. И. Биосфера. Л. 1926.

большого числа линнеевских видов и культурных рас.

Для константы геохимической энергии приходится начинать всю работу сначала. Наблюдений нет.

XXXI

В окружающей живой природе давно установилось равновесие, меняющееся чрезвычайно медленно. В девственной природе оно идет колебаниями, столь же мало заметными, как мало заметны вековые или долголетние колебания и безвозвратные изменения климата.

Лишь вмешательство культурной работы человечества коренным образом изменило извечный ход динамических равновесий живой природы. Но и здесь, в конце концов относительно быстро, устанавливается нового рода устойчивое динамическое равновесие того же характера.

Каждый девственный или непосредственно не изменяемый человеком биоценоз может, таким образом, быть рассматриваем как устойчивая, постоянная система биогенных миграций химических элементов, повторяющихся правильно периодически с годовым солнечным циклом.

При геохимическом изучении биоценозов, кроме указанных в предыдущих параграфах возрастных и половых однородных живых веществ, важно выделить взаимоотношения между разными однородными веществами биоценоза. И среди них методологически обращает на себя внимание *пищевые цепи*, значение которых давно учтено зоологами¹.

Эти пищевые цепи представляют характерную черту *водной жизни* (в природе они характерны для столь геохимически своеобразного океана). Их значение очень уменьшается в структуре биоценозов *суши*.

XXXII

Среди постоянных и неизменных черт биоценоза, повторяющихся в том же самом виде и в среднем с одинаковой интенсивностью, химически выдвигаются отношения между организмами, служащими один другому *пищейю*. Очевидно, как количественно, так и химически состав организма *A*, питающегося организмом *B*, находится в зависимости от количества и состава организма *B*. Эта зависимость может быть выражена математически².

Организм *A* определяется количественно в своем существовании организмом *B*.

Можно сказать, что организмы *A* и *B* образуют *цепь*, [генетически] связаны между собой. Для такого биоценоза мы имеем цепь³:

$$\rightarrow \dots D \rightarrow B \rightarrow A$$

¹ Lotka A. J. Elements of physical biology. Baltim. 1925.

² Любопытно, что первые попытки были сделаны уже в историческом мемуаре А. Уоллеса в 1858 г. [Уоллес А. Transactions of Linnaean Society, L. 1858]. В последнее время вышла важная работа Volterra (вызвавшая целую литературу). Ср. также А. Lotka. I. с. 1925.

³ На суше такое явление ярко дают паразиты и «сверхпаразиты» И. Шевырева.

Ясно, что нахождение количественных соотношений между членами таких цепей и химический анализ их состава являются основой биогео- химического познания биоценозов.

XXXIII

Конечно, состав организмов $A, B, C...$ различен, но, несомненно, между ними должна существовать связь.

Какие существуют правильности, определяющие эту связь? Этот вопрос может быть разрешен только эмпирически, с помощью систематических химических анализов.

Но уже теперь ясно, что для биогеохимических постоянных, определяющих геохимическую энергию организма, величина V должна быть наибольшей для первого звена цепи и уменьшаться по мере приближения к последнему звену, т. е.

$$V_D > V_C > V_B > V_A.$$

Каковы численные соотношения между скоростями передачи жизни звеньями цепи? Не выражаются ли они простыми или целыми числами?

Это может быть выяснено только опытом.

XXXIV

Для всей живой природы, очевидно, основным первым звеном цепи всегда будут те или иные *зеленые растения*; для водных организмов огромную роль должен играть *планктон*, с существованием которого связана вся жизнь бассейнов — от мелких пресноводных, так особенно до больших водных бассейнов. Ярко выражено это для гидросферы — всемирного океана.

Химический анализ зеленого растительного мира и планктона должен быть поставлен на первую очередь нашей работы — наряду с анализом компонентов пищевых цепей и однородных живых веществ, преобладающих в биоценозах¹.

XXXV

Различный характер зеленого вещества суши и воды как раз обуславливает разное значение пищевых цепей живого вещества на суше и в водных бассейнах.

На суше по массе преобладает зеленая жизнь высших растений, между тем как в водных бассейнах господствуют микроскопические зеленые организмы с максимальной величиной V ; они являются могучими агентами миграции химических элементов.

Это объясняет чрезвычайное преобладание в водной среде животных организмов, отвечающих различным пищевым цепям.

¹ Первый анализ планктона, сделанный в Биогеохимической лаборатории А. П. Виноградовым, напечатан в моей немецкой статье [W. Vernadsky. Ozeanographie u. Geochemie. Miner., Petrogr. Mitteilungen, 1933, 44, 168]. Сейчас в лаборатории поставлена систематическая работа над составом планктонов пресноводных, соленых и морских. Через несколько лет мы будем иметь точные числа для разных планктонов.

XXXVI

Необходимо обратить внимание еще на следующий вопрос: насколько химический состав следует за колебаниями морфологической структуры видов, подвидов, рас? Может ли он быть для них столь же характерен, может ли позволять их отличать.

Его нельзя решить сегодня теоретически, дедуктивным путем.

Единственный путь — систематически подвергнуть точному количественному анализу возможно большее количество видов или рас разных местностей, разных биоценозов, разных времен года. Для определения выбранных видов надо вести эту работу в течение нескольких лет.

Если различия между разными анализами не будут превосходить для данного вида наблюдаемых для них морфологических колебаний, можно будет считать доказанным, что средний количественный химический состав вида является таким же видовым признаком, каким являются его морфологические свойства.

Чрезвычайно желательно, чтобы эта работа, начатая и продолжающаяся в нашей Биогеохимической лаборатории, была проверена в других лабораториях, другими учеными¹.

¹ Результаты работ лаборатории печатаются в «Трудах Биогеохимической лаборатории». До сих пор вышло пять томов (1930—1939). В печати VI и VII тома.

ОБ УСЛОВИЯХ ПОЯВЛЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ¹

I

Проблема первого появления жизни на нашей планете сейчас наукой не ставится. Это область философской или религиозной мысли, и ученые, которые ее касаются, обычно выходят за пределы научной работы. Они касаются этих вопросов, но их исследуют не как ученые, а как философы.

Мне кажется, сейчас настало время подойти к этой проблеме иначе. Можно к ней подойти, не выходя из области научного знания. Научный подход к этой проблеме возможен, однако не во всей ее полноте. Это необходимо учитывать и резко определить область, которая подлежит в данное время научному ведению.

Этой областью не будет решение вопроса о механизме зарождения или появления жизни на нашей планете, абиогенеза, например, но ею может являться определение условий, в которых такое появление или зарождение единственно возможно.

Условия появления жизни на нашей планете должны быть поставлены в реальную обстановку. В реальной обстановке жизнь нам известна только как неразрывная составная часть определенного строения земной коры. Такой формой организованности² является одна из геосфер нашей планеты — *биосфера*^{3,4}.

Условия, определяющие первое появление жизни на Земле, те же, которые определяют создание или начало биосферы на нашей планете.

Научно вопрос о начале жизни на Земле сводится, таким образом, к вопросу о начале в ней биосферы. И только в этой форме он должен сейчас изучаться. Вне биосферы мы жизнь научно не знаем и проявлений ее научно не видим. Организм, удаленный из биосферы, есть не реальное, есть отвлеченное логическое построение, по своим свойствам столь же далекое от реальности, как далек от реального «воздуха», т.е. тропосферы, воздух физика. Он дает только первое приближение к научному пониманию, и многие важнейшие свойства тропосферы при таком отвлечении исчезают из научного кругозора. Воздух физика (resp. жизнь вне био-

¹ Доклад в Ленинградском обществе естествоиспытателей в Академии Наук СССР. Изв. Акад. Наук СССР, 1931, 633-653. Печатается по изданию : Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 198 — 210.

² В 1931 г. было «механизмом».

³ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

⁴ Vernadsky W. La Biosphère. P. 1929.

сферы) есть логическое построение, тропосфера (resp. жизнь, как часть биосферы) — реальный факт¹, вернее — эмпирическое обобщение².

Рассматривая проблему появления жизни на Земле как проблему появления биосферы, мы не только приближаемся к реальности³ — мы получаем новую прочную базу для научной работы, опирающуюся на огромный эмпирический материал геологии и геохимии.

Геология позволяет сейчас научно ставить вопрос о начале биосферы, а геохимия научно точно определяет условия, каким должна удовлетворять жизнь для того, чтобы могла создаться биосфера.

Под научной постановкой проблемы я подразумеваю такую постановку, которая сводит или всю проблему, или отдельные, логически непреклонно с ней связанные следствия к форме, допускающей точную проверку научным опытом или научным наблюдением.

Сводя проблему о начале жизни к проблеме о начале биосферы, мы возможность такой проверки получаем.

II

Необходимо иметь в виду еще одно обстоятельство. Говоря о появлении жизни на Земле с образованием биосферы, должно считать незыблемым принцип Реди^{1,4} — то великое эмпирическое обобщение, которое было установлено в XVII в. и которое неизменно подтверждается научным опытом и наблюдением. Его выражают: «Все живое происходит от живого». Так впервые выраженный по-латыни ученым языком того времени — *omne vivum e vivo* — принцип Реди безусловно верен, но это не философский принцип, а научное обобщение. Ученый никогда не может придавать этой краткой формуле абсолютного значения и делать из этой краткой формулы все логические выводы: это не отвлеченное, идеальное построение, а реальное эмпирическое обобщение. В связи с этим его можно выразить так: «Все живое происходит из живого в биосфере, комплекс физико-химических явлений в которой точно ограничен и определен». Принцип Реди, следовательно, не указывает на невозможность абиогенеза вне биосферы или при установлении наличия в биосфере (теперь или раньше) физико-химических явлений, не принятых во внимание при научном определении этой формы организованности земной оболочки.

Полезно вспомнить недавно пережитое, ярко указывающее на различие научно-го и философского определения основных принципов естествознания. В XVIII в. был установлен принцип постоянства вещества. Для натуралиста он обозначал: вещество постоянно в своей массе и не теряется в пределах физико-химических явлений, нам известных. И мы знаем, что вплоть до открытия радиоактивности непрерывно шли опытные проверки правильности этого принципа. Это был и есть не абстрактный,

¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

² Вернадский В. И. Биосфера. Л. 1926. с. 19.

³ Gilbert D. Die Naturwissenschaften. Berl., 18, 1930, S. 959.

⁴ Вернадский В. И. Начало и вечность жизни. П. 1922. с. 12.

идеальный принцип философии, а реальное эмпирическое обобщение науки, верное в определенных границах. В этих границах оно осталось неизменным и тогда, когда открылись явления, в которых вещество не постоянно. Так же и принцип Реди: он не указывает на невозможность абиогенеза, *generatio aequivoca* вообще, он только точно определяет область и условия, в пределах которых абиогенеза нет.

Абиогенеза, согласно принципу Реди, нет и не было в биосфере в пределах геологического времени, т.е. в пределах времени, когда жизнь входила в организованность¹ этой геосферы.

III

В научной литературе высказывались два представления о начале жизни на земле, оба не связанные с ее геологическим строением и с ее историей².

Согласно одному, жизнь проникла на нашу планету извне, из космического пространства, может быть, проникает в нее постоянно и непрерывно и сейчас³. Согласно другому взгляду, жизнь образовалась на Земле из мертвой (косной) материи каким-то неизвестным путем в один из геологических древних периодов ее бытия или, может быть, незаметно для нас непрерывно и постоянно на ней этим путем, путем «самопроизвольного зарождения», абиогенеза, образуется, но нами этот процесс не замечается.

Оба взгляда, высказанные в такой неопределенной форме, противоречат нашему точному знанию, хотя не только распространены, но, к сожалению, широко используются в нашей популярной и научно-популярной литературе как научные достижения или научные гипотезы. Ни тем, ни другим они не являются.

В первом взгляде вопрос о начале жизни переносится во взвешенные условия, причем логически возможно представление, что жизнь есть такая же вечная черта строения Космоса, какой является атом и его совокупности, формы лучистой энергии и т.п. Возможно, однако, и другое предположение — что зарождение жизни не могло произойти на нашей планете, произошло где-то в Космосе, но живые организмы, раз попавши на Землю, могли на ней удержаться, так как нашли здесь благоприятную почву для проявления. Очевидно, при этом жизнь может не являться вечной чертой Космоса, но условия ее возникновения связаны с процессами, в земной природе отсутствующими.

Во втором взгляде — случае той или иной формы абиогенеза — скрытым образом отрицается принцип Реди⁴. До сих пор в течение более 250 лет неуклонно опыт и наблюдение опровергают это отрицание, но человеческая мысль упорно с этим не считается. Фактической — научной — основы это отрицание под собой не имеет; отрицание связано с противоречием принципа Реди некоторым распространенным философским или религиозным верованиям и выводам.

¹ В 1931 г. было «механизма».

² Вернадский В. И. Начало и вечность жизни. П. 1922.

³ Arrhenius S. Ztschr. f. physik. Chemie. 130, 1927. S. 516.

⁴ Нельзя здесь не вспомнить ученых, на работах которых принцип Реди в основе зиждется — самого Ф. Реди в XVII в., А. Валисниери в XVII-XVIII вв., Л. Спалланцани и русского («Russo-Ukrainus») экспериментатора М.М. Тереховского в XVIII в., Л. Пастера в XIX в.

В действительности принцип Реди не отрицает абиогенеза, он только указывает пределы, в которых абиогенез отсутствует.

Возможны такие условия в земной истории, когда не было биосферы и существовали в земной коре физико-химические явления или состояния, которые сейчас в ней отсутствуют и которые были необходимы для абиогенеза. Возможно и то, что есть нам неизвестные физико-химические явления (не учтенные принципом Реди), которые допускают абиогенез, происходящий и ныне на Земле, но по своей незначительности и недостаточной точности наших обычных методов исследования ускользающий от внимания.

Отрицать существование таких явлений, не принятых во внимание принципом Реди, нельзя, но их открытие не может нарушить его правильности в пределах физических и химических явлений, принятых во внимание при установке его. Среди них находятся и обычные химические и геохимические процессы¹.

IV

Не имея возможности решить, какой из этих взглядов отвечал действительности и нет ли еще каких-нибудь иных возможных представлений, попытаемся, *исходя из сведения проблемы о начале жизни к проблеме о начале биосферы*, установить условия появления биосферы и проявления в ней жизни, обязательные для всякого представления о ее начале на нашей планете.

Здесь мы должны считаться с успехами геологии, определяющими возраст биосферы, и с данными геохимии, исключая некоторые из ходячих представлений об эволюции форм жизни в пределах биосферы.

Следующие данные геологии должны быть учтены как эмпирически установленные.

Поле жизни, т.е. температура и давление, связанный с этим климат и химический характер среды, существует непрерывно, в общем неизменно со времени архейской эры. В течение более чем полутора миллиардов лет поле жизни было аналогично современному.

Огромная часть архейской эры² была уже охвачена жизнью, в основных чертах аналогичной современной, с ней генетически связанной. Биосфера существовала все это время неизменно. На это указывают не только остатки жизни, но и неизменность в течение всего этого времени процесса выветривания, характер и парагенезис тех минералов, которые образуют биосферу и которые теснейшим образом в своем образовании связаны с жизнью.

Возможно, что архейская система не войдет вся целиком в археозой, как это казалось возможным допускать. Мне представляются заслуживающими серьез-

¹ Так, возможно, что для организмов (а следовательно и для самозарождения жизни) необходимы химические элементы с иным атомным весом, т.е. с иной изотопической смесью, чем обычные. Проблема эта поставлена мною в 1926 г. [Вернадский В. И. Les isotopes et les organismes vivants. C. R. Ac. Sc. P. 192, 1931, p. 131—133.; см. стр. 762 и сл.]. Возможен и особый тип симметрии атомного поля в химических соединениях организмов [см. стр. 945 и сл.].

² Может быть вся.

ного внимания и требующими тщательной проверки указания Р. Швиннера^{1, 2} на особую структуру древнейшей части остатков архейской эры — лаврентьевской системы. В них отступают на второй план породы и минералы, которые генетически связаны с выветриванием, источники которого надо искать в биосфере.

Таким образом, в геологии мы как будто подходим к началу биосферы, т.е. к началу жизни. Была ли биосфера в лаврентьевскую эпоху?

V

Изучение явлений жизни в геохимическом аспекте, в свою очередь, оттеняет особенности воздействия организмов на окружающую их среду, позволяющие точно определить условия, которые должны существовать при появлении жизни. Они ставят границы возможным предположениям и представлениям о формах проявления как абиогенеза, так и космического заноса жизни. С ними должны считаться все теоретические построения.

Два явления могут быть здесь выдвинуты. Во-первых, должны быть учтены особые *свойства пространства, занятого жизнью*, своеобразной структуры в этом смысле биосферы, отсутствующей в других геосферах. И во-вторых, необходимо считаться с особенностью *геохимических функций живых организмов* и механизма биосферы, вызывающих сложность жизни, существование неразрывного комплекса организмов, распадающихся на многочисленные морфологически различные формы. В биосфере всегда наблюдалось, говоря терминами геохимии, *разнородное живое вещество*³, и жизнь всегда *исполняла одновременно разнородные биогеохимические функции*.

Все суждения о начале биосферы должны прежде всего дать объяснение резко неоднородной структуры пространства биосферы, глубокого физического отличия участков биосферы, занятых живыми организмами, от ее частей, занятых косной материей. Они, кроме того, не могут допускать абиогенез или занос морфологически единообразных организмов, появление какой-нибудь водоросли или бактерии, из которой эволюционным путем зародились в бесчисленные годы миллионы видов растений и животных. Должен был одновременно появиться сложный комплекс живых форм, развернувшийся затем в современную живую природу.

VI

Особенности пространства, занятого жизнью, особенности «тел» организмов были правильно давно учтены Л. Пастером, но странным образом это величайшее обобщение до сих пор не вошло в научное сознание, не вошло в жизнь.

Жизнь могла создаться только в среде *своеобразной диссимметрии*, отличной от обычной среды биосферы. Под диссимметрией мы понимаем сложное яв-

¹ Schwinner R. Mitteil. d. geolog. Gesellsch. Wien 1928, XIX, S.140.

² Вернадский В. И. О некоторых очередных проблемах радиогеологии. Изв. Ак. Наук СССР, 1935, № 1, стр. 1—18.

³ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

ление, которое иначе рисовалось Л. Пастеру, чем оно рисуется нам. После него оно было углублено П. Кюри, который выставил положение — назову его *принципом Кюри* — огромного теоретического значения. Этот принцип гласит: «Диссимметрия может возникнуть только под влиянием причины, обладающей такой же диссимметрией». Я не могу здесь на этом останавливаться, но из принципа Кюри следует чрезвычайная устойчивость диссимметричной среды или диссимметричного явления в среде, где такая диссимметрия отсутствует¹.

Очевидно, могут быть очень различные проявления диссимметрии, и диссимметрия, связанная с явлениями жизни, есть одна из этих многих форм.

Диссимметрией, свойственной жизни, мы будем называть такое свойство пространства или другого связанного с жизнью явления, для которого из элементов симметрии существуют только оси простой симметрии, но эти оси необычны, ибо отсутствует основное их свойство — равенство правых и левых явлений, вокруг них наблюдаемых. Такая диссимметрическая среда резко отличается от кристаллической энантиоморфной среды, тоже характеризующейся только осями простой симметрии. В ней устойчиво или преобладает только одно из антиподных явлений — правое или левое. Кристаллическая же энантиоморфная среда распадается всегда на две одновременно существующие среды, количественно равные, — правую и левую. В диссимметрической среде, характерной для жизни, образуется одна из этих сред — правая или левая или одна из них резко преобладает над другой. Можно математически представить эту диссимметрическую среду как среду симметрическую энантиоморфную, симметрия которой нарушена². В такой диссимметрической среде нет никогда элементов сложной симметрии — ни центра, ни плоскостей симметрии.

Диссимметрия, таким образом, не охватывается учением о симметрии: неравенство правых и левых явлений этому противоречит. С точки зрения учения о симметрии она представляет своеобразное, определенное нарушение симметрии.

Пастер указал, что как в строении своего вещества, так и в своих физиологических проявлениях живые организмы обладают такой же резко выраженной диссимметрией, с преобладанием правых явлений. Правый характер организмов выражается в правом вращении плоскости поляризации света их основных чистых кристаллических соединений, сосредоточенных в яйце или в семени, в правых кристаллических их антиподах при кристаллизации, в усваивании организмами правых антиподов (их поеданием) и в инертном отношении организмов к левым антиподам (их избегании и т.п.).

¹ В среде обычной диссимметрическое явление, как ей чуждое, может длиться неопределенно долгое время, так как оно может быть уничтожено без уничтожения среды в которой находится, только причиной, обладающей такой же диссимметрией.

² Принимая представление П. Кюри о диссимметрии как о состоянии пространства (см. M. Curie, Pièrre Curie, P. 1924.), мы должны признать, что, очевидно, существует резкое различие, самое коренное, нами мыслимое, между состоянием пространства нашей планеты и состоянием пространства, занятого живыми организмами. Представление о нарушении энантиоморфного симметрического пространства при создании явления диссимметрии, очевидно, не предполагает реального явления — нарушения симметрии, а есть схема, образное выражение. По-видимому, в диссимметрии, характерной для жизни, в отличие от правых и левых антиподов (сред) симметрически энантиоморфных явлений наблюдается среда, в которой оба антипода могут наблюдаться, но в резко разных соотношениях.

Я не буду указывать на те важные общие выводы, которые сделал из этого эмпирического обобщения Пастер. Отмечу только, что он правильно указывал — еще до обоснования принципа Кюри, — что самопроизвольное зарождение — абиогенез — возникновение из косной материи могло иметь место только в такой диссимметрической правой среде. Он думал, что в эту сторону надо направить опыты создания живого организма¹.

Он уже отметил — и это оказалось по существу верным до сих пор, — что такой диссимметрией обладают на Земле только живые организмы или в известной степени органогенные тела.

Из этого обобщения Пастера — в связи с принципом Реди — следует, что вещество биосферы глубоко разнородно. Одно — живые организмы — диссимметрично в указанной форме и образуется только размножением (т.е. из такого же диссимметричного вещества, согласно принципу Реди и принципу Кюри). Другое — обычная земная материя.

Ни в одной из других геосфер нет вещества, обладающего открытой Пастером диссимметрией.

Граница между этими двумя средами резкая.

После Пастера были открыты еще другие тела, обладающие тем же свойством, — нефти, но нефти в своем генезисе связаны с жизнью².

Диссимметрия нефтей — в связи с биогенным их происхождением — заставляет внести поправку в обобщение Пастера. *Должны существовать не только правые, но и левые формы жизни*, ибо хотя среди нефтей преобладают правовращающие нефти, но есть нефти и левовращающие.

Эту поправку в представление Пастера о правом характере диссимметрии жизни можно было внести и прежде, при его жизни, так как давно были известны другие проявления жизненной диссимметрии, которые дают для организмов, среди множества правых форм, формы левые, например левые неделимые моллюсков (раковины) среди массового преобладания правых — явление, обратившее на себя внимание еще натуралистов XVIII в.

Основным в явлении такой диссимметрии является резкое преобладание одного из антиподов, неравенство правых и левых.

Преобладание правых форм в явлениях жизни выражено обычно резко, но и здесь, например, господствующие белки животных (смеси коллоидов) обладают в подавляющем большинстве случаев левым вращением.

Кроме живых организмов и связанной с ними в своем генезисе нефти, все другие явления биосферы этой диссимметрией не обладают. Ее нет, как показал П. Кюри³, ни для магнитного, ни для электрического поля⁴.

¹ Pasteur. L. Oeuvres. I. II. P. 1922, p. 622 (1858).

² Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.

³ Curie M. Pierre Curie. P., 1924.

⁴ Возможно — в пределах нам известного — их образованием отраженных излучениях (например, световых лучей от водных поверхностей), частью эллиптически поляризованных. Явление не изучено.

Человек — не проводя через организмы — создает диссимметрические структуры химическим синтезом. Однако до сих пор ему не удалось создать диссимметрической среды, аналогичной той, которая находится внутри организмов. Часто указывают на лучистую среду (поляризованного света), им в лаборатории создаваемую, правую и левую; в этой области идут интереснейшие опыты. Но эта симметрическая среда отлична от среды жизни: в правовращающем поляризованном лучистом поле, например, не могут возникать левые явления, как это имеет место в среде, живым занятой.

Согласно принципу Кюри, деятельность человека является диссимметрической причиной, и создание им диссимметрической среды, отвечающей жизни, явилось бы фактом нормальным.

Вне Земли — в Космосе — есть указания на вероятное нахождение диссимметрических явлений. И уже Л. Пастер искал причины появления диссимметрического явления в Космосе, в явлениях вне планеты.

На вероятное нахождение диссимметрических явлений в Космосе указывает, например, спиральная форма туманностей и некоторых звездных собраний. Если действительно правые спирали в туманностях резко преобладают, как это видно по многим фотографиям, или же в разных частях Вселенной сосредотачиваются в одних левые, а в других правые спиральные туманности, существование диссимметрических пространств в Космосе окажется больше чем вероятностью. Эта диссимметрия, по-видимому, аналогична той, которая наблюдается в пространстве, занятом жизнью, т.е. обладает энантиоморфными векторами (resp. только осями простой симметрии), причем оба — и правый и левый — могут в ней существовать, но не в равном числе, и правые господствуют чаще¹.

Возможно, что наша планета, не имея диссимметрических явлений (помимо жизни²) в биосфере, но проходя через области Космоса, обладающие этими явлениями, может в той или иной стадии своей истории войти в область правой диссимметрии этого рода, т.е. может стать в условия правого диссимметрического поля, в котором может зародиться жизнь.

Конечно, существование этого поля отнюдь не вызывает зарождения жизни, но его отсутствие этот процесс исключает.

VII

Диссимметрия среды на земной поверхности в момент появления жизни имеет значение только в том случае, если жизнь создана на Земле, а не пришла в нее из космических пространств.

¹ Очевидно, существуют разные типы диссимметрии. Явление это и теоретически не изучено в достаточной степени. Я не могу здесь его касаться и надеюсь вернуться к обсуждению этого явления в другом месте. Отмечу, что «диссимметрия» пространства, охваченного правыми (или левыми) излучениями, например правым натриевым светом, отлична от энантиоморфной диссимметрии жизни, ибо в ней невозможны левые энантиоморфные явления. При точном употреблении терминов эти энантиоморфные среды должны быть отделены от диссимметрии: симметрия здесь не нарушена.

² Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. I. Значение биохимии для познания биосферы. Л., 1934.

Другое условие, на котором я хочу сейчас остановиться, касается обеих мыслимых форм появления жизни — и ее земного и ее космического происхождения.

Жизнь и все живые организмы являются неразрывной закономерной частью биосферы. Сама биосфера не является случайным образованием — она отвечает определенной форме организованности¹. Это устойчивая динамическая система, равновесие, установившееся в основных чертах своих с самого своего начала, т.е. с начала или с середины архейской эры, с археозоя, неизменно действующее в течение 1,5–2 миллиардов лет.

В биосфере можно отличить два типа составляющего ее вещества: с одной стороны, косное вещество, а с другой — живое. Косное вещество, состоящее в конце концов из минералов, остается в своих морфологических проявлениях, т.е. по своему химическому составу и физическому состоянию, неизменным. Одни и те же минералы строили его в альгонкской эре и раньше, строят и теперь. Нет новых минералов, появившихся в земной коре в течение геологического времени, если не считать ими созданий человеческой техники².

Иное явление представляет другая составная часть биосферы — живое вещество, вечно, в целом и отдельных своих формах меняющееся в эволюционном процессе. Это живое вещество является носителем свободной энергии в геохимических процессах биосферы, ее активной составной частью. Его неизменные формы, как некоторые виды (однородные живые вещества) радиоларий, неизменные с альгонкской эры, или *Lingula* — с кембрийской, являются исключением. Они существуют в неизменном строении около миллиарда лет. Все остальные за это время коренным образом изменились, эволюционировали. Живой мир биосферы палеозоя и живой мир биосферы нашего времени резко различны, мир косной материи один и тот же.

Как уже указывалось, жизнь для нас научно известна только как закономерная часть биосферы: жизнь вне биосферы не существует — есть нереальная абстракция.

Говоря о появлении на нашей планете жизни, мы в действительности говорим только об образовании на ней биосферы.

Сохранение неизменной косной материи — минералов — биосферы может иметь место только при условии, что теснейшим образом с ними связанная в биосфере жизнь в некоторых определенных своих чертах тоже остается неизменной. Она, меняясь по форме составляющих ее тел, должна в среднем эффекте остаться неизменной, как и связанная с ней косная материя, быть неизменной в тех сво-

¹ В 1931 г. было «механизм».

² Косная материя биосферы начинает резко меняться с появлением цивилизованного человечества. Появляются новые, небывалые в ней тела (например, металлический алюминий и его сплавы), и меняются их количества (например, резкое увеличение количества металлических железа или меди). Процесс изменения идет со все увеличивающимся темпом. О значении человека см. [Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.; Вернадский В.И. Опыт описательной минералогии. I. СПб., 1908 — 1914. Вып. 1–5. 840 с.; П. Пг., 1918–1922. Вып. 1–2. 264 с.; Вернадский В.И. Очерки и речи. Пг., 1922. Вып. 1. 159 с.]. В меньшей степени влияние жизни сказывалось и раньше в биогенных минералах.

их проявлениях, которые связаны с образованием минералов: в среднем количественном химическом своем составе и в средней своей массе. Она неизменно должна была составлять одну и ту же определенную долю массы биосферы¹. Ибо только при этом условии не нарушается химический характер того грандиозного явления, в котором выражается в биосфере химическое действие жизни и которое мы называем *корой выветривания*. Только при этом остаются неизменными по составу и по взаимным соотношениям (парагенезису) в геологическом времени минералы, образующиеся в биосфере, минералы вадозные^{2,3,4}.

Следовательно, с самого начала биосферы жизнь, в нее входящая, должна была быть уже сложным телом, а не однородным веществом, так как без жизни не могла бы создаться кора выветривания (неразрывная часть механизма биосферы), а связанные с этим проявлением жизни ее биогеохимические функции по разнообразию и сложности не могут быть одной какой-нибудь видовой формой жизни. Они на всем протяжении геологической истории и по сей час в окружающей нас природе неизменно распределены между разными формами жизни.

В химической структуре биосферы мы имеем дело с живой природой в целом, а не с отдельными видами. Среди миллионов видов нет ни одного, который мог бы исполнять один все геохимические функции жизни, существующие в биосфере изначала.

Следовательно, изначала морфологический состав живой природы в биосфере должен был быть сложным. Функции жизни в биосфере — *биогеохимические функции* — неизменны в течение геологического времени, и ни одна из них не появилась вновь в ходе геологического времени. Они непрерывно существуют одновременно.

Можно выделить (см. таблицу) геохимические функции жизни в биосфере — *биогеохимические функции биосферы*.

Если принять во внимание чрезвычайно быстрое размножение организмов, те газообразные процессы, которые связаны с выделением газов, в том числе дыхание (один из главных источников CO_2), то химическое значение жизни в биосфере в связи с указанными функциями станет ясным^{1,5,6,7}.

Оно проявляется еще резче благодаря непрерывному выделению таких чрезвычайно активных в биосфере тел, как свободный кислород, углекислота, вода и

¹ Очевидно, все время вопрос идет о сохранении неизменных средних в том равновесии, каким является биосфера. Числовые колебания состава и массы живого вещества около неизменного среднего должны непрерывно наблюдаться. Дальнейшее изучение может указать нам, действительно ли среднее так неподвижно, как это сейчас кажется.

² Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.

³ Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. II История природных вод. Ч. 1. Л., 1933. Вып. 1. 202 с.; 1934. Вып. 2. 202 с.; 1936. Вып. 3. С. 403 — 562.

⁴ Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. II История природных вод. Ч. I. Л., 1934. Вып. 2. 202 с.

⁵ Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926. 146 с.

⁶ Vernadsky W. La Biosphere. P., 1929. 232 p.

⁷ Самойлов Я.В. Биолиты. Л., 1929.

сероводород, для которых сейчас известны сотни реакций, связанных с их воздействием на мертвую, инертную составную часть биосферы.

При рассмотрении этой таблицы бросается в глаза:

1) что все без исключения геохимические функции живого вещества в биосфере могут быть исполнены простейшими одноклеточными организмами,

2) что невозможен организм, который мог бы один исполнить все эти геохимические функции, и

3) что в ходе геологического времени происходила смена разных организмов, замещавших друг друга в исполнении данной функции без изменения самой функции.

Лишь со времени выступления в биосфере цивилизованного человечества один организм оказался способным одновременно вызывать разнообразные химические процессы, но он достигает этого разумом и техникой, а не физиологической работой своего организма.

Таблица

Биогеохимические функции биосферы

- | | |
|--|---|
| <p>1. Газовая функция. Я у же давно и не раз указывал, на замечательную черту в строении Земли, что все газы биосферы теснейшим образом связаны с жизнью, создаются биогенным путем и им же изменяются. Хотя можно различить здесь ряд отдельных химических функций, что мною и делается дальше, в общем эффект жизни в газовом режиме биосферы так велик, что всю совокупность газовых реакций живых веществ правильно выделить в единое целое, как самостоятельную функцию, важную часть газового режима планеты: $N_2-O_2-CO_2-CH_4-H_2-NH_3-H_2S$.^{1,2}</p> | <p>Все организмы</p> |
| <p>2. Кислородная функция — образование свободного кислорода (из CO_2 и H_2O, может быть, из нитратов и т.п.)</p> | <p>Хлорофилльные растения</p> |
| <p>3. Окислительные функции — окисление более бедных кислородом соединений: $FeCO_3$, $MnCO_3$, солей NO_2, дитионатов, H_2S, N_2, S и т.п. Эта реакция, по-видимому, имеет место для всех соединений элементов, способных в биосфере давать несколько стадий кислородных соединений, т.е. для Fe, Mn, S, Si, N, C, H.³</p> | <p>Бактерии, большей частью автотрофные</p> |

¹ Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. II История природных вод. Ч. 1. Л., 1933. Вып. 1. 202 с.; 1934. Вып. 2. 202 с.; 1936. Вып. 3. С. 403 — 562.

² Вернадский В.И. Очерки и речи. Пг., 1922. Вып. 1. 159 с.

³ Сверх того возможно для P , V , Cr , Ni , Co , As , Sb , Pt , J , Bi , U , Ti

4. **Кальциевая функция** — выделение кальция в виде чистых солей (простых и сложных) — углекислых, щавелевокислых, фосфорнокислых (апатитов) и т.п. Водоросли (хлорофилльные), бактерии, мхи (хлорофилльные), одноклеточные животные организмы (корненожки, частью радиолярии); позвоночные; водные, главным образом морские, организмы, образующие кальциевые скелеты — (ракообразные, моллюски, иглокожие, кораллы, гидроиды, брахиоподы, мшанки, позвоночные и т.п.)
5. **Восстановительная функция** (резко выражена для сульфатов) — создание H_2S , FeS_2 и, по-видимому, других сернистых металлов (ZnS , CuS и т.п.)¹, частью непосредственно, частью через биогенный H_2S . Бактерии
6. **Концентрационная функция** — скопление отдельных элементов из их рассеяния в окружающей среде. Это характерно для углерода, основного биоэлемента, и для очень многих других элементов. По мере изучения геохимических процессов значение жизни в этих процессах все увеличивается. Мы имеем здесь ряд отдельных видов организмов, в одних из которых в общей массе живого вещества менее обычные элементы составляют больше 1% веса живого организма (например, Si, Fe, K и др.) — кремниевые, железные, калиевые и другие организмы; в других организмах количество указанных элементов больше среднего содержания их в биосфере (организмы, данным элементом богатые). Эти явления известны для C, Ca, N, Fe, Mn, Si, Ba, Sr, J, V, K, Na, Si.² Организмы животные и растительные разных семейств — одноклеточные и многоклеточные
7. **Функция разрушения органических соединений** — разложение их с выделением H^2O CO^2 и N^2 . Эту функцию выполняют главным образом бактерии [и грибы]
8. **Функция восстановительного разложения** — органических соединений, дающая H_2S , CH_4 , H_2 и т.п. Бактерии
9. **Функция метаболизма и дыхания организмов**, связанная с поглощением O_2 и H_2O , с выделением CO_2 , с миграцией органических элементов. Все организмы

VIII

Вывод о необходимости одновременной чрезвычайно разнообразной геохимической функции в биосфере представителей жизни является основным условием, определяющим характер ее появления.

¹ Для металлических сульфидов очень вероятно.

² Vernadsky W. La composition chimique de la matière vivante et la chimie de l'écorce terrestre. Revue générale des Sciences. P. 1923, N 2, p. 42–51.

Каково бы это появление ни было, оно должно было быть представлено сложным телом — не совокупностью неделимых одного вида, *а совокупностью многих видов, морфологически принадлежащих к разным резко разделенным классам организмов*, или же гипотетической, особой отличной от видов, неизвестной нам формой живого вещества.

Возможность полного осуществления всех геохимических функций организмов в биосфере одноклеточными организмами делает вероятным, что таково было первое появление жизни¹. Ибо мы можем сейчас уже проследить создание эволюционным путем более сложных организмов из более простых предков. Если бы химический состав простейших организмов, отвечающих геохимическим функциям жизни, был нам известен и мы смогли бы количественно учесть значение в организованности² биосферы каждой биогеохимической функции, мы бы имели представление о том химическом составе живого вещества, который неуклонно должен был существовать в биосфере с ее начала и который не может быть изменен во время эволюционного процесса.

Таким образом, первое появление жизни при создании биосферы должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организма, а в виде их совокупности, отвечающей геохимическим функциям жизни. Должны были сразу появиться биоценозы.

При допущении абиогенеза на Земле (при сохранении принципа Реди, т.е. в условиях, указанных выше) путем абиогенеза или должна была создаться сразу совокупность одноклеточных организмов разных биогеохимических функций, или, начавшись с одной простейшей формы, ее раздробление на формы разных геохимических функций должно было произойти нам неизвестным путем чрезвычайно быстро — вне эволюционного порядка.

Дело в том, что *эволюционный процесс*, какую бы форму его мы ни взяли, *всегда идет уже внутри биосферы, т.е. в живой природе*. Логически заключать отсюда об изменениях форм организмов путем эволюции *вне живой природы*, как это часто делают, будет логической ошибкой, недопустимой экстраполяцией.

Все без исключения теории эволюции рассматривают идущий процесс в пределах существующей живой природы. Это ясно для дарвинизма и связанных с ним представлений. Борьба за существование — положение Мальтуса, внесенное Уоллесом и Дарвиным в их построения, — или идея солидарности (Кесслер, Кропоткин) одинаково допускают изменение видовых форм только в пределах и при участии комплексов живых существ.

Но больше того, течения, исходящие от Жоффруа Сент-Илера и Ламарка, придают огромное значение изменению среды, т.е. биосферы, для изменения видов. Ибо в биосфере изменяются главным образом живое вещество и все процессы, с ним связанные. Остов косной материи — вне биогенной ее части — остается сравнительно неизменным. Это касается не только твердых, но и жидких и газоо-

¹ Если она зародилась на Земле.

² В 1931 г. было «механизме».

бразных соединений.

Это касается и таких представлений, как недавно предложенная И. Вальтером¹ гипотеза об изменении морской жизни в связи с изменением в ходе геологического времени физико-химического состава ее среды — воды океана. Главное изменение в воде океана, несомненно, было в ее живой, шире — в ее биогенной части. Я оставляю в стороне вопрос о том, насколько идеи Вальтера правильны и можно ли говорить об изменении состава моря в едином, определенном направлении в ходе геологического времени, например в форме увеличения концентрации состава морской воды, как это допускает Вальтер. Факты этого не указывают. Но известное изменение — колебание состава — в таком сложном равновесии, какое представляет морская вода, конечно, должно было быть, раз самая активная ее часть — морская жизнь — неизменно и непрерывно менялась.

Во всяком случае, все эти изменения, следовательно и процесс эволюции, не могут быть прилаживаемы к тому первичному разнородному живому веществу, которое, принесенное из космических пространств или же созданное абиогенезом вне биосферы, тогда не существовавшей, впервые сделало возможным самый процесс эволюции видов.

Поэтому же оба представления — и монофилитическое и полифилитическое — могут быть в эволюционных построениях, хотя второе как будто больше отвечает указанным здесь возможностям.

Исходное первичное живое вещество должно было изменяться вне тех законов эволюции, которые мы выводим из изучения морфологических форм, создавшихся в пределах живого вещества. Вероятно, основным фактором такого изменения являлись геохимические функции жизни.

Это был бы, должно быть, комплекс одноклеточных и бактериальных форм.

Одним из важных свойств такого комплекса является чрезвычайная быстрота размножения. Величина v — скорость передачи жизни² — достигает здесь тысяч и десятков тысяч сантиметров в секунду: в немного дней жизнь могла охватить всю поверхность планеты, образовать биосферу и дать начало процессу эволюции и его закономерностям, связанному с взаимодействием — в пределах биосферы — органических форм.

Создание биосферы — ее начало — было и моментом начала процесса эволюции, создания этим путем морфологически различных наследственных рядов.

IX

По-видимому, сейчас можно сделать попытку установить, в какое геологическое время могло это произойти, т.е. когда образовалась биосфера.

В геологических науках сейчас идет интенсивная работа мысли — пересматриваются и создаются основные понятия и понимания.

Среди таких основных геологических проблем две выходят из круга обыч-

¹ Walther J. Leopoldina. Berichte d. Ksr. Leopold. Dtsch. Acad. d. Naturforsch, z. Halle, V. 1929, s. 34

² Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926. 146 с.

ных геологических явлений, в том числе и из области столь захватывающих сейчас геологическую мысль больших проблем тектоники.

Эти два вопроса — вопрос об образовании Луны и вопрос об образовании Тихого океана или, вернее, образовании своеобразной диссимметрии в строении земной коры. Эта диссимметрия открывается нам все глубже и глубже по мере того, как мы углубляемся в изучение современных и прошлых явлений. Диссимметрия земной коры выражается на земной поверхности в различном распределении суши и моря и в том, что это поверхностное распределение действительности теснейшим образом связано с глубоким строением земной коры. Для значительной преобладающей части океана под ним отсутствуют земные оболочки: стратосфера, метаморфическая и значительная часть оболочки гранитной. Больше того, диссимметрия передается и в тропосферу^{1,2}.

Диссимметрия земной коры может получить объяснение, если связать ее с образованием Луны из Земли, допустить, что она произошла в это исключительное и единственное, величайшее по силе потрясение, которое пережила наша планета.

Если я решаюсь конкретно касаться этой космогонической гипотезы, переходящей сейчас в научную теорию, то делаю это потому, что она сейчас конкретно входит в область научных явлений и может быть проверена.

До сих пор она оставалась почти вне геологической мысли. Сейчас, мне кажется, геолог не может ее оставлять без внимания. Ибо, во-первых, такое представление об истории Земли и Луны единственное, выдерживающее критику сейчас, в новом подъеме космогонической работы, переживаемом нами³, и во-вторых, те силы, которые для этого принимаются во внимание и которые связаны с приливами и отливами, представляют реальный факт. С ними мы должны считаться и для современных явлений и должны считаться еще более, когда касаемся времени, в которое зарождалась наша планетная система, и в частности система Земля — Луна.

Если Луна образовалась из Земли — из верхней ее части, может ли геолог сейчас оставлять этот факт без внимания, не искать его проявления в изучаемых им явлениях?

Он мог это делать еще недавно, когда казалось, что образование Луны из Земли произошло в далекие, догеологические времена.

Он не может это делать теперь. Ибо древность тех геологических явлений, которые он конкретно изучает, например, в архейской эре, исчисляется количеством лет, порядок которых отвечает той же декаде — 10^9 лет, которая отвечает существованию нашей планетной системы. Возраст самого древнего минерала (архейской эры), измеренный на основании явлений радиоактивности, близок к 2×10^9 лет^{4, 5};

¹ Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.

² Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. II История природных вод. Ч. I. Л., 1934. Вып. 2. 202 с.

³ Jeans J. Astronomy a. Cosmogony. С. 1928. p. 398

⁴ Hahn O. Die Naturwissenschaften, 1930.

⁵ Hevesy G. v. Science, 172, 1930, №4. P. 514.

предельная длительность Солнечной системы 5×10^9 лет¹. Геолог сейчас изучает явления, которые много древнее тех пегматитовых жил, древнейший возраст которых ему известен. Луна отделилась от Земли не в самом начале создания Солнечной системы. Время ее образования — отрыва от Земли — входит, таким образом, в пределы геологического времени. Геолог не может не считаться с этим фактом.

Но сверх того уже и астрономы пытаются связать время образования Луны с геологическим временем, с геологическими процессами. Развивая дальше и уточняя основные в этой области работы Д. Дарвина², Р. Швиннер³, приняв во внимание наряду с приливной волной явление дрожания планеты и явление резонанса, связал отрыв Луны с ходом геологической истории — с периодами усиления тектонических процессов в частности⁴. Два вывода Р. Швиннера обращают сейчас на себя наше внимание. Во-первых, Швиннер устанавливает возможность, что выделение Луны могло произойти в лаврентьевскую эпоху и что изучение пород этой эпохи как будто дает возможность отличить их от других архейских отложений. И во-вторых, он делает чрезвычайно вероятным, что после отрыва Луны быстро установились те же самые, в общем неизменные климатические условия, которые существуют и ныне на земной поверхности и определяют непрерывное существование на ней жизни. Другими словами, с этого времени образовалась биосфера.

Исходя из такого образования биосферы, неизменной в основных чертах после величайшего потрясения, пережитого нашей планетой, оказывается возможным предположить, что как раз в это время на нашей планете могли некоторое время существовать условия диссимметрии, характерной для жизни. Ибо отделение Луны было связано со спиральным — вихревым — движением земного вещества (должно быть, правым), вторично не повторявшимся. Одно из условий — диссимметрическая причина, необходимая согласно принципу Кюри, могла в это время существовать на поверхности нашей планеты. Одно из условий абиогенеза могло иметь место.

Начало биосферы (и появление жизни), создание Тихоокеанской впадины (и диссимметрия земной коры) и образование земного спутника совпадают как события геологически одновременные и генетически, возможно, связанные⁵.

Х

Все такого рода предположения имеют значение в науке, во-первых, только тогда, когда они могут быть научно проверяемы, когда они ставят проблемы, которые доступны научной проверке, и во-вторых, когда они одновременно с этим ставят в связь явления, которые раньше могли казаться случайными и независимыми.

¹ Jeans J. *Astronomy and Cosmogony*. С. 1928, p. 398.

² Darwin G. *Tides*. 1898. Есть русский перевод.

³ Schweinner R. *Mitteil. d. geolog. Gesellsch. Wien*. 1928, XIX, s. 140.

⁴ Идеи Дарвина (1877 — 1879) первым связал с геологическим строением, с образованием Тихого океана американский астроном Г. Пиккеринг (1907 — 1924).

⁵ Вернадский В.И. *История минералов земной коры*. Т. II *История природных вод*. Ч. I. Л., 1934. Вып. 2. 202 с.

Это мы и имеем в данном случае. Ибо ставится проблема изучения пород лаврентьевской системы с точки зрения проявления в них процессов выветривания. Процессы метаморфизма должны в них быть отличными, так как исходные тела были иные, чем для верхнеархейских слоев, например¹. Получается зависимость между всеми тектонически активными периодами в истории Земли, являющимися периодами затухания исходного потрясения — образования земного спутника из земного вещества (вначале в форме двойной звезды). Объем Тихоокеанской впадины, меньший, чем объем Луны, не противоречит такому генезису, так как это явление одного порядка (объем Луны около $5,0 \times 10^9$ км³, объем Тихого океана $1,3 \times 10^9$ км³).

Дальнейшее геологическое изучение покажет, насколько представление единовременности создания биосферы (появления жизни абиогенезом или извне и начала процесса эволюции видов), образования Тихого океана (диссимметрии земной коры) и создания Луны соответствует действительности, есть начало той планеты, которую мы изучаем и основные черты которой с тех пор недвижны. Так же недвижны, как недвижны механизмы Солнечной и звездных систем, т.е. недвижны в пределах, в которых научно работает сейчас человеческая мысль.

¹ Вернадский В.И. О некоторых очередных проблемах радиогенеза // Изв. АН СССР. 1935. № 1. С. 1-18.

ОКЕАНОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЯ¹

I. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1. Моя задача — подойти к химии Океана с геохимической точки зрения.

Систематически это еще никогда не было сделано, а между тем пересмотр с геохимической точки зрения химии Океана^{2, 3} должен вызвать в этой важной отрасли океанографии, изучение которой было до сих пор чрезвычайно запущено по сравнению с физикой Океана, новую постановку проблем и новую оценку уже известного.

Геохимия, корни которой восходят глубоко ко времени начала научной химии в XVII веке, приобрела значение лишь в нашу эпоху, в последнее десятилетие, и начинает только теперь оказывать все растущее влияние на геологию, минералогию, учение о рудных месторождениях, биологию и геофизику.

Появление геохимии на научной арене в XX столетии произошло так внезапно, что о ней можно было говорить как о совершенно новой науке. В известном смысле это так и есть на самом деле, но по существу—этого нет.

Это только видимость. Исторический ход развития этой науки нам еще неизвестен. Позволю себе привести пример. Кто создал слово «геохимия» и определил область геохимии как особую отрасль науки, одновременно связанной с геологией и с химией? Принято считать, что это сделал Ф. В. Кларк, когда он в 1908 г. опубликовал первое издание своей важной книги «Data of geochemistry». Но за 70 лет до него (в 1838 г.) оригинальный швейцарский химик и мыслитель И. Шенбейн уже это ясно сознавал⁴. В 1842 г. он написал следующие строки⁵, которые для нас звучат пророчески. «Уже несколько лет тому назад я публично высказал мнение, что мы должны иметь геохимию, прежде чем может идти речь об истин-

¹ Переработанный доклад, читанный 2 апреля 1932 г. в Москве в Государственном Океанографическом Институте и 20 июня 1932 г. в Геттингене в Минералогическом Институте Университета. Напечатан по-немецки в *Mineral. u. petrogr. Mitteilungen*, 1933, 44, S. 168. Печатается по изданию: Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 219–238.

² Вернадский В. И. Живое вещество в химии моря. здесь

³ Виноградов А. П. Химический элементарный состав морских организмов в связи с вопросами их систематики и морфологии. *Природа*, 1931, № 6, стр. 229–254.

⁴ Schönbein, J. *Annalen d. Physik*, 45, 1838, S. 277.

⁵ На его работы обратил внимание впервые Эрдмансдерфер [Erdmansdorfer O. *Mineralogie einst und jetzt*: Heid. 1931, S. 11.]

ной геологической науке, которая должна по крайней мере столько же принимать во внимание химическую природу масс, образующих наш земной шар, и способ их происхождения, как относительную древность этих образований и похороненных в них остатков допотопных растений и животных»¹.

Геохимическое содержание творческой работы Н. Шенбейна осталось незамеченным его биографами, но оно оказывало влияние в его время и имеет влияние до сих пор, бессознательное, для нас.

Влияние каждой науки определяется действительным ходом ее развития. Мы можем этого развития не знать, как это имеет место для геохимии, но влияние ее существования чувствовать на каждом шагу.

2. Теперешнее проявление геохимии после ее долгого скрытого действия, мне кажется, вызвано совпадением двух важных моментов в истории научного мышления.

Одним является новое, создавшееся в XX столетии представление об атомах, выдвинувшее физику и другие науки об атомах в первые ряды научной мысли. В новом представлении устанавливается, что атомы или основные мельчайшие элементы, их строящие, являются основой всего мироздания, что разные химические элементы отвечают разным атомам и что атомы сами имеют сложные различные строения, которые могут быть подвергнуты вычислению и могут быть геометрически построены. Геохимия есть история атомов в нашем планетном теле и должна поэтому быть наукой совершенно исключительного значения для всех геологических а следовательно и для биологических наук. Мысль о таком важном значении атомов в истории Земли отмечал уже Фарадей, друг И. Шенбейна. в своих записных книжках конца 1830-х годов, как раз в то самое время, когда И. Шенбейн размышлял о геохимии².

3. Это новое мировоззрение совпадает с глубоким изменением во взглядах на содержание и задачи геологии, часть которой составляет геохимия. В последние десятилетия в геологии, которая, по существу, есть вполне историческая наука, выступили на передний план факты, которые вполне или в главной мере независимы от времени, от геологического времени.

Геология в последние десятилетия оказалась в состоянии выявить закономерности и тесную связь многих геологических явлений, выявить научное содержание, отвечающее, по-видимому, постоянным неизменным элементам строения нашей планеты.

Раньше, в XIX веке, главное внимание геологов было направлено на факты, отвечающие резко необратимым природным процессам. Классический пример их можно видеть в эволюции жизни в геологическом времени. Историческая геология переполнена такими фактами. Точное описание такого необратимого движения геологической истории, проявлявшегося в морфологических изменениях жизненных форм или в изменении соотношений суши и моря, было целью работы геологии в XIX веке.

¹ Schönbein J. Mitteilungen ausd. Reisebuch eines deutschen Naturforschers. Bas. 1842, S. 99.

² Вернадский В. И. Химические элементы и механизм земной коры. Природа, 1922, №3/5, стр. 31–48.

Но эти необратимые процессы соответствуют лишь части геологических фактов. Они одни не могут дать ясного понятия о содержании геологии.

Есть в геологии процессы, которые являются обратимыми или неизменными, которые иначе проявляются, чем эволюция форм жизни на фоне бытия нашей Земли. Это, во-первых, круговые процессы, которые правильно повторяются и численно выражаются в ходе земного времени. Как пример их можно привести ледниковые периоды или орогенетические движения. Их повторение показывает, что они периодически замирают, но взятые в целом составляют часть постоянно существующей организованности¹ планеты.

Существует еще одна форма того же явления, того же постоянства строения планеты в земном длении.

Такое постоянство соответствует организованности¹, которая может быть выражена в числе и в мере. В науке мы иначе, как проявление структуры, его рассматривать не можем.

Как раз такой случай можно видеть в общем итоге *в неизменяемости земных химических реакций*, начиная с самых древних глубоких слоев Земли, какие доступны научному исследованию. Со времени лаврентьевской эпохи неизменно образовывались такие минералы, какие образуются и сейчас. Это — явление огромного масштаба, обнимающее весь земной шар. Лишь органические минералы, по-видимому, составляют исключение, но это исключение лишь один из бесчисленных фактов, доказывающих особое положение жизни в строении нашей планеты.

Биосфера — область жизни, которая благодаря новой форме энергии — лучистой энергии Солнца — приобщена к космической энергии, является во многих отношениях чуждым телом на нашей Земле.

Это постоянство морфологии земных минералов и горных пород может получить еще более глубокое выражение. Ибо минералы и горные породы могут быть выражены как особые физико-химические состояния равновесий.

Можно, таким образом, утверждать, что подвижные состояния равновесий минерального состава Земли образуют глубокий, постоянный, неизменный скелет структуры² земной коры³.

4. Эта идея получила в геологии оригинальное выражение, стоящее в связи с ее историческим развитием и отвечающее старым, давно забытым ее учениям. Это выражение — актуализм в геологии — может быть понято только исторически, как одна из стадий развития геологии.

Уже 150 лет тому назад говорили об актуализме в геологии, со времени Д. Хеттона (J. Hutton) в конце XVIII века (1786 г.), Н. К. фон-Гоффа и Ч. Ляйеля в первой трети XIX столетия.

¹ В 1932 г. было «механизма».

² В 1932 г. было «механизма».

³ Kaiser E. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. B. 1931, S. 392.

Но что понимают под актуализмом? Это просто утверждение, что в течение всего геологического времени большинство повседневных геологических явлений происходит на Земле в той же форме и отчасти с той же интенсивностью, как они идут теперь.

Обыденные геологические явления всегда были в общем те же, какие мы наблюдаем теперь.

Актуализм в геологии указывает, что геологический исторический процесс происходит в геологически неизменной или почти неизменной среде.

Это можно выразить иначе и, как мне кажется, гораздо более удобно для научной работы. Можно сказать: в течение всей длительности нашей планеты большая часть геологических явлений остается неизменной; она должна рассматриваться как своеобразная форма организованности, в которой происходит ход необратимых геологических изменений.¹

Эти неизменные процессы господствуют в геохимии; в ней существует бесчисленное количество круговых процессов, которые охватывают геохимические миграции химических элементов. Физико-химические равновесия элементов, часто с очень незначительными числовыми колебаниями, неизменно длятся в течение целых геологических периодов.

Но в геохимии есть свой большой необратимый процесс в геологическом длении времени — радиоактивный распад химических элементов, совершающийся в самой устойчивой части земной структуры и вызывающий в ней глубокие изменения.

Можно сравнить этот необратимый геохимический процесс с геологическим необратимым развитием форм жизни; ее эволюция также совершается в постоянной части структуры биосферы и также закономерно ее изменяет.

Радиоактивный распад проникает всю земную кору и идет еще глубже; он соответствует непреодолимой брэнности химических элементов².

Эволюция жизни — поверхностное явление в биосфере, вызванное космической солнечной энергией.

5. Такое своеобразное строение фактического содержания геологии часто забывается; забывается проявление в ней двух совершенно противоположных частей планеты.

Необходимо их резко различать при дальнейшем изложении.

Постоянные, неизменные части строения Земли соответствуют явлениям, которые, согласно старинному научному выражению, управляются «вечными законами природы».

О таких «вечных» законах, «вечных» природных процессах говорили в науке постоянно до второй половины XIX века, когда эволюционная мысль охватила научное мировоззрение.

Механизм солнечной системы есть классический пример таких вечных законов или «вечных природных явлений».

¹ Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. 1. Значение биогеохимии для познания биосферы. Изд. 2-е, Л. 1934.

² Вернадский В. И. Проблема времени в современной науке. Изв. Ак. Наук СССР, сер. 7, 1932, стр. 511–541.

Понятие «вечный» имеет здесь совершенно определенное значение, одно из многих, которое этому придают¹. Оно показывает, что явление независимо от хода времени.

Очевидно, «вечный» надо понимать не в философском значении, а в научном. Может идти речь не об абсолютной вечности, а о вечности в определенном интервале, в определенном порядке времени. Солнечная система вечна в интервале времени, в котором не сказываются и не разрушаются и коренным образом не меняются возмущающие ее движения факторы.

Научно удобно, вместо того, чтобы говорить об актуализме, различать в геологии *геологически вечные и геологически меняющиеся во времени явления*.

Удобно называть вечными те явления, которые независимы от геологического времени и практически в его длении неизменны.

Геологическое время есть дление Земли. Оно выражает возраст Земли. Все явления, соответствующие актуализму в геологии, геологически вечны и составляют часть неизменной (в пределах геологического времени) постоянной организованности² нашей планеты. Это геологически постоянные явления.

6. Геохимия, как геологическая наука, находится под сильным влиянием такого хода геологической мысли.

В силу играющего в ней большую роль геологического вечного содержания, она должна оказывать большое влияние на все географические науки — на физическую географию и особенно на океанографию, в частности. Ибо описательные географические науки, изучающие современное состояние Земли, приобретают при таком их рассмотрении особое значение. Большинство теперешних явлений, теперешнего лика Земли, в них изучаемых, является частью геологически вечного строения планеты.

Можно было бы ожидать, что геохимические идеи проникнут в океанографию. Но этого нет. Причина этому ясна: нехватает основного условия для успешной геохимической работы — очень несовершенно известен количественный элементарный состав Океана.

II. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СРЕДА ОКЕАНА

7. Геохимически Океан образует определенную геосферу — *гидросферу*, входящую, как обладающая определенной автаркией часть, в состав земных оболочек (совокупности геосфер) — в биосферу.

¹ В связи с теми недоразумениями, какие вызвала эта терминология, имеющая, однако, очень большие удобства для научной работы, во время доклада в Москве (в Геттингене ее удобство было ясно понято и отмечено председателем И. М. Гольдшмидтом), считаю необходимым сделать несколько замечаний. Понятия «вечное» и «вечность» имеют много значений в философском языке. Одно из них определяет «вечное» как неизменное по времени [Eisler R. Worterb. d. philos. Begr. III. В. 1930, S. 646.]. I. E. Mac Taggart (очень оригинальный по философской трактовке времени и интересный английский идеалист-атеист) [Mac Taggart. Mind. 18. 1909, L.] приводит длинный список различных пониманий «вечного» в философии. Он насчитывал 18 разных пониманий. Этого не принимают во внимание мои русские оппоненты-философы. Научная терминология может быть совершенно независима от философской, но, конечно, лучше, если она ей не противоречит.

² В 1932 г. было «механизма».

Великий Океан не чисто географическое явление, так как соответствует очень глубокой диссимметрии в строении земной коры^{1,2}. Под дном Океана отсутствуют геосферы, существующие под корой выветривания, под сушей. Так, здесь отсутствует стратисфера, метаморфическая геосфера и большей частью также гранитная геосфера³. Все минералогические и геохимические явления, связанные с существованием этих геосфер, отсутствуют под дном Океана. Законности, соответствующие совокупностям подземных вод, со всеми их бесчисленными геохимическими последствиями, совершенно различны на суше ниже коры выветривания и под дном океана⁴. (Таблица 1).

Для нашей темы можно оставить в стороне диссимметрическое положение гидросферы (Океана), так как при изучении соотношения между океанографией и геохимией нас должен интересовать сам Океан, а не отношение его к суше.

При таком строении Океана можно говорить об Океане как о резко обособленной химической области, характеризующейся совершенно определенными, нигде в другом месте на Земле не происходящими закономерными миграциями химических элементов. Эта химическая область обладает автаркией, т. е. в значительной степени самодовлеющая и охватывает большую часть биосферы.

Характерные для нее геохимические миграции химических элементов определяются следующими условиями:

- 1) температурой и давлением Океана,
- 2) его газовым составом,
- 3) его химическим составом (содержание химических элементов),
- 4) его радиоактивностью,
- 5) состоянием в нем жизни.

8. Океан резко отличается от других геохимических областей биосферы низкой температурой и высоким давлением.

Его средняя температура (О. Крюммель) около $+4^{\circ}\text{C}$, но есть большие области, где она опускается до -1°C и ниже; на дне Океана часто — но не всегда — царят самые низкие температуры. Вообще в самой большой доле (больше 9/10) объема Океана существует температура ниже $1-2^{\circ}\text{C}$.

И вместе с тем давление Океана может превышать 1 000 атмосфер на 1 см^2 . Наибольшая часть объема Океана — более 98% — обладает давлением, превышающим 100 атмосфер на 1 см^2 , и больше 90% — давлением, превышающим 300 атмосфер на 1 см^2 . Эти термодинамические отношения определяют в основных чертах всю геохимию Океана и его химию.

9. Прежде чем об этом говорить, нужно точнее определить характер давления в Океане. Для Океана очень характерно, что с барической точки зрения *вода в*

¹ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

² Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Часть I, вып. 2. Л. 1934.

³ Надо различать области собственно Океана, к которым это относится, и области морей, так называемый шельф (Schelf) и первую очередь. Эти последние отвечают суше, и иод ними отроение геосфер отвечает суше.

⁴ Отсюда следует, что под океаническими бассейнами нельзя ожидать минеральных источников.

Океане представляет разнородное тело, которое не может быть воспроизведено в наших лабораториях.

Газы Океана, проникающие всю воду Океана, от тропосферы до дна, находятся в неразрывной связи с тропосферой. Поэтому газы, находящиеся в растворе в воде Океана, не могут подвергаться тому высокому давлению, какое характерно для более глубоких слоев воды Океана. Непрерывная связь газов с тропосферой этого не допускает. Газы образуют «подводную атмосферу»¹, являющуюся непрерывным продолжением тропосферы.

Для содержания газа в Океане давление определяется тяжестью газовых (не водяных) столбов, мощность которых соответствует атмосфере (тропосфера плюс стратосфера) и подводной атмосфере (т. е. равняется давлению атмосферы на уровне океана плюс давление подводной атмосферы).

Здесь мы имеем дело с такого рода состоянием вещества, которое невозможно воспроизвести в лаборатории, так как это состояние имеет планетный характер. Об этом всегда нужно помнить, когда говорят о геологических явлениях.

Таблица 1

Геосферы земной коры

I. Термодинамические геосферы	II. Фазовые геосферы	III. Химические геосферы	IV. Парагенетические геосферы	V. Лучистые геосферы
1. Физический вакуум (кэносфера)	1. Ионосфера		1. Ионосфера	1. Ионосфера
Материя отходит на второе место - рассеяние. Гравитационные силы не ведут к материальным скоплениям. Вакуум физиков. Газ в крайнем разрежении. Электромагнитные поля господствуют. Выше 80 км до 600–1000 км	Чрезвычайно разреженные газы. Твердая пыль. Ионы. Электроны. Выше 75–80 км. Для нижней части ионосферы выясняются максимумы ионизации: 1) слой <i>Апльтона</i> (F), 1 80км, 2) слой <i>Кеннелли-Хивесайда</i> (E). Около 100 км Между слоями E и F различают промежуточный. В E ионов в 1 см ³ 1,8·10 ⁵ - 1,0·10 ⁴ , в F — в 3-5 раз больше.	Состав точно неизвестен. Атомы, ионы N, O, He, H	Ионы Электроны Рассеянные атомы и молекулы. Внизу (около 80 км) светящиеся облака	Вся солнечная радиация Солнца и <i>ультрафиолетовая</i> (и из областей гроз стратосферы и тропосферы?) Электроны Солнца? Космическая проникающая радиация
2. Верхняя термодинамическая геосфера	2. Стратосфера	1. Озонсфера	2. Озонсфера	2. Озонсфера

¹ Вернадский В. И. О классификации природных газов. Сборник «Природные газы», 2, Л. 1931, стр. 15.

Ничтожное давление. 15–80км. Температура достигает максимума в озоносфере, минимума в стратосфере. Амплитуда колебаний между максимумом и минимумом превышает 135° (- 100 до + 35° и выше?)	Разреженные газы (молекулы). Книзу незаметный переход в тропосферу, кверху более резкий в ионосферу. От 10–15 до 80 км	Азотно-кислородная, содержащая <i>озон</i> , резко меняющая тепловой режим планеты. 30–80 км. Радон и торон	На границе около 30–35 км <i>перламутровые облака</i> (воды?). Разреженные газы	Ультрафиолетовые излучения поглощаются. Космическая проникающая радиация
		2. Стратосфера	3. Стратосфера	3. Стратосфера
		Азотно-кислородная, состава обычного воздуха (H ₂ O и CO ₂ —неизвестны), Не. Радон и торон	Разреженные газы (молекулы). Рассеянные атомы	Солнечная радиация без ультрафиолетовой части. Космические проникающие излучения
	3. Тропосфера	3.Обычный воздух	4. Обычный воздух	4.Тропосфера
	Газовая. Игралют видную роль конвекции-онные токи и явления турбулентции	Азотно-кислородная (с угле-кислотой и аргоном). Радон и торон, вызывающие электрическое поле	Быстро разлагающиеся радиоактивные газы (Rn, Th)	Солнечная и космическая проникающая радиация α-, β-излучения радиоактивного распада, вызывающие электрическое поле Земли

Диссиметрия в строении земной коры

Разный ход явлений для геосфер над двумя параллельно существующими в разных частях планеты одновременно фазовыми оболочками, жидкой и твердой:

A — гидросферой (жидкой), B—твердой (корой выветривания)

Над гидросферой (A) Rn и Th тропосферы резко уменьшаются

3.A. Область охлаждения	4.A. Гидросфера	4. Биосфера	5.A–B. Биосфера	5.Гидросфера-кора выветривания
С низкой, не увеличивающейся температурой (средняя ок. 4°C) и медленнорастущим давлением вниз от уровня геоида до 10 км. Температура начинает повышаться ниже 3.8 км от уровня геоида в среднем	(Мировой океан) Жидкая	A. Водный раствор, соленый, подкласса N ₂ —O ₂ —CO ₂ , состава Cl—Na, с твердым остатком 3.6—3.8% по весу. O ₂ до дна B. Характерны: пресная вода, сверху область O ₂ (кислородная поверхность от 20 до 500 м)	Характерно живое вещество Водное равновесие. Коллоиды. Разовое равновесие. Жизнь анаэробная ниже 1200 м, охватывает значительную часть стратисферы?	A. Световые и тепловые излучения Солнца до 400-1000 м глубины. Проникающие излучения более 700 м глубины. Химических излучений ниже нет. B.Световые, тепловыеи проникающие излучения загашаются выше кислородной поверхности. Космических излучений ниже нет

3. В. Область охлаждения постоянного и меняющегося	4. В. Кора выветривания			
На небольшой глубине (метры и десятки метров) начинается повышение температуры. Давление увеличивается в 2,5-3,0 быстрее, чем в А	Твердая, с водным равновесием			
4. Стратисфера	5. Литосфера	5. Стратисфера	6. Стратисфера	6. Стратисфера
А - отсутствует В. Температура и давление медленно повышаются	А— отсутствует В. Твердая, с водным равновесием	А — отсутствует В. Характерные водные растворы Гидраты. Карбонаты. Угlistые тела. Сульфаты. O_2 - нег. Концентрация гелия и вод, богатых Ra и MsThi Осадочные породы	А — отсутствует, В—стратисфера Характерные водные растворы. Коллоиды, богатые кристаллохимические структуры Биогенные образования	А. Отсутствует. В—начинают появляться тепловое излучение и конвекция тепла снизу
5. Верхняя метаморфическая геосфера	6. Верхняя метаморфическая геосфера	6. Верхняя метаморфическая геосфера	7. Верхняя метаморфическая геосфера	7. Верхняя метаморфическая геосфера
А—отсутствует В. Температура не достигает критической для H_2O . Книзу повышается	А— отсутствует В — твердая (область цементации)	А— отсутствует В. Выкристаллизация SiO_2 . Алюмосиликаты и силикаты. Карбонаты, графиты	А— отсутствует В. Кристаллохимические системы, частью с элементами воды	А — отсутствует В. Лучеиспускание и конвекция тепла снизу
6. Нижняя метаморфическая геосфера	7. Нижняя метаморфическая геосфера	7. Нижняя метаморфическая геосфера	8. Нижняя метаморфическая геосфера	8. Нижняя метаморфическая оболочка
А — отсутствует В. Температура и давление повышаются. Горячие пары — местами выше критической для H_2O	А — отсутствует В—твердая (область анаморфизма)	А— отсутствует В. Алюмосиликаты и силикаты. Графиты	А — отсутствует В — кристаллохимические системы	А— отсутствует В. Лучеиспускание и конвекция тепла снизу
7. Гранитная геосфера	8. Гранитная геосфера	8. Гранитная геосфера	9. Гранитная геосфера	9. Гранитная геосфера
А—местами и маломощная, прекращающая проявления диссимметрии В. Температура и давление повышается книзу. Мощность 9–13 км	Твердая, местами очаги водной расплавленной магмы, богатой парами воды. Книзу стекловатая, пластическая	SiO_2 , полевые шпаты, метасиликаты. Диссимметрия прекращается	Кристаллохимические системы, составляющие горные породы. Магмы местами. Стекловатые пластические массы внизу?	Лучеиспускание и конвекция тепла снизу

8. Геосфера тяжелых, 3–3.5 уд.в., частью основных пород	9. Геосфера тяжелых, частью основных пород	9. Базальтовая геосфера	10. Геосфера тяжелых, частью основных пород	10. Геосфера тяжелых, частью основных пород
Давление пород быстро возрастает благодаря увеличению удельного веса их книзу. Горные породы переходят в пластические стекловатые образования. Температура достигает максимума книзу 16–20 км?	Стекловатая? Магматические очаги увеличиваются книзу. Вязкая вниз?	Соединения Si, Al и Fe ²⁺ , увеличение Mg, Fe ²⁺ Ортосиликаты увеличиваются? Ниже перидотитовал?	Магмы (очаги) и стекловатые массы. Кристаллохимические структуры неустойчивы?	Тепловое лучеиспускание книзу?
9. Магмосфера	10. Магмосфера	10. Эклогитовая геосфера?	11. Магмосфера	11. Магмосфера
Температура достигает максимума и начинает уменьшаться или стационарная? Давление увеличивается	Пластическая или стекловатая? Очаги магм в значительной части?	То же, что и выше	Магмы (очаги?) и стекловатые массы	Пройдя максимум, температура уменьшается. Лучеиспускание тепловое вниз и вверх
<i>Примечание.</i> Эта таблица была впервые помещена мною в Очерках геохимии, 4 изд. Л. 1933. Здесь она доведена до уровня знания 1936 года, когда пересматривались помещенные в этом сборнике статьи. Сейчас (1940) наши представления для глубоких слоев быстро меняются, но еще не установились. Алумосиликатовые и ферросиликатовые пластические массы, ближе к поверхности Земли, более высокой температуры, продолжают до 1000—1200 километров от уровня геоида. Примерно около этой границы металлическое ядро, вероятно железное — d Fe, в главной части магнитное, может быть холодное.				

Есть ряд таких свойств вещества и энергии, которые проявляются только в больших пространствах и в больших длениях времени. Изучение астрономических явлений давно нас к этому приучило. Планетными будут такие явления, которые требуют для своего бытия размеров или дления, отвечающих планете¹. Примеры лучше определений пояснят мысль.

Нельзя, например, в наших лабораториях воспроизвести газовую массу, которая морфологически соответствовала бы космическому газовому шару. Подобные шары могут существовать в космическом пространстве; нашу атмосферу можно сравнивать с ними, так как она может иметь совершенно определенную газообразную поверхность *ограничения*, в космическом вакууме. Такая верхняя пограничная поверхность не может быть воспроизведена для газов в наших лабораториях.

Давно ясно и проявление планетного времени, например в попытках синтеза разных видов организмов, требующих длительного воздействия среды или старения природных гелей и т. п.

¹ Очевидно, это общее явление, на котором я здесь останавливаться не буду. Некоторые проявления в огромных частях пространства—времени [Вернадский В. И. Проблема времени в современной науке. Изв. Ак. Наук СССР, сер. 7, 1932, стр. 511–541], например небесных туманностях, не могут быть воспроизведены в планетных пространствах — временах.

10. Такая барическая разнородность планетного характера океанической воды должна иметь большие последствия для двух соединений, играющих крайне важную роль в биосфере, — для молекул угольной кислоты и воды.

Оба соединения могут быть устойчивыми в просторах Океана лишь в состоянии: жидкое \rightleftharpoons газообразное. Вода (м. б. и CO_2 ?) может еще существовать при известных условиях в твердом состоянии.

Жидкая фаза угольной кислоты должна существовать лишь в тех случаях, когда она не находится в соприкосновении с тропосферой или с подводной атмосферой. Ввиду того, что газообразная угольная кислота очень сильно химически реагирует с водяными растворами, давая ионы, и что жидкая угольная кислота нерастворима в водных растворах, — в воде Океана должны происходить различные очень мало изученные процессы, которых я тут не буду касаться. Во всех теоретических представлениях о щелочности океанических вод оставался, сколько знаю, без внимания характер в них термодинамического поля углекислоты, значение ее жидкой фазы [См. стр. 523–529 этого сборника].

Но есть много природных явлений, когда жидкая угольная кислота находится вне соприкосновения с тропосферой в воде Океана, например в случаях сильных газовых струй угольной кислоты на дне морей или образования угольной кислоты в биогеохимических процессах.

Низкая температура и высокое давление в океанической воде должны своеобразно изменять химические миграции и других химических элементов и их соединений.

Так, здесь резко изменяется химический характер благородных газов — Ar, Kr, Xe¹. Они могут образовать в Океане жидкие гидраты, растворимые в воде. Геохимия благородных газов, как показал В. Г. Хлопин, должна быть в Океане иной, чем в других геосферах: они входят здесь в соединения².

11. Низкая температура Океана имеет огромное значение в его геохимии. Она, как это сейчас начинает выясняться, находится в тесной связи со своеобразным строением газовых оболочек нашей планеты.

Следующие новые явления заставляют критически пересмотреть господствовавшие до сих пор взгляды: во-первых, новая картина теплового режима верхних газовых слоев Земли, сейчас находящаяся в стадии созидания, во-вторых — тоже только что слагающееся представление о существовании на суше, в коре выветривания, и в стратосфере областей охлаждения и, в-третьих, резко различное распределение радиоактивных элементов на суше и в Океане.

12. Нельзя сейчас оставлять без внимания, что температура высших областей атмосферы, над стратосферой, гораздо выше, чем температура воздуха жарких тропических областей. Между этими двумя горячими зонами лежит холодная область стратосферы, где температура опускается до -98° , если не больше.

¹ Вернадский В. И. О классификации природных газов. Сборник «Природные газы», 2, Л. 1931, стр. 9-20.

² В холодных водах областей охлаждения на суше и в глубоких слоях холодных озер биосферы должно наблюдаться то же явление.

Оба эти своеобразных явления — нагревания и охлаждения разреженных газов — по-видимому вызваны термическими свойствами двух газов — *озона и водяного пара*. Оба газа находятся в теснейшей связи с биосферой и с ее геохимическими миграциями химических элементов.

Здесь не место углублять эти в высшей степени важные с точки зрения геохимии явления. Нужно только отметить, что всякое вертикальное перемещение этих — и сейчас колеблющихся газовых холодных и теплых оболочек — может сказываться в очень мощных эффектах в биосфере¹.

Также необходимо учесть, что холодная масса воды Океана имеет свой аналог в холодных водах суши. Едва ли правильно, как это сейчас делают, не принимать во внимание их существования. Области охлаждения, области холодных вод на суше, идущие за пределы биосферы, не охваченные жизнью, являются мощным явлением, упущенным научной мыслью. Они проникают в стратосферу. Эти области охлаждения лежат под теперешними ледниками — массами льда, — под вечной мерзлотой, под областями, которые в недавнее геологическое время покрыты были ледниковым покровом последнего оледенения или холодными водами моря — трансгрессиями плейстоцена. Влияние этих поверхностных холодных масс длится еще после их (в нашем масштабе) давнего исчезновения. Мне представляется, что оба эти явления — области охлаждения на суше и низкая температура воды в Океане — должны объясняться одной общей причиной. Возможно, что они находятся оба также в связи с только что указанным своеобразным термическим строением высоких газовых слоев планеты².

13. Наконец, есть еще одно явление, имеющее еще большее значение, оставленное без внимания, — это радиоактивный распад химических элементов в воде Океана и на суше.

Это явление должно быть рассмотрено в теснейшей связи с геохимией воды Океана и с его химией, но я его коснусь ниже.

14. Очевидно, необходимо в океанографии подвергнуть коренному пересмотру господствующие воззрения о причине низкой температуры воды Океана. Эти объяснения сводятся к физико-астрономическим явлениям: к наклону земной оси к эклиптике, к излучению тепла в холодный космический вакуум.

Эти объяснения — теории Цеппритца и их новейшие переработки — слишком схематичны и абстрактны. Реальное явление гораздо сложнее.

III. О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ОКЕАНА С ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

15. Химия Океана не может, конечно, быть исследована только геохимически. Физико-химические явления играют в ней не менее важную роль.

¹ Эти явления должны быть приняты во внимание при объяснении ледниковых периодов [Erdmansdorfer O. Mineralogie einst und jetzt: Heid. 1931, S. 11].

² Schönbein J. Mitteilungen ausd. Reisebuch eines deutschen Naturforschers. Bas. 1842, S. 99.

Но геохимическое изучение должно быть положено в основание также и физической химии воды Океана.

Следует обращать на геохимию воды в Океане тем больше внимания в данный момент, что некоторые поставленные ею проблемы могут быть легко, точно и быстро разрешены.

Я хочу здесь кратко затронуть три такие проблемы:

- 1) элементарный химический состав воды в Океане,
- 2) радиоактивный состав воды в Океане,
- 3) биогеохимический состав воды Океана.

Моей ближайшей целью является обратить внимание на большие прорехи наших знаний в области этих проблем и на необходимость общей систематической организованной работы для быстрого их пополнения. При такой организации, мне кажется, возможно достигнуть очень больших результатов в немногие годы.

16. Вода Океана, как тело планетного характера, имеет определенное строение, которое геологически вечно. Она выражается прежде всего тем, что в разрезе всегда в каждой точке Океана можно различить три разных воды, которые являются разными видами, т. е. разными минералами группы воды^{1,2}.

Для точного познания океанской воды надо для каждого места в Океане знать химический состав следующих тел, начиная сверху:

- 1) химический состав общей массы воды Океана от его поверхности до донной воды — *вода Океана*,
- 2) химический состав нижних слоев воды Океана, прилегающих к его дну, — *донная вода Океана*,
- 3) химический состав воды, проникающей морские осадки (илы), — *иловая вода Океана*³.

Очевидно, существует много разных океанических иловых вод; это образования, аналогичные почвенным растворам наших наземных почв. Донных вод должно быть несколько видов, совершенно неизученных. Но есть всего один вид океанической воды, образующей одну однородную массу очень определенного состава, по-видимому геологически вечного, неизменного во времени.

Для нее одной имеется большое число химических количественных данных; все же недостаточно, к сожалению, для проблем, которые теперь ставятся. Для донных и иловых вод имеются лишь отдельные, случайные, неполные количественные анализы.

¹ Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Часть I, вып. 2. Л. 1934.

² Вернадский В. И. Пластовые воды биосферы и стратосферы. Социалистич. реконструкция и наука, 1932, вып. 2, стр. 52–70.

³ Я употреблял раньше название «грязевые воды»; может быть, лучше называть их «иловыми водами», в отличие от «морских грязей», являющихся частным случаем иловых вод. Обычное в русской литературе название «грунтовых вод» недопустимо, так как термин «грунтовый» в гидрохимии обычен для подземных вод — для верховодок.

16.¹ Для точного знания атомного состава океанических вод должна быть еще сделана другая огромная предварительная работа, не связанная с химическими анализами.

Нужны еще многие другие данные, из коих два — почти неизученных — очень важны и сильно влияют на точность чисел элементарных анализов.

Это, во-первых, химические органические соединения, продукты жизни, растворенные в воде Океана, и, во-вторых, твердые и коллоидальные тела тончайшего ила или пыли, дисперсных частиц, проникающих всю массу воды Океана в тонкорассеянном состоянии^{2,3,4}. Оба стоят в тесной связи с биогеохимическими явлениями гидросферы в океанических областях.

[Все числа о весовом содержании органических веществ в воде Океана не выдерживают критики. *Вода Океана является раствором органических веществ*, могущих служить пищей организмам. Точное расследование этого предмета крайне необходимо для научного охвата основных проблем геохимии биосферы и соприкасающихся с ней других геосфер. Мы не знаем даже химического характера самых обычных, проникающих всякую океаническую воду органических соединений.]

Для мути у нас также нет никаких данных].

17. Взятая в общей своей массе вода Океана почти соответствует гидросфере. Массы донных вод и вод иловых по сравнению с общей массой воды Океана очень малы, они, может быть, соответствуют по весу тысячным долям процента. Поэтому возможно принять числа среднего состава воды Океана как первое приближение к химическому составу гидросферы, т. е. массы воды средней мощности от 3,8 км и весом 10^{24} г.

Этот состав должен считаться *планетной постоянной*, так как если бы даже существовали колебания в составе гидросферы в длении Земли, ничто не указывает на изменения (в одном и том же направлении) химического состава морской воды в течение этого времени⁵. Повидимому, средние числа геологически вечны.

18. Океаническая и морская вода должны быть рассматриваемы как совокупность бесконечного количества самых разнообразных, непрерывно происходящих динамических, химических, физико-химических, геохимических, биогеохимических равновесий.

Все беспрестанно происходящие их нарушения быстро и вполне восстанавливаются.

[«Механизм» этот (своеобразная организованность)] по своей точности

¹ Так в оригинале.

² Correns W. N. Jb. f. Min. (A.) Beil.—Bd. 57, 1927, S. 1109.

³ Murray J. a. Irving R. Proceed, of the Royal society of Edinburg, 18, E. 1891, S. 1227.

⁴ Vernadsky W. Sur la dispersion des éléments chimiques. Revue générale des Sciences, P. 1927, № 12, p. 366—372.

⁵ Вальтер [Walther J. Leopoldina. Berichte d. Ksr. Leopold. Dtsch. Acad. d. Naturforsch. z. Halle, V, 1929, S. 34.] допускает медленно идущее однозначное изменение, но в общем это изменение в течение сотен миллионов лет, по его расчету, приводит к числам, очень мало отличающимся от современного химического состава океанической воды.

сравним с астрономическими вечными законами «природы». В последнее время изучение электропроводности океанической воды, ее щелочности, величины рН открыло форму организованности необыкновенной, недостижимой для нашей экспериментальной техники точности¹.

IV. ОБ ЭЛЕМЕНТАРНОМ ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВОДЫ ОКЕАНА

19. Можно было предполагать, что столь важные для познания биосферы данные о количественном составе океанической воды давно известны.

К сожалению, наши знания в этой области очень неточны. Полных новых хороших количественных химических анализов нет. Для многих обыкновенных элементов, как, например, для Al, Mn и т. д., нет [бесспорных] числовых данных, для других, как, например, для Fe, Pb, Rb и т. д., эти числа почти наверное не точны.

Для элементов, которые преобладают в океанической морской воде, как то давно было доказано (1840–1860 гг.) И. Форхгаммером, наблюдаемые колебания в самых различных морях и океанах, на разных глубинах и в разные времена года — незначительны и могут быть сравнимы с колебаниями химического состава тропосферы. Средние числа, по-видимому, постоянны, геологически вечны.

Но для более редких элементов, встречающихся в меньших количествах, это обобщение И. Форхгаммера как будто не так строго доказано. Средние числа и здесь могут быть постоянными, но границы колебаний в некоторых случаях кажутся сравнительно большими. Вода Океана может быть разнородной для этих элементов.

Сейчас необходимо организовать систематический пересмотр этих данных, систематическое новое определение количественного содержания в воде Океана всех элементов. Может быть, следовало бы, по примеру астрономов, разделить работу между разными лабораториями, чтобы ее в кратчайший срок покончить. Раз она сделана, можно будет только от времени до времени делать новые проверки.

С геохимической точки зрения химический состав каждой геосферы есть геологически вечная планетная константа. Одной из важнейших задач геохимии, стоящих в порядке дня, является определение химического состава всех геосфер.

Для гидросферы это простая задача, не представляющая больших трудностей^{2,3}.

V. О РАДИОАКТИВНОМ СОСТАВЕ ВОДЫ ОКЕАНА

20. В этом вопросе количественное определение содержания в гидросфере *радиоактивных элементов* имеет особенное самостоятельное и важное значение; методологически оно стоит отчасти отдельно.

¹ Henderson L. Die Umwelt d. Lebens. 1914, S. 67.

² Сейчас эта задача поставлена в Академии Наук, в связи с определением среднего атомного состава биосферы, по инициативе Биогеохимической лаборатории Академии Наук СССР.

³ Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Часть I, вып. 2. Л. 1934.

Это знание важно не только для геофизики, но и для океанографии. Задача эта должна быть изучена независимо от общего выяснения количественного элементарного состава Океана.

Радиоактивные элементы должны играть особую большую роль в океанической воде, так как они влияют на температуру Океана.

Эти элементы — U, Th, [Sm] K и Rb — находятся в постоянном распаде, и атомы их постоянно излучают тепло. Некоторые из их производных Ra, MSTh, эманации — могут собираться в океанической воде независимо от этих своих предков благодаря химическим свойствам своих атомов или их газообразному состоянию. Их миграции также связаны с тепловым эффектом.

Эти излучающие тепло атомы нарушают и все бесчисленные физико-химические равновесия океанической воды.

К сожалению, только для калия этот тепловой эффект может быть количественно учтен, так как только для него мы имеем заслуживающие доверия количественные определения.

21. Для *рубидия* имеются старые определения для различных морей и океанов, сделанные хорошим химиком, проф. А.Шмидтом в Дерпте. К сожалению, числа его, повидимому, слишком велики¹. Его методы не были достаточно точны. Нельзя внести нужных исправлений, так как никто после него не делал новых определений.² Методика прямого количественного определения рубидия недостаточно разработана.

22. Для *урана* не имеется химических количественных определений, даже качественные указания сомнительны. Не ясно, не вносится ли радий, который, несомненно, находится в морской воде, в Океан путем новых миграций, независимых от породившего его урана. С геохимической точки зрения следовало бы ждать накопления атомов урана в воде Океана. Но возможно также, что уран фиксирован из этого раствора организмами или продуктами их распада³. Этот вопрос может быть разрешен лишь путем точного химического количественного исследования воды Океана и связан с изучением находящихся в ней организмов и органических веществ.

23. Относительно тория также существует больше сомнений, нежели точных знаний. С геохимической точки зрения существование атомов тория в воде океана сомнительно³. Правда, из определения торона даются числа и для тория. Но эти числа⁴ уже своей большой величиной вызывают сомнения. К тому же новые русские работы над глубокими подземными пластовыми водами (Cl–Na–Ca), вероятно лежащими в стратифере, точно изученными на радиоактивные элементы, могут, может быть, разрешить противоречие между геохимически-

¹ Вернадский В. И. Заметка о распространении химических элементов в земной коре. Изв. Ак. Наук, 1914, стр. 951—966.

² Определения Бурксера [Бурксер Е. Biochem. Ztschr. 233, 1931, S. 58.], дающие значительно меньшие числа, касаются таких морей, как Черное и Азовское, очень ясно отличных по составу воды от Океана.

³ Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934.

⁴ Mache H. Anzeiger d. Akademie d. Wissenschaften in Wien, 51, 1914, S. 345.

ми выводами и научным наблюдением. В этих водах (нефтяные области СССР и Кавказа) находили $M\text{Th}_1$ и ThX , которые генетически связаны с радием и торием; но воды не заключают Th и его изотопов, связанных с распадом урана — $\text{RaTh}^1, ^2$.

Из этого следует, что из нахождения торона в природных водах лишь тогда можно заключать о существовании самого тория, когда он там будет химически доказан. Такие опыты должны быть сделаны для вод Океана.

Из этого очевидно, насколько неточны наши знания о распространении радиоактивных элементов в воде Океана. И однако, никаких особых трудностей для точного количественного определения урана, тория, рубидия в океанической воде нет.

24. Эти данные должны способствовать разрешению важнейших проблем строения Океана.

Очевидно уже теперь, что вода Океана значительно беднее радиоактивными элементами, чем горные породы суши. Калий и радий в тысячи и в десятки тысяч раз больше сконцентрированы в твердом веществе суши по сравнению с их содержанием в океанической воде. Очень вероятно, что такое явление подтвердится для всех других радиоактивных элементов.

Из этого следует, что то же самое различие должно проявляться и в термическом эффекте этих элементов, т. е. в повышении температуры вещества на суше и в гидросфере. Каждый объем гидросферы постоянно согревается в тысячи и в десятки тысяч раз медленнее или находится в состоянии неизменной температуры, гораздо более низкой, чем то имеет место для суши.

К сожалению, теперь нет точных данных. Необходимы новые анализы. Необходимо немедленно приступить к их получению³.

Едва ли есть сомнение, что отношение R между числом калорий, излучаемых веществом Океана A и веществом суши B , имеет большое значение в механизме планеты.

Повидимому, оно постоянно, т. е.

$$A \text{ |кал} \times \text{км}^3 \times \text{год|} / B \text{ |ал} \times \text{км}^3 \times \text{год|} = R = \text{const.}$$

Излучение тепла, вызываемое распадом атомов, не может быть изменено никакими природными явлениями: оно пропорционально числу радиоактивных элементов в веществе твердой Земли и в воде Океана.

Это отношение, по-видимому, геологически вечно, хотя число таких атомов уменьшается в геологическом длении времени, так как их распределение в Океане и на суше, по-видимому, должно оставаться неизменным.

25. Для суши получаемое таким путем тепло достаточно для объяснения всех самых больших геологических явлений (также величайших тектонических), прежде объяснявшихся внутренней исконной теплотой нашей планеты.

¹ Вернадский В. И. Торий и мезоторий в морской воде. Природа, 1932, № 5, стр. 414–426.

² Vernadsky W. Mesothoriumhaltige natürlliche Gewasser. Ztschr. f. Elektrochem. 1932, S. 527—529.

³ Vernadsky W. Mesothoriumhaltige natürlliche Gewasser. Ztschr. f. Elektrochem. 1932, S. 527—529.

Число радиоактивных атомов K, U, Ra, Th и т. д. здесь так велико, что наблюдаемая высокая температура глубоких слоев Земли вполне может быть объяснена этим источником тепла.

Для гипотетического остатка тепла догеологического расплавленного состояния нашей планеты не осталось места.

Реальный источник тепла вполне достаточен, чтобы объяснить температуру вещества суши, независимую от поверхностного солнечного тепла. Эта температура может достигать многих сотен градусов.

Тот же источник тепла, очевидно, является причиной низкой температуры воды в Океане.

Эта низкая температура соответствует [по-видимому] слабым радиоактивным растворам Океана,¹ малому количеству в нем радиоактивных атомов.

26. Эта низкая температура приобретает еще большее значение, если окажется верным одно из господствующих представлений о строении земной коры, по которому океанические бассейны и щиты суши неизменны в своих основных чертах в своем положении на лике планеты в течение всего геологического времени.

Если бы это было так, то область радиоактивной константы должна была бы постоянно существовать на том же месте на планете — геологически вечно — и вызвать глубокое охлаждение частей Земли, находящейся под дном Океана.

Океанические бассейны являются в таком случае не географическим, а *геологическим* явлением; этот их характер очень хорошо отвечает представлению об Океане, как о геосфере. Геологические и геофизические основания, доказывающие постоянство Тихого океана (его геологическую вечность), кажутся мне очень убедительными. Неизменность большей его части с кембрийского времени даже несомненна. Следует, таким образом, допустить, что холод воды Океана должен бы воздействовать по крайней мере в течение миллиарда лет на одну и ту же совершенно определенную область планеты и должен был бы произвести в ней глубокое охлаждение².

Даже если бы океанические бассейны не были достаточно прочны, вода Океана все же существовала бы во все время бытия Земли как единое тело и всегда имела бы то же самое слабое излучение атомного тела, была бы все время холодной. В этом случае нужно было бы допустить, что холодные воды Океана геологически медленно переливаются из одной области планеты в другую и задерживаются миллионы лет на одном месте.

27. Таким образом, ясно, что для гидросферы радиоактивная энергия чрезвычайно мала по сравнению со средней радиоактивной энергией литос-

¹ Очень вероятно, что эта температура определяется не исключительно содержанием атомов K, Rb, U и Th. Вероятно, все химические элементы радиоактивны, в том числе и почти неизвестные, может быть сильно радиоактивные 85 и 87 (виргиний и алабамий). До сих пор невозможно подвергнуть точной проверке эту столь часто высказываемую гипотезу о радиоактивном распаде, как об общем свойстве атомов.

² Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Часть I, вып. 2. Л. 1934.

ферры, кислых массивных пород в особенности, т. е. с гранитной геосферой.¹ По-видимому, это общее свойство биосферы (и стратисферы). Для биосферы в воздушной оболочке, в тропосфере, количество радиоактивных атомов в данном объеме еще меньше. Для коры выветривания (суши) явление значительно сложнее, так как почвы кажутся образованиями более богатыми радиоактивными элементами, чем подстилающие их породы (по крайней мере осадочные и основные массивные).

Однако, это явление может быть связано с другим процессом, который начинает вскрываться перед нами и который должен наблюдаться и для гидросферы.

По-видимому, живые организмы концентрируют по крайней мере некоторые радиоактивные элементы, такие, как радий и калий.

VI. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОКЕАНА

28. В биосфере вообще, и в Океане (гидросфере) в частности, выступает на первое место другая активная энергия — геохимическая энергия жизни.

Вся химия Океана больше всего меняется жизнью. Один химический состав воды Океана не может сам по себе объяснить даже важнейших химических реакций гидросферы.

Для того чтобы их понять, необходимо точно количественно знать биогеохимический состав воды Океана.

Для этого нужно, во-первых, узнать точный количественный химический состав биоценозов и организмов, живущих в воде, и определить, во-вторых, характер концентрации всей жизни в Океане.

Если химический состав теперешних организмов неизбежно определенно отличен от состава растений и животных других, былых геологических эпох,² то по отношению к биологическим условиям их жизни этого не только нельзя утверждать, но, наоборот, можно с несомненностью утверждать обратное, стоя на твердой почве геологически вечных явлений. Концентрация жизни, ее сгущения неизменно всегда повторялись во всех геологических эпохах в тех же формах биоценозов, независимо от геологического времени.

Палеобиология нас учит с огромной точностью, что во всех древних геологических эпохах существовали в природе те же биологические соотношения, какие существуют и теперь, несмотря на происшедшие в процессе эволюции видов глубокие изменения в форме организмов при создании их новых видов и родов. Во всех геологических эпохах, от которых у нас сохранились остатки, существовали непрерывно автотрофные, гетеротрофные, миксотрофные организмы, бегающие, летающие животные, хищники, травоядные и т. п. и их биоценозы.

¹ Для метаморфической геосферы нет достаточных данных. Очень важны определения для парагнейсов и ортогнейсов. Но ясно, что в целом она менее богата радиоактивной энергией, чем гранитная геосфера. Стратисфера приближается к метаморфической геосфере по этим свойствам.

² В общем средний химический состав жизненных форм, невидимому, неизменен, т. е. средний химический состав живого вещества геологически вечен [Вернадский В. И. Очерки геохимии. Изд. 4-е, Л. 1934].

Строение жизни всегда было одинаковым, геологически вечным. Состав их морфологических форм постоянно изменчив.

Палеостратиграфия является здесь надежным путеводителем вплоть до древнейших морских остатков кембрийской эпохи и даже глубже.

29. Жизнь в Океане сосредоточивается лишь в определенных местах; эти места характеризуют биогеохимическое строение Океана. Вне этих мест Океан беден жизнью, видимой или невидимой, часто почти безжизнен.

Для большинства геохимических проблем достаточно изучить лишь эти области жизненных сгущений — концентрации жизни: они охватывают большую массу жизни¹.

Эти концентрации жизни располагаются на поверхности Океана или на границе между Океаном и твердыми частями биосферы.

Можно различить четыре основных концентрации жизни¹: *две жизненных пленки — планктонную и бентосовую (или донную)*, охватывающие весь объем гидросферы, и два сгущения жизни, обогащения более местного характера, одно, связанное с планктонной живой пленкой — *саргассовое жизненное сгущение*, и второе, связанное с бентосовой, отчасти с планктонной пленкой — *прибрежные сгущения* на берегу и в мелях Океана, на границах с твердыми частями планеты.

Пленки жизни имеют наибольшее значение с геохимической точки зрения, как содержащие наибольшее количество организмов.

30. *Планктонная пленка*, значение которой понято было уже давно великим биологом Иоганном Мюллером, обнимает непрерывно всю поверхность Океана. Поверхность этой живой пленки отвечает приблизительно 4×10^8 км², т. е. 400 млн. км². В этой пленке господствуют парящие маленькие, микроскопические и субмикроскопические организмы; среди них зеленые автотрофные растения играют важнейшую роль. Здесь происходит превращение лучистой энергии Солнца в земную химическую энергию. В этой части планеты производится большая часть свободного кислорода; в ней, следовательно, сосредоточивается важнейшее биогеохимическое явление Земли — образование свободного кислорода. Взятая в общем оболочка планктона — главная основа жизни Океана. Здесь синтезируются вещества, которые делают возможным существование всей, для Океана столь характерной животной жизни. Только благодаря планктонной пленке создается вторая оболочка, донная живая пленка Океана, охватывающая бентос.

Пленка планктона не мощная — в среднем, вероятно, меньше 100 м толщиной; в каждом ее кубическом сантиметре находится несколько десятков тысяч организмов. В весе воды, заключающейся в планктонной пленке, вес организмов, по-видимому, составляет гораздо менее 1% — лишь небольшие его дробные доли.

Но в этих ничтожных количествах вещества, соответствующих объемам — часто микроскопическим — планктонных организмов, заключается огромная по мощи геохимическая энергия жизни, изменяющая всю химию Океана.

¹ Вернадский В. И. Биосфера. Л. 1926. стр. 121.

Организмы планктонной пленки вниз и вверх быстро редуют: они идут вглубь на многие сотни метров, но в таком разрежении, что в общем химическом строении Океана могут быть оставлены без внимания.

31. Донная, или бентосовая, пленка отделяется от планктонной иногда многими километрами, в среднем 3,8 км. Огромные массы воды Океана, бедной жизненными формами, разделяют эти две оболочки. Но пленка бентоса в своем существовании, несомненно, зависима от планктонной пленки. Здесь, как правило, нет зеленых растений; господствует мир животных; его жизнью вновь биохимически перерабатываются падающие на дно остатки планктонных и промежуточных организмов и через нее вновь вводится в жизненный цикл их вещество.

Поверхность бентосовой, донной, пленки, ее площадь, соответствующая орографии дна Океана, гораздо больше, нежели площадь планктонной пленки; она, вероятно, охватывает больше биллиона квадратных километров; мощность пленки соответствует нескольким десяткам метров, но масса жизни на квадратном метре, по-видимому, гораздо больше, чем в планктонной пленке.

32. *Сгущения жизни*, саргассовые и прибрежные, хотя и занимают — в человеческом масштабе — огромные площади, по сравнению с планктонной и бентосовой пленками отходят на второй план, они не дают сплошной оболочки.

В биосфере ими нельзя пренебрегать; в них, по-видимому, встречаются такие обогащения жизнью, в расчете на площадь, ею занятую, какие не существуют для планктона и бентоса. Но это, в сущности, местные явления, если сравнить их по размерам с пленками жизни.

33. Химизм всех этих больших скоплений жизни, можно сказать, почти неизвестен.

Исследование его должно начаться заново.

При таком состоянии наших знаний нужно вначале выбрать самую важную проблему. Биогеохимически планктонная пленка кажется самой важной. Ее химический состав должен прежде всего — во всех его формах — быть возможно полнее исследован. Это самый грандиозный биоценоз нашей планеты; здесь, вероятно, существует геологически вечное химическое равновесие:

Вода планктонной пленки \rightleftharpoons Организмы этой пленки

Эта задача систематически поставлена в последние годы в нашей Биогеохимической лаборатории Академии Наук. Работа ведется под руководством моим и А. П. Виноградова.

В табл. 2 (стр. 949) дан (в весовых процентах) первый, еще неопубликованный анализ одного вида планктона Мурманского моря — определенного типа, зоопланктона. Химический анализ сделан А. П. Виноградовым.

Это первые наиболее полные анализы морского планктона.

Я не буду касаться здесь методики анализов и техники сбора планктона. Это будет дано в другом месте¹. Конечно, этот планктон, почти нацело состоящий

¹ Виноградов А. П. Геохимия живого вещества. Изд. Ак. Наук, Л. 1932 (второе изд. готовится).

Таблиця 2.

Состав живого планктона.
Зоопланктон (*Calanus finmarchicus*) Мурманское море

	Александровская гавань	Море 1930 г.	Море 1931 г.
O	79,99	—	—
H	10,26	—	—
G	6,10	—	—
N	1,52	1,65	1,51
Cl	1,05	1,18	1,07
Na	$5,4 \times 10^{-1}$	$6,5 \times 10^{-1}$	—
K	$2,9 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-1}$	—
S	$1,4 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$1,6 \times 10^{-1}$
P	$1,3 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$1,6 \times 10^{-1}$
Ca	$4,0 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Mg	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$
Fe	$7,0 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	—
Si	$7,0 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$	—
Br	$9,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$	—
J	$2,0 \times 10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-4}$	—

из ракообразных *Calanus*, не дает полного понятия о составе всего зоопланктона Мурманского моря, где он собран. Ибо это только часть зоопланктона — большая по массе, — уловленная сетями определенного диаметра. Надо сделать анализ и других частей морского планктона, здесь упущенных. Только тогда получится цельная картина.

Но уже и этот неполный анализ дает важные указания. Он показывает, что *состав планктона — в общем — остается чрезвычайно постоянным*. Очень возможно, что мы имеем здесь дело с геологически вечным явлением.

Это указание, которое получается от этих первых определений, заставляет еще настойчивее добиваться анализа обычных основных океанических биоценозов — планктонной и бентосовой пленок, саргассовых и береговых жизненных сгущений. Не является ли их состав определенным и во времени, лишь колеблющимся около неизменного, геологически вечного среднего, как это мы наблюдали для среднего солевого остатка океанической воды. Даже если считать, что это постоянство отвечает постоянству состава вида^{1, 2} — *Calanus finmarchicus*, — то это не меняет дела, ибо зоопланктон этого именно видового состава получается здесь из года в год. Мы знаем, что морфологический состав других оставшихся в стороне частей планктона столь же в среднем постоянен во времени.

Можно надеяться, что анализы планктона мы получим в ближайшем будущем.

¹ Труды Биогеохимической лаборатории, т. I., Л. 1930.

² Вернадский В. И. и Виноградов А. П. О химическом элементарном составе рясок (*Lemna*), как видовом признаке. Доклады Ак. Наук, сер. А, 1931, стр. 148—152.

Государственный Океанографический институт в Москве поставил задачу организовать этим летом для этой нашей работы сбор нужного материала по определенным правилам во всех морях нашего Союза. Через несколько месяцев мы надеемся получить более определенные числа.¹

В планктонной пленке, соответственно временам года происходит, повидимому, геологически вечное чередование — численное и закономерное — зоо- и фитопланктона; происходят постоянные биогеохимические круговые процессы и совершенно определенные миграции определенных атомов для образования разных форм планктонной пленки.

Все эти явления могут быть количественно научно охвачены.

34. Перед нами лежит широкое и важное поле работы. Необходимо знать химически точно состав скоплений жизни.

Только тогда можно будет понять удивительную химическую структуру² гидросферы. Твердые массы, непрерывно, закономерно выделяющиеся из воды Океана, образующие сотни минеральных видов и строящие горные породы, не могут быть объяснены и численно определены, исходя из представления об океанической воде, как о простом растворе. Из раствора ее состава при температуре и давлении Океана и при составе его дна и берегов ничего бы не выделялось в форме твердых фаз. Минералы, выделяющиеся в Океане, суть продукты биогеохимических явлений; это органогенные образования, создаваемые геохимической энергией жизни в ее живых пленках и сгущениях.

35. Я кратко коснулся в этом докладе только немногих из множества проблем, выявляемых при геохимическом охвате океанографии, проблем, стоящих на очереди дня. Они стоят на очереди дня не только благодаря их большому значению, но и потому, что путь к их разрешению ясен и на нем нет сколько-нибудь значительных методических трудностей.

Идя этим путем, можно получить количественное представление об установившихся статических равновесиях химического (атомного) радиоактивного и биогеохимического характера.

Лишь на этой основе можно идти дальше и глубже и подойти к энергетике гидросферы.

Но и здесь геохимическая точка зрения должна играть большую роль, ибо энергетика гидросферы, по-видимому, является сложной функцией строения атомов.

Химическая океанография должна неизбежно все время изучаться в тесной связи с геохимией.

¹ Материал в нужном количестве не получен до сих пор. Может быть, характерно и важно это отметить.

² В 1932 г. было «механизм».

О НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМАХ БИОГЕОХИМИИ¹

В СВЯЗИ С РАБОТОЙ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ АКАДЕМИИ НАУК

Автор определяет место биогеохимии среди других биологических наук и на основании современных интересов и задач, стоящих в смежных областях знания, устанавливает проблемы, над которыми должна работать руководимая им лаборатория биогеохимии при Академии наук СССР, и сообщает состояние работ лаборатории в настоящее время.

1

Биогеохимия, часть геохимии со своеобразной методикой и со своеобразными, своими, проблемами, сводится в конце концов к точному количественному, математическому выражению живой природы в ее неразрывной связи с той внешней средой, в которой живая природа имеет место. Живой организм получает при этом другой облик, чем какой он имел в биологии; он выражается в числах атомного или весового состава, в особых физических, количественно выраженных проявлениях занятого им пространства, в числовых энергетических выражениях производимой им работы в области жизни на нашей планете, в особой ее оболочке — в биосфере.

Жизнь в биогеохимическом аспекте есть живое вещество биосферы, т.е. совокупность всех живых организмов, в данный момент в биосфере находящихся. И сам живой организм, выраженный в числах, является новым, независимым выражением того же явления, которое изучает биолог в красочном, физиологически-морфологическом выражении бесчисленных форм жизни. Между ними надо и можно искать точных, научно выраженных соотношений.

В биогеохимии, как показывает и ее название, мы научно изучаем явления жизни в аспекте атомов.

Благодаря этому, мне кажется, мы можем в явлениях жизни по-новому подой-

¹ Опубликовано в: Изв. АН СССР. ОМОН. Сер. геол. 1938. Т. 18, № 1. С. 19-34. Печатается по изданию: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

ти к ряду основных проблем жизни, с одной стороны, а с другой — связать биологические явления с науками об атомах, с той областью знания, которая отличает нашу эпоху от всех ей предшествующих. В этом основном отличии биогеохимии от других биологических наук лежит ее значение и ее интерес для биолога.

Мы можем сейчас определенно утверждать, что биогеохимия проникает до атомных свойств, а не только до свойств химических элементов, ибо можно изучать различное отражение жизни на разных атомах одного и того же химического элемента, разное ее отношение к его *изотопам*. Уже при первом охвате биогеохимических явлений можно было поставить эту проблему в таком аспекте, как возможную. Это было сделано мной, исходя из эмпирического обобщения научных фактов в нашей Академии наук в 1926 г., двенадцать лет тому назад, и проблема эта была тогда же включена в план нашей лаборатории. Теперь можно ставить эту задачу точнее и увереннее, ибо для водорода и для калия различие их изотопов в биохимических процессах можно считать установленным.

До сих пор изотопы в земной коре отличались в своих эффектах в радиохимических процессах — так была поставлена эта проблема и для жизни, для калия, физиологами Цвардемаакером в Голландии и Стоклаза в Чехословакии. Новые работы Брюера в Вашингтоне в 1936 г. доказали, что радиохимические процессы здесь ни при чем, так как оба изотопа калия (веса 39 и веса 41), отношение между количествами которых меняется жизненным процессом, не радиоактивны.

Поставленная нами в 1926 г. проблема никогда не сходила с поля зрения лаборатории, но обстоятельства не позволяли развернуть ее настоящим образом. В 1931 г. работы В.Г. Хлопина и М.А. Хлопиной-Пасвик доказали для зерен гороха, что в пределах точности химического определения атомного веса атомный вес калия из гороха остается неизменным, но они же отметили, что это не решает вопроса, так как отклонения могут быть меньшего порядка, не открываемые этой методикой.

Еще раньше в лаборатории была сделана попытка перейти к более чувствительной методике, но начавшаяся было постройка прибора Демпстера девять лет назад оказалась тогда для лаборатории непосильной. С переездом в Москву наше положение изменилось к лучшему, и открытие Брюера, применявшего улучшенный масс-спектрограф Демпстера, застало нас уже в работе над постройкой масс-спектрографов этой же и другой системы (Д.Д. Томсона) и над установкой определения изотопов сверхтонкой спектрографией атомов. Я надеюсь, что в ближайшие годы мы сможем двинуть эту проблему серьезно в достаточном охвате.

Вместе с тем через посредство моего сына, проф. Йельского университета в Нью-Хэйвене Г.В. Вернадского, мы получили сейчас нужный материал для проверки чисел Брюера, материал из тех же водорослей, гигантских водорослей *Mastocystis* из Тихого океана, над которыми работал Брюер, и выделяем теперь из него калий, который должен быть изменен жизненным процессом.

Я надеюсь иметь возможность в текущем же академическом году доложить результаты этой работы.

Общий вопрос стоит перед нами: является ли изменение атомного веса химического элемента жизненным процессом — уделом немногих химических

элементов, каковы водород и калий, или это является общим явлением для всех организмов и для всех химических элементов? Не видим ли мы в этом биогенном изменении атомного веса одно из многих проявлений резкого материально-энергетического отличия живого и косного, которые выявляются во всех биогеохимических проблемах? К этому я еще ниже вернусь.

Решить это можно только опытом. Точно так же только опыт покажет, какую роль играет жизнь в тех колебаниях атомного веса химических элементов, которые только начинают выясняться в геохимических процессах земной коры и которые оставались до сих пор без внимания.

Это изучение, поскольку изменение атомного веса не связано с жизнью, не может являться нашей задачей. Это дело геохимиков. Лаборатория ограничивается изучением биогенного изменения атомного веса; на очереди стоят H, K, Mg, Fe, Zn.

Но мы не можем оставаться безучастными и к другой физиологической стороне этой проблемы в тех случаях, когда ее возможно ставить, к вопросу о механизме воздействия организмов на изотопические смеси элементов. Сами этим заниматься мы не можем. Но раз по отношению к калию лаборатория будет иметь в своем распоряжении биогенный калий с другим атомным весом, то необходимо поставить изучение его жизненных свойств.

Важно выяснить физиологическую сторону явления и для растений и для животных. Мы надеемся для растений и микробов на помощь лаборатории Д.Н. Прянишникова; ведутся переговоры о совместной работе для животных с лабораторией акад. А.В. Палладина при Украинской Академии наук в Киеве. Материал биогенно измененного калия должен быть у нас до конца использован.

2

Огромная часть нашей работы связана с изучением не самих атомов, а химических элементов — изотопических смесей. В чисто химических процессах все изотопы одного и того же элемента проявляются одинаково. Поэтому, пока мы остаемся в области чисто химических процессов, можно химический элемент отождествлять, как это имеет место в периодической системе элементов, с атомом. На этом зиждется вся химия.

Исходя из этого общего положения, можно было установить работами нашей лаборатории, что атомный состав организмов является для растений и животных столь же характерным для них признаком, как их морфологическая форма или физиологическая структура, как их облик и внутреннее строение. Надо отметить, что элементарный химический состав живого организма одного и того же вида, взятый в разное время (в разные годы, в разных местах, например в Киеве или в Ленинграде), колеблется меньше, чем природная изоморфная смесь минералов, легко выражаемая стехиометрическими формулами. Состав разных видов рясок или насекомых более постоянен, чем состав ортоклазов или эпидотов из разных месторождений. Для организмов есть узкие пределы колебаний состава, но нет стехиометрических простых для них отношений. Организм не относится к химической среде пассив-

но; он активно создает свой атомный состав, стремится выбрать, сознательно или бессознательно, нужные ему для жизни химические элементы, но так как жизнь представляет поле динамических равновесий, то он отражает в себе — одинаково и в своем составе, и в своей форме — химико-физические разные свойства среды. Но эти колебания не меняют среднего мало изменяющегося их выражения.

Вид, установленный биологами, может быть характеризуем в весовых или атомных процессах столь же точно, как он может быть характеризован морфологическими признаками; он так же в определенных пределах колебаний может характеризовать однородное живое вещество — совокупность организмов одного и того же вида, расы, жорданона, как его характеризуют морфологические признаки. В средних числах количества атомов — химических элементов, — входящие в состав живого организма, столь же постоянны и для него характерны, как его формы, размеры, веса и т.п. Возможно, что в числовых соотношениях так выраженных живых существ найдутся такие же гармонические сочетания, которые так резко проявляются в красочности живой природы. Они должны проявиться, вероятно, в гармонических соотношениях чисел в ее естественных телах — в живых организмах, подобно тому как числовые отношения количественно гармонично проявляются в естественных телах косной природы — в кристаллах и в минералах. Выяснить это — дело ближайшего будущего.

Наибольшая часть персонала лаборатории работает над этой проблемой элементарного химического состава организма. Я уже делал в Академии доклады об этой стороне работы лаборатории, идущей под руководством А.П. Виноградова. В V томе наших трудов, который сдается в печать в 1937 г., помещены новые числа — результат 8-летней работы.

Можно считать, что во всех до сих пор изученных случаях мы встречаем подтверждение основного принципа в биогеохимии, что числовые биогеохимические признаки являются видовыми, расовыми, родовыми признаками живых организмов. Пока, конечно, можно было это точно установить для десятков видов растений и насекомых. Но ясно уже, что это — общее явление. Соотношения не такие простые, как можно было думать. Очевидно, возникают вопросы, требующие биологического анализа. Я не буду, однако, сейчас на этой работе останавливаться, так как думаю, что сознание ее биологического значения сейчас не возбуждает сомнений для широких кругов натуралистов.

Надо только расширять и уточнять работу лаборатории. Мы захватили точной методикой сперва 18 химических элементов, сейчас мы можем количественно точно исследовать больше 60, а должны захватить все 92, если не больше. Ибо все яснее становится, что *живое вещество охватывает и регулирует в области биосферы все или почти все* химические элементы. Они все нужны для жизни и все попадают в состав организма *не случайно*. Нет особых, жизни свойственных элементов. Есть господствующие. Взятая же как целое жизнь охватывает всю систему земных элементов, вероятно оставляя в стороне лишь немногие, как, например, обычные изотопы тория, но, может быть, в разных изотопах захватывая их все. *Жизнь есть планетное явление* и определяет основным образом химизм,

миграцию химических элементов верхней земной оболочки — биосферы, *миграцию всех химических элементов*. Количественное изучение такой миграции есть основная задача лаборатории.

3

Вот на этом планетном характере жизни, поскольку мы его кладем в основу научной работы лаборатории, я и хочу остановить на возможно короткое время ваше внимание.

Следующие общие положения, основанные на всей большой совокупности эмпирических точно установленных научных фактов, должны быть приняты за исходные.

1. Область жизни — *биосфера* не является для жизни бесструктурной, случайной земной поверхностью. Она не является ликом планеты, на которой возникла жизнь, по Э. Зюссу, или космической средой жизни, по Кл. Бернару. Биосфера не только лик земли и не космическая среда. Это *земная оболочка* точно определенного состава и строения, определяющих и обуславливающих все происходящие в ней явления, в том числе и явления жизни, морфологически отличная, но тесно связанная со *строением планеты*.

Ряд характернейших и основных геологических явлений устанавливает такой характер биосферы с несомненностью. Ее химический состав, так же как и все остальные черты ее строения, не случаен и теснейшим образом связан со строением и временем планеты и обуславливает наблюдаемую форму жизни.

Биосфера не является аморфной природой, бесструктурной частью пространства — времени, в которой изучаются и выявляются независимые от нее биологические явления; она обладает определенной, закономерно меняющейся во времени структурой, которая должна учитываться при всех научных выводах — учитываться в логике естествознания прежде всего, чего, как это ни удивительно, до сих пор не делается. «Природа» натуралиста есть только биосфера. Это нечто очень определенное и отграниченное.

Если называть эту структуру механизмом, то это был бы особый, очень своеобразный механизм — непрерывно меняющееся равновесие, динамическое равновесие, никогда не приходящее к точно тождественному в прошлом или будущем состоянию. В каждый момент времени — прошлого и будущего — равновесие иное, но близкое. Оно содержит столько компонентов, столько параметров, столько независимых переменных, что строго точное возвращение какого-нибудь состояния в прежнем виде немислимо.

Можно дать о нем понятие, сравнивая его с динамическим равновесием самого живого организма. В этом смысле удобно говорить об *организованности*, а не о механизме биосферы.

Биосфера может быть количественно точно выражена в атомах; она, как и живые организмы, имеет определенные границы, обусловленные, по-видимому, отсутствием условий существования жидкой фазы воды. Она простирается вверх

до границ стратосферы, примерно на 20 км от уровня геоида, где вода во всех видах практически, а может быть и вообще, отсутствует, и вниз до 3-4 км под сушей, где прекращается жидкая фаза воды и начинает господствовать ее газовая фаза. В подземной ее области быстро начинает господствовать анаэробная жизнь. Под дном океана она, по-видимому, не идет глубоко. Но здесь наши знания ничтожны. Надо ждать фактов. Латентные формы жизни — в рассеянном инертном состоянии идут далеко за пределы биосферы вниз и вверх.

Химический состав биосферы резко отличен от химического состава земной коры, но он нам неизвестен со сколько-нибудь достаточной точностью.

Кларки биосферы другие, чем кларки земной коры. Их точное определение необходимо для ряда проблем, имеющих как научное, так и чисто практическое значение, которое далеко выходит за пределы проблем нашей лаборатории. Для их определения необходима совместная работа ее с другими научными учреждениями. Мы ставим сейчас как общую совместную задачу для ряда научных учреждений нашей страны создание в течение ближайших лет *таблицы кларков биосферы*.

Таблица кларков биосферы должна создать прочную опору для всей работы нашей лаборатории. Она же не менее необходима и для научно правильной постановки *учения о полезных ископаемых*.

Лаборатория входит в переговоры о совместном решении этой проблемы, беря часть работы на себя, с Ломоносовским, Геологическим, Петрографическим, Почвенным институтами Академии наук, Океанографическим институтом рыбного хозяйства, с Главной геофизической обсерваторией, с Радиевым институтом. Надеюсь, в ближайшее время состоится первое совещание в Академии.

2. Жизнь непрерывно и неизменно неразрывно связана с биосферой. Она от нее материально-энергетически неотделима. Живые организмы связаны с биосферой своим питанием, дыханием, размножением, метаболизмом. Можно количественно точно и полно выразить эту связь миграцией атомов из биосферы в живой организм и обратно — биогенной миграцией атомов. Чем энергичнее идет биогенная миграция атомов, тем жизнь интенсивнее. Она замирает или еле теплится в латентных фазах жизни, значение которых в организованности биосферы еще неясно, но не должно быть упускаемо из виду.

Биогенная миграция атомов охватывает всю биосферу и является основным, характерным для нее природным явлением.

В аспекте исторического времени — в пределах декамириады — ста тысяч лет — нет в биосфере природного явления геологически более мощного, чем жизнь.

3. В веществе и в энергетическом разрезе биосферы надо резко отличать три формы строящего ее вещества: 1) *вещество косное*, создаваемое вне прямого участия жизни, 2) *вещество биогенное*, какими являются, например, угли, нефти, большинство известняков и т.д., и, наконец, 3) *вещество живое* — совокупность рассеянных и отдельных живых организмов.

Преобладающая масса, весь остов биосферы, состоит из косного вещества, в котором по весу и по числу атомов силикаты, алюмосиликаты и их аналоги резко

преобладают. Они составляют *остов биосферы*. Масса биогенного вещества для биосферы составляет несколько процентов — много больше десятка, вероятно, больше двух-трех десятков процентов по весу.

Мы возвращаемся здесь к совершенно другой научной обстановке — к натурфи-лософской идее Ламарка о материальном планетном значении жизни. Допуская биогенное создание того проявления материи, которую мы называем теперь химическими элементами, Ламарк считал, что самое вещество нашей планеты создано жизнью. Мы должны — это забывают — учитывать это, говоря о представлениях Ламарка, об эволюционном процессе жизни. В его натурфило-софских представлениях было для биосферы, а не для планеты большое зерно научно-точного понимания, охваченное и скрытое, однако, в неясной философской интуиции, в ее тумане.

Живое вещество, в данный момент времени существующее в биосфере, едва ли превысит при весовом количественном учете биосферы *несколько десятых долей процента по массе*. При составлении кларков биосферы пересчет массы живого вещества и критическая оценка его явятся задачей нашей лаборатории.

Основное геологическое значение этих кажущихся малыми в биосфере масс вещества, охваченного жизнью, связано с их исключительно мощной энергетической емкостью.

Это не имеющее ничего ему равного в веществе планеты — не только в данный момент времени, но и в аспекте геологического времени — свойство живого вещества совершенно выделяет его от всякого другого земного вещества и заставляет резко отличать живое вещество от косного вещества планеты, тем более что все живое получается из живого же. Связь между ним и косным веществом биосферы, непрерывная и материальная в течение геологического времени — порядка миллиардов лет, поддерживается исключительно биогенной миграцией атомов. Абиогенез неизвестен ни в какой форме его проявления. Практически натуралист не может не считаться в своей работе (даже если он с этим не мирится, исходя из своих религиозных или философски-религиозных посылок) с этим эмпирическим и столь точным выводом из научного наблюдения природы.

В научной работе натуралиста, наблюдателя живой окружающей его природы — биосферы — никогда не возникает сомнения, имеет ли он дело с живым или косным естественным телом. Резкое и коренное материально-энергетическое их различие, можно сказать, пропасть, их разделяющая, бросается в глаза.

Мне кажется, впервые в истории научной мысли в фильтрующихся вирусах мы сейчас столкнулись, однако, с явлением, где мы не можем точно — и, несомненно, пока — решить сразу, имеем ли мы дело с проявлениями здесь живой или косной природы, живого или косного вещества.

Ближайшее будущее решит этот вопрос. В этом глубокий научный и философский интерес той научной работы, которая сейчас в этой области происходит. Но то или иное ее решение не изменит картины природы, которая открывается перед нами в области геохимии и биогеохимии, как открытие распада атомов, непостоянства их веса не колеблет законов химии.

4

На существовании такой структуры биосферы — непроходимой, резкой материально-энергетической грани между живым и косным ее веществом — строится вся работа лаборатории.

Необходимо на этом остановиться, так как, мне кажется, в этом вопросе существует неясность мысли, которая мешает научной работе.

Мы не выходим здесь из точного эмпирического наблюдения, выводы из которого для ученого, да и для всех, *обязательны* и на котором он не только может, но и должен строить свою работу. Они могут, может быть, объясняться различно, но в форме здесь высказываемого эмпирического обобщения они должны в науке учитываться, ибо эмпирическое обобщение не есть ни научная теория, ни научная гипотеза, ни рабочая гипотеза. Это обобщенное выражение научно установленных фактов, логически столь же обязательно, как сами научные факты, если оно логически правильно формулировано.

Резкое материально-энергетическое отличие живых организмов в биосфере — живого вещества биосферы — от всего другого вещества биосферы проникает всю область явлений, изучаемых в биогеохимии.

Возможно, это подлежит проверке и изучению, но это изучение не может быть нами отброшено, так как оно вытекает из всей совокупности биогеохимических фактов, что среди характерных и свойственных только живым телам явлений, резко отличающих их от тел мертвых, есть одно, которое выделяется по своей глубине и по значению (и по своей малой изученности) и которое в дальнейшем может в работе нашей лаборатории занять особое, господствующее положение, но к которому мы сейчас можем только подходить.

Это — явление, открытое больше 70 лет тому назад Л. Пастером, имевшим предшественников, например Бешана, и неудачно названное им диссимметрией. Пастер был первым, кто понял и выразил его основное значение. Он его резко оттенил, но другие проблемы отвлекли его от работы в этой области. Лет через 20 после к ним подошел П. Кюри, который погиб, не только не успев обработать свои в этой области достижения, но даже не успев их окончательно сформулировать.

Он в последних своих изысканиях определил эти явления, мне кажется, глубже, чем Пастер, указав и логически ошибки Пастера. Кюри указал на связь диссимметрии с термодинамическим и биохимическим полями жизни, с *объемом организма*, с занятым им пространством, он указал на особое, *диссимметрическое состояние* этого пространства, состояние пространства в биосфере, свойственное *только живым существам*.

Проявлением диссимметрии Пастера и особого состояния пространства жизни Кюри является и давно — тысячелетия — всем известное в нашем быту явление, только начинающее охватываться научной мыслью, явление *правизны и левизны*. Оно состояло до сих пор вне логического, математического и философского анализа, хотя явно связано с глубочайшими научными проблемами.

В этом отношении оно разделяло и разделяет участь и того основного охвата реальности, которое отвечает учению о *симметрии* в рамках которого шла мысль и Пастера и Кюри. Экспериментаторы — физики и химики — только на наших глазах начинают сознавать значение учения о симметрии.

Этой недостаточной логической, математической и философской обработкой и явлений симметрии, и явлений правизны — левизны (диссимметрии) чрезвычайно затрудняется наша работа. Но в резком отличии — материально-энергетическом — в биосфере живого вещества от вещества мертвого или косного явления правизны и левизны занимают такое значительное место, может быть основное, что в биохимии мы не можем, несмотря на это, их обойти и оставить в стороне.

В явлениях, подчиненных законам симметрии, диссимметрия выражается неравенством количественных и физико-химических проявлений правизны и левизны, причем в таких явлениях *процессы необратимы*, так как диссимметрическое пространство характеризуется полярными векторами. Ими будет выражаться и время. *Полярный вектор времени как раз характеризует необратимость процесса во времени*. В косной природе, в ее естественных телах — в кристаллах природных и искусственных — неравенства правых и левых явлений нет. В кристаллах, выделяемых в жизненных процессах, оно выражено резко.

В физико-химических равновесиях наших лабораторий и в тех природных, где жизнь отсутствует, правые и левые химически подобные компоненты действуют одинаково; как и следует из законов симметрии, они химически идентичны. В биохимических процессах, идущих, например, в протоплазме, неравенство правого и левого компонента одного и того же рацемического соединения выражается резко и может быть количественно и качественно прослежено до конца. Здесь начата уже в связи с нашей лабораторией работа Г.Ф. Гаузе.

Изучение диссимметрии в проблематике нашей лаборатории стоит у нас на очереди, но мы сможем к нему приступить только в будущем году.

Однако нельзя закрывать глаза на то, что, может быть, прав был Пастер, который видел в изучении этих явлений путь для решения важнейших биологических проблем; в них он искал возможности искусственного создания жизни.

Несомненно одно. Анализ даже современных, столь неполных и несовершенных наших знаний показывает, что к диссимметрии приводят, с ней связаны некоторые из основных отличий живого от мертвого, некоторые основные выявления жизни в биосфере. Чем больше углубляется наша работа, тем больше перед нами это выявляется.

Уже для Пастера было ясно, что диссимметрия может происходить в своих проявлениях только от причины, обладающей такой же диссимметрией, но логически глубоко это вывел Пьер Кюри, и можно выразить этот вывод как особый *логический принцип*, определяющий существование жизни в биосфере. Можно назвать его принципом *Пастера—Кюри: диссимметрическое явление вызывается только такой же диссимметрической причиной*.

Отсюда логически следует, что живое в биосфере будет всегда происходить только от живого; из диссимметрии может быть, таким образом, логически вы-

ведено то великое эмпирическое обобщение 1668 г., которое было мною названо принципом Реди, его впервые выявившего: все живое рождается от живого. Из диссимметрии логически вытекает и другое важное явление, а именно то, что динамическое равновесие, связанное с жизнью, не может быть *и в своих физико-химических следствиях сведено на обратимые процессы*, так как вектор в диссимметрическом состоянии пространства всегда полярен.

Логически может быть выявлен и третий вывод, характерный для явлений жизни в биосфере, — вывод, что в ограниченной определенной области, резко отделенной от остальной части планеты, в особой земной оболочке, которой является биосфера, характеризующаяся необратимыми процессами, жизнь будет увеличивать, а не уменьшать с ходом времени свободную энергию этой оболочки.

5

Я не буду здесь останавливаться на дальнейшем анализе понятия и значения диссимметрии. Я хотел только обратить внимание наших научных работников на огромное значение явлений диссимметрии, так мало охваченных научной мыслью. Наша лаборатория вступит на путь изучения этих явлений неизбежно, и я уверен, что мне будут даны для этого материальные возможности.

Но это большая и трудная задача; недаром она в течение уже двух или трех поколений не сдвигается с места. Она требует совместной работы различных специалистов — физика, биолога, биофизика, физико-химика, математика. Она должна быть поставлена в *аспекте геологическом*.

Мне кажется, не будет с моей стороны злоупотребления вашим временем, если я с этой же целью — обратить внимание на заброшенную область знания величайшей, по-моему, важности — вкратцеведу те, как мы сейчас увидим, огромной важности материально-энергетические явления, которые резко и бесповоротно в биосфере в течение геологически длительного времени — не меньше двух-трех миллиардов лет — отличают живое вещество биосферы от ее лишенной жизни материи. *Связь между ними существует только в форме биогенной миграции атомов.*

Это:

1. Особое физико-геометрическое состояние пространства, занятого живым организмом (диссимметрия Пастера)¹.

2. Связанный с этим абиогенез — живой организм происходит в биосфере только из живого организма.

3. Связанная с этим необратимость явлений жизни.

4. Связанное с этим в пределах биосферы — в результате жизненного процесса накопление свободной энергии. Биосфера в ходе геологического и исторического времени становится все активнее. (Я вернусь к этому явлению в другой раз.)

5. Заселение биосферы жизнью совершается путем размножения, проявляющего давление на окружающую среду и регулирующего *биогенную миграцию*

¹ Изменено при публикации в феврале 1938 г. доклада, прочитанного в декабре 1936 г.

атомов. Его нет в мертвом веществе. Размножением создается в биосфере накопление свободной энергии, которую можно назвать *биогеохимической энергией*. Она может быть точно измерена.

В лаборатории мы не приступали систематически к работе над биогеохимической энергией, так как ясно, что эта проблема является более биологической, чем химической. Она требует особой научной организации, так как огромный биологический материал, к ней относящийся, не систематизирован и не собран, разбросан, теряется и целесообразно не собирается. Прежде всего должно быть приведено в доступную для научной работы форму уже известное. Должна быть предварительно создана возможно полная, непрерывно действующая картотека *по размножению организмов и заселению ими биосферы*. Обе проблемы неотделимы.

Они должны заключить все имеющиеся, точно установленные количественные данные, необходимые для вывода констант биогеохимической энергии. Лаборатория незадолго до переезда в Москву подходила к организации такой картотеки в Ленинграде. Сейчас мы ведем переговоры с биологами в Москве о ее создании здесь в связи с лабораторией, но от нее отдельно. Она должна обслуживать нас и биологов.

6. Теоретически можно вывести характерную и постоянную для каждого вида организма *скорость заселения им биосферы* (величина v). Эта скорость имеет пределы, которые количественно обуславливаются: 1) размерами биосферы, т.е. в конце концов *планеты*, 2) минимальными размерами организмов, связанными с *лошмидовским числом*, ограничивающим число организмов, могущих при наличии их дыхания находиться в кубическом сантиметре пространства.

7. Скорость заселения и размножения обратно пропорциональна величине организмов (обобщение А. Свиедцекого, 1794). Она достигает *максимальной, предельной в биосфере возможной величины*. Но жизнь обладает удивительной приспособляемостью, и могут существовать *формы жизни взрывчатого характера*, большую часть своего существования находящиеся в латентном состоянии. Эти формы по величине биогеохимической энергии превосходят величину v , *известную для обычных проявлений жизни*.

Вся биосфера охвачена жизнью, захватывающей все ее пространство. Заселение биосферы жизнью имеет полную аналогию с распространением газа в ограниченном пространстве. *Жизнь, как и газ, выявляет давление в среде, куда она проникает*.

8. Каждый живой организм обладает известной автаркией, *он сам активно избирает из окружающей среды нужные ему химические элементы*, может быть, атомы. Это биогеохимическая и биохимическая, но не чисто химическая реакция.

9. Можно отметить многочисленные другие резко выраженные отличия живого вещества от косной материи биосферы. Я не могу на них останавливаться, но об одном все же скажу несколько слов, так как оно касается области явлений, недостаточно останавливающих на себе внимание натуралистов. Существует резкая разница в *темпе биогенной миграции химических элементов* по сравнению с миграцией элементов остова биосферы. Биогенная миграция резко выявляется в *исторически длительном времени*; она происходит в предельных случаях с быстротой порядка

скорости звука — максимального возможного движения в материальной среде, не связанного с разрушением, с постоянной деформацией самой среды.

Миграция химических элементов в косной среде идет с исключительной медлительностью, она, как общее правило, выявляется только в длительности геологического времени, для которого относительное дление ста тысяч лет — одной декамириады — много меньше длениа секунды в рамках исторического времени. В ряде случаев для главной массы биосферы, не затронутой жизнью, атомы недвижны в своем положении сотни миллионов, вероятно до двух-трех миллиардов, лет. Прямое сравнение состава природных объектов — живых и косных естественных тел — не может быть сделано без поправки на *скорость заселения*, на их биогеохимическую энергию. В пространстве, времени, в объеме, занятом живым организмом, не только *пространство* находится в особом диссимметрическом состоянии, но и *время* иначе проявляется, чем время биосферы.

В длении геологического времени биосферы жизнь выражается эволюционным процессом.

6

Особое внимание приходится посвящать нахождению в живых организмах *радиоактивных элементов*. Работа над ними ведется у нас с основания лаборатории. Установлено постоянное содержание в живых организмах сперва радия, затем его изотопа, мезотория первого. Выяснено, что эти элементы так же характерны — в своем количестве — для каждого морфологически физиологического выражения живого вещества, для каждого таксономического его выражения, как и другие элементы. Это, конечно, совершенно понятно и не могло возбуждать сомнений, но в данном случае — избирательной концентрации живыми организмами радиоактивных элементов, центров излучения огромной действенной энергии — исследование это получает особое значение.

Очевидно, выбирая радиоактивные элементы, организмы используют их энергию. Для понимания глубины связи явлений жизни со строением биосферы, мне кажется, достаточно одного этого факта.

Работа лаборатории идет здесь, с одной стороны, в накоплении количественно выраженных фактов, а затем — в расширении охвата радиоактивных элементов.

Лаборатория доказала концентрацию организмами не только радия, но и его изотопа, мезотория первого. Сейчас проф. В.И. Барановым в течение года уже ведется работа над нахождением *актиния* — область, совершенно не тронутая экспериментом и исключительно трудная.

Выявилось в работе сотрудников лаборатории, исходя из теоретически мной выведенных соображений, отсутствие в ряках *обыкновенного тория* (с точностью до 1 %), причем другой изотоп тория — радиоторий неизбежно входит в организм как продукт распада мезотория первого.

Это явление дало возможность наработать новую методику определения *урана*. Вопрос об уране и о его нахождении в организмах — о количественном его учете — сейчас входит в план работы лаборатории.

Оказалась возможность идти глубже и поставить по методике В.И. Баранова вопрос о *месте концентрации* отдельных радиоактивных атомов в живом организме, в клетках и в связи с морфологией клетки.

Работа должна дать ясную картину не только концентрации радиоактивных элементов, но и количественного учета получаемой данным живым организмом тепловой энергии и характера ее использования в связи с его биологической характеристикой.

Уже получаемые результаты ясно указывают на правильность пути, нами избранного. Сейчас технические трудности замедляют нашу работу уже целый год, но это временная задержка.

7

Среди отдельных более частных работ лаборатории я считаю необходимым отметить еще одну — о *биогеохимической роли* кремния и алюминия. Дело в том, что в до сих пор собранном научном материале не было никаких точных данных для выявления того биогеохимического процесса, которым собираются огромные массы биогенных кремниевых и, по-видимому, алюминиевых минералов. Мы только знаем, что как и сейчас, так и в прошлые геологические эпохи существуют и существовали кремниевые и богатые кремнием и алюминиевые и богатые алюминием организмы.

Биогенная миграция этих элементов явно имеет исключительное значение, ибо эти два элемента преобладают в биосфере. Ход их миграции, можно сказать, только намечен.

Ввиду особого значения этих процессов, так как они должны играть в биосфере исключительную роль, я после ряда напрасных попыток вызвать их исследование в другом месте организовал изучение одной из проблем в нашей лаборатории — разложение каолиновых глин, каолинового комплекса, диатомовыми и бактериями. Работы успешно ведутся уже год А.П. Виноградовым и Е.А. Бойченко.

По-видимому, выветривание алюмосиликатов в природе — в почвах и в илах — связано с одноклеточными растительными организмами и является частью огромного процесса, имеющего первостепенное значение для растительного покрова суши и для геохимии моря, где свободный алюминий, получающийся при биогенном распадении алюмокремневого комплекса, собирается в водорослях бентоса и где биогенные гидраты окиси алюминия должны скопляться.

В последнее время все больше накапливается фактов, которые вскрывают большую роль алюмокремневых комплексов — свободных алюмокремневых кислот и оксикислот — в почвах и в питании растений. Многое указывает, что эти тела образуются биогенно в почвах же, что составляет характерную черту организованности биосферы.

Расширить эту работу в нашей лаборатории я не имею возможности. Дело почвоведов или геохимиков выявить ее до конца¹.

Мне кажется, она сейчас стоит на очереди дня, особенно в почвоведении. Рано или поздно, но, думаю, к ней придется приступить вплотную.

¹ Нам удалось в 1937 г. поставить при содействии Института удобрений выяснение биогенного образования глин, процесс которого, по-видимому, идет в почвах.

8

Живое вещество, изучение биогенных миграций атомов которого является основной задачей биогеохимии, несмотря на всю свою ничтожную массу по сравнению с биосферой — массу порядка десятых долей процента, в сущности, определяет всю химическую структуру биосферы. В конце концов оно приводит к созданию значительной части вещества биосферы; точнее мы не знаем какую, но, по-видимому, много больше одной четверти ее массы. В этой биогенной массе мы видим резкие отличия от остального косного вещества биосферы.

Надо различать здесь две формы биогенного вещества, во-первых, те, которые являются окончательным продуктом распада живого вещества, распада его до простых основных соединений. Сюда принадлежат продукты дыхания и биогенного распада — CO_2 , H_2 , CH_4 , N_2 , H_2O , H_2S . Живое вещество путем сложного процесса перерабатывается в конечные продукты простого состава, каковы указанные газы, или в твердые и остатки скелетов — опалы, карбонаты, железные руды, фосфориты. Они не всегда несут на себе ясные следы биогенного происхождения. Это возврат к неорганическим косным телам, частью исходным для живого вещества, — завершение цикла. Характерно, что коллоидные газы земли, с которыми мы вообще встречаемся в *биосфере* как с вадозными продуктами, *те же*, которые указанным путем создаются процессами жизни. Прямые наблюдения и расчеты показывают, что атмосфера нашей планеты — газообразная часть биосферы — есть в подавляющей своей части продукт жизни. Можно говорить о *биогенном происхождении тропосферы* — для O_2 , H_2O , N_2 , CO_2 . Но весь режим газов биосферы, ее подземных атмосфер, где CO_2 , H_2O , углеводороды играют выдающуюся роль, генетически во всей биосфере связан с жизнью.

От этих биогенных минералов — газов и остова скелетов должны быть отделены те продукты умирания, ухода жизни, которые являются в твердом или жидком состоянии, те нефти, угли, асфальты, гумусы, которые играют такую огромную роль в культуре и из которых в значительной мере вырабатывается *новая форма биогенной миграции элементов — создаваемая человеческой техникой*. Техника действует в том же направлении, переводя эти продукты жизни — биохимических и биогеохимических реакций — в более простые соединения, в конце концов в газы и косные остатки, *частью создавая новые промежуточные формы материи*. Законы технической биогенной миграции элементов деятельности *Homo sapiens* те же, что и для других форм биогенной миграции.

Органические биогенные минералы резко отличаются от минералов, составляющих косный остов биосферы. Мы всегда можем убедиться в *их особом состоянии* и всегда можем отличить их от других минералов биосферы. Они имеют такие черты, которые отличают их от другой мертвой материи биосферы, которая, может быть, могла в некоторой своей части никогда не быть живой. Они *были* живыми, и это отразилось на их материальном составе и в определенных биогеохимических проявлениях — в их составе прежде всего.

Состав живых организмов в связи с огромным темпом биогенной миграции резко отличается от состава естественных продуктов остова биосферы. Они отличаются *количеством строящих их соединений*, исчисляемых сотнями тысяч, вернее, многими *миллионами*. Одно количество видов насекомых близко, вероятно, к 10 млн, из которых известны сейчас около 800 тыс. Во всяком виде есть множество своих собственных химических соединений. Это разнообразие химических структур есть проявление особой биохимической и биогеохимической энергии живого организма, биогенной миграции его атомов в биосфере, идущей в кадрах исторического времени — в секундах. Для минералов, оставляя в стороне минералы углерода, правильно выделенные Харичковым в особую группу — минералогию углерода, но, учитывая природные воды, в значительной мере создаваемые жизнью, мы не можем ожидать больше 4-5 тыс. видов. Это число увеличится, если мы примем во внимание углеродистые мертвые остатки организмов. Смерть сразу прерывает создание бесчисленного ряда химических соединений. И все углеродистые органогенные минералы при полной их расшифровке должны превысить, может быть даже в несколько раз, все другие минералы — естественные тела косной материи.

Для нас в настоящий момент истории биологических наук важнее другое их свойство — проявление в них диссимметрии, нахождение в них следа былой жизни в виде проявления в них неравенства *правых и левых явлений*. Так, нефти содержат в подавляющем большинстве правые изомеры — их смесь, отделенную жизненным процессом от их левых изомеров. То же мы наблюдаем и в гумусах, в торфах, в углях. Методика, предложенная проф. Л. Руайе (Алжир), позволяет это констатировать не вращением плоскости поляризации света, как это делается для нефти, а *вращением фигур вытравления кристаллов*. И здесь, по-видимому, преобладает правое вращение. Работа над этим в ориентировочном порядке ставилась было в нашей лаборатории, но на этот год мы ее отложили. Однако к ней мы вернемся при ближайшей возможности, ибо с ней связаны вопросы, основные для биогеохимии углерода. Вероятно, все атомы углерода, находящиеся в биосфере, прошли в течение земного гео-логического времени, миллиардов лет существования биосферы, через живое вещество.

Однако для асфальтов вопрос еще не может считаться решенным. Связь некоторых из них с V и Hg требует исследования. Задача может быть решена путем фигур вытравления.

Я старался в этом докладе сделать ясным значение и интерес того нового пути, который привел к созданию Биогеохимической лаборатории.

Я глубоко убежден, что в этой области перед нами открывается путь исследования, даже основных следствий которого мы сейчас не можем предвидеть. Многие проблемы в биогеохимии, поднятые за последние годы, уже обратили на себя внимание, и основа нашего знания — новый фактический материал быстро накапливается работой, которая сейчас идет уже не только в нашей стране.

О ПРАВИЗНЕ И ЛЕВИЗНЕ¹

1. Одним из самых глубоких явлений, чрезвычайно мало разработанных как в философской и в математической; так и в естественноисторической мысли, является вопрос о правизне и левизне.

Проявления правизны и левизны в природе и в окружающей нас жизни обыденны и входят в область здравого смысла. В научную мысль они проникли явно только к концу XVIII—началу XIX века, сперва в биологии (главным образом в конхиологии), потом в кристаллографии, в это время научно слагавшихся. Они обратили внимание и отдельных философов — Канта, в частности. Позже всего, в XIX—XX веке они начали входить в математическую мысль, хотя в действительности наиболее глубоким и ярким их проявлением является геометрическая область познания.

Мне кажется, сейчас настало время, когда эта область явлений вырисовывается для нас с неожиданной для прошлого науки глубиной и общностью.

2. С половины XIX века, почти до конца его, Л. Пастер (1822—1895) был почти одиноким мыслителем, который понял космическое ее значение и основное проявление правизны-левизны в живых организмах, в строении химических соединений протоплазмы.

В конце века в 1894 г. П. Кюри (1859—1906) подошел к этому вопросу по-новому. Пастер поставил его — он был тогда (1840—1860) — далек от биологии, был химиком и кристаллографом, — как *диссимметрию кристаллов*, как коренное нарушение их симметрии живыми организмами. Кюри расширил понятие диссимметрии, перенес его в область физики — физических полей. Открытие радиоактивности и интенсивная напряженная творчески-пионерская работа Кюри в этой новой области явлений, изменившей ход цивилизации, остановила его работу о диссимметрии. Когда в 1905 г. он вернулся к ней, он мыслил уже о *состояниях пространства*, Заменяя этим словом — новым понятием — понятие о диссимметрии. Внезапная смерть 19 апреля 1906 г. прервала эту работу, и никто не поднял выпавшую из его рук нить. Кюри, говоря о состояниях пространства, резко и определенно передвинул всю проблему, поставленную Пастером, в другую плоскость: из проблемы кристаллографической вглубь основных геометрических представлений.

¹ Из доклада в Обществе испытателей природы в Москве 25 окт. 1938 г. Опубликовано: *В.И. Вернадский. Проблемы биогеохимии. IV. О правизне и левизне.* — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1940. — 16 с. — *Ред.*

Это стало известным в 1924 году¹.

3. Во втором выпуске «Проблем биогеохимии» я ставлю на обсуждение научную гипотезу, что своеобразие правизны-левизны в организмах более глубоко, чем физико-химические их проявления, *что оно связано с геометрическим строением физического пространства, занимаемого телами живого организма*².

Понятие о разных состояниях физического пространства, нас всюду окружающих и нас проникающих, только что складывается. Оно не отточено научной мыслью. Но допустимо, что в разных частях природы, в разных ее явлениях эти состояния могут быть резко различны. Окружающее нас пространство резко неоднородно, и среди природных явлений существуют явления изменения состояний пространства, возможным частным случаем чего является создание в биосфере живых организмов, совокупность которых составляет ее живое вещество. Это основное положение должно быть осознано. Оно не учтено научной мыслью и не занимает в естествознании даже того положения, какое оно получило в физико-химических науках.

В физике и в химии мы постоянно сталкиваемся с разными физическими пространствами в форме физических полей и неоднородных физико-химических равновесий. Глубокие представления Фарадея, Максвелла, Гиббса, Ле Шателье охватывают наше мышление.

4. Отсталость теоретической мысли в естествознании в этих, казалось, основных проблемах представляется непонятной. Может быть, это является следствием огромного практического значения естествознания: факты слишком практически важны, не остается времени для углубления в теорию, в создание того, чего в ней не было. Естествознание есть одна из тех сил, которою человек переделывает биосферу — переводит ее в новое состояние, в *ноосферу*. Основные понятия естествознания до сих пор не подверглись в должной степени критическому научному анализу. Философский их анализ скользит по поверхности. Логика естествознания, можно сказать, нет. Отвлеченная логика научных понятий основного содержания описательного естествознания не захватывает, и никогда не захватывала.

Есть логика научных теорий и научных гипотез — например, физических — логика математики, но нет логики основного содержания естествознания, можно сказать больше, *сути* всей науки. Для этого основного содержания естествознания, как науки, приходится сейчас даже создавать слово. Я называю его *научным аппаратом естествознания*³. Он состоит из миллиардов фактов, критически проверенных научной методикой; они создались за последние два-три столетия, непрерывно растут. Они непрерывно охватываются эмпирическими обобщениями, сводятся в систему преходящими гипотезами и теориями. Но гипотезы и теории резко отличаются от научного аппарата по логической сути и, не нарушая хода его роста, из него постоянно выпадают.

Научный аппарат фактов и эмпирических обобщений резко отличает науку

¹ *M. Curie. P. Curie. P., 1924. Покойная М. Кюри-Склодовская говорила мне, что никаких записей у него не сохранилось. Он — как видно и из биографии — сознавал значение своих достижений. В семье, по ее словам, говоря об этой работе, он всегда говорил о состояниях пространства.*

² *В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. II. М., 1939. С. 29 и сл.*

³ *См. В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. II. М., 1939. С. 9 и сл.*

от других сторон духовной деятельности человечества, от философской в частности, где такового аппарата нет. Научная гипотеза и даже научная теория есть преходящее явление, научный факт и основанное на нем *эмпирическое обобщение* незыблемы. Периодическая система Менделеева останется незыблемой, как бы ни менялись объясняющие ее теории. Законы Ньютона не тронуты, хотя понимание их сейчас и в XVIII веке в корне иное. Научный аппарат миллиардов фактов, сведенных в систему, обработанных обобщающей мыслью, есть та сила, которая сейчас перестраивает жизнь человека и населенные им области планеты. Научные гипотезы и научные теории важны, прежде всего, тем, что они вызывают и возбуждают рост научного аппарата, позволяют видеть и обобщать новые факты, в значительной мере их создают.

В XVIII веке, когда создавалось описательное естествознание, аппарат получил название *системы природы*. Но это название сейчас явно не отвечает действительности, так как количество научных фактов в него входящих, получаемых не наблюдением, а научным опытом, созданием мысли человека, все резче в нем преобладает.

5. Возвращаюсь к представлению *о физическом пространстве*. Мы можем рассматривать правизну-левизну, как чрезвычайно чувствительный индикатор физического состояния пространства.

Этот индикатор дает резко различную картину в основных группах природных тел и природных явлений биосферы, в живом веществе и в косной среде.

Мы имеем сейчас в своем распоряжении огромной важности обобщение для косных природных тел, в частности для монокристаллов, для пространства, занятого однородным твердым состоянием химических соединений. Это состояние правильно называется в новой кристаллографии *кристаллическим пространством*¹. Для кристаллического пространства уже в начале XIX столетия один из величайших физиков с широкой обобщающей мыслью А.М. Ампер (1775—1836) учил в Collège de France в Париже, что кристаллы указывают на распределение в пространстве атомов, а не молекул, как думали в то время. Независимо те же идеи ясно развивал А.М. Годэн (1804—1880). Но это окончательно поняли и научно доказали независимо от них только в конце XIX, в начале XX века. В 1881—1883 гг. Е.С. Федоров (1853—1919) дал глубокую геометрическую основу научным теориям распределения материальных точек в кристаллическом пространстве. А в 1886 г. к этому вопросу совсем иным математическим путем, исходя из учения о группах, подошел немецкий математик А. Шенфлис (1853—1928). Они оба в начале 1890-х годов вывели и математически характеризовали, независимо друг от друга, резко различным путем, возможность существования в кристаллическом пространстве только 230 определенных групп распределения гомологических точек. Из их числа большинство в природе и в лаборатории сейчас найдены; все найденные в них попадают; они, таким образом, *доказаны научными наблюдением и опытом*.

Удобно выделять, как федоровские группы и как единственно возможные кристаллические пространства, — эти определенные Е.С. Федоровым и А. Шеен-

¹ Это понятие введено недавно русскими геометрами и кристаллографами. См. Б. Делоне, Н. Падунов и А. Александров. Математические основы структурного анализа кристаллов. Л., 1934. С. 7; О понятии федоровских групп, см. там же, с. 9.

флисом группы гомологических точек, строящие монокристалл.

В начале XX века Л. Зонке (1842–1897), потом П. Грот (1843–1927), Ж. Фридель (1865–1933) и другие обобщили явление и стали говорить не о гомологических точках, как говорил Е.С. Федоров, но об атомах, приравняв монокристалл к молекуле. В 1912 г. открытие Лауе, Фридрихом и Кипплингом в Мюнхене при участии Грота рентгенометрического метода — создание новой кристаллохимии — доказало опытным путем правильность научной теории Федорова и Шенфлиса.

Научное значение работ Е.С. Федорова (1853—1919) не достаточно сознается в нашей стране. Имя его должно стоять для нашего времени рядом с именами Д.И. Менделеева (1834–1907) и И.П. Павлова (1849–1937), его старших современников.

6. Что такое кристаллическое пространство? И как проявляется правизна и левизна в нем?

Можно утверждать без всяких гипотез и предположений, что кристаллическое пространство отвечает единственно возможным, *однородным* размещениям в *трехмерном пространстве Эвклида материальных атомов*. Оно отвечает определенному химическому соединению или его растворам, в атомах построяемым; оно выражается в формулах молекул, определяет распределение в них атомов. Молекулы нам не видны, но явление можно видеть, так как оно, же проявляется в монокристаллах, в однородных кристаллических многогранниках, характеризующих определенные химические соединения и их твердые растворы.

Иначе атомы химических соединений в эвклидовом пространстве трех измерений проявляться не могут.

Е.С. Федоров был прав, когда утверждал, что совпадение выводов его теории с опытом и с наблюдениями служит *доказательством существования атомного состояния материи*. Но это согласие доказывает большее. Выразим наш вывод несколько иначе.

Полное совпадение с теорией доказывает, что в однородном физическом эвклидовом пространстве трех измерений никогда химически отграниченные материальные точки, т.е. атомы, не могут приблизиться друг к другу на расстояние порядка меньшего, чем 10^{-8} см. Могут быть реальными только такие геометрические представления о пространстве, которые не противоречат этому условию, и для определенных химических соединений — или для их твердых растворов — не может быть в однородной среде дисперсности, этому противоречащей.

Среди кристаллических пространств такого характера могут быть отличены кристаллические пространства, проявляющие правизну-левизну, и такие, в которых она не проявляется. Первые характеризуются отсутствием центра симметрии, плоскостей симметрии и осей сложной симметрии. Таких федоровских групп — кристаллических пространств — среди 219 может существовать только 11¹.

Кристаллические пространства — федоровские группы — отвечают молекулам и монокристаллам определенных химических соединений (или их растворов). Реально мы имеем дело не с твердым однородным состоянием «вещества»,

¹ Е. Федоров и А. Шенфлис считали 230 групп, принимая за отдельные группы 11 правых и 11 левых. Б. Делоне, Н. Падуров и А. Александров (I. c.) правильно отметили, что для федоровских групп правые и левые их проявления в пространстве сливаются. Таких групп не 22, а 11. Всех федоровских групп 219.

а точнее с его химическими соединениями, определенными и неопределенными, — с их твердыми монокристаллами. Одновременно молекулы или монокристаллы при данных температуре и давлении не могут принадлежать: к двум различным федоровским группам. Явление полиморфизма указывает, что в других термодинамических условиях они переходят в другие группы, но в таком случае вся молекула или весь монокристалл переходит из одной группы в другую.

Так как молекулы отвечают кристаллическому пространству, а не составляющим его дисперсным частицам, размер которых (атомов) определяется 10^{-8} см, то этим определяются размеры молекулярных дисперсных частиц. Самые мелкие из них не переходят границ 10^{-7} см, самые большие 10^{-6} см. Это мельчайшие части кристаллического пространства. Атомы в них располагаются, выявляя их химические формулы, согласно законам федоровских групп. В право-левых федоровских группах правизна и левизна проявляются в одной и той же право-левой группе — в одном и том же кристаллическом пространстве. Мы увидим ниже значение этого вывода.

7. Мы видим, таким образом, что в материальной (т.е. атомной) однородной среде, в кристаллическом пространстве, право-левые его проявления не распадутся на два различных пространства, как это обычно думают — думал и Пастер — и как, в сущности, вытекало из идей Федорова. Этот строго логически правильный вывод, в сущности, определяет характер евклидова пространства трех измерений для атомной среды. Выдерживается ли это и для других геометрических построений, требует рассмотрения. Отсюда следует, что однородное евклидово *материальное* пространство, в форме ли молекул или монокристаллов, резко геометрически отличается от физического вакуума. В нем не может быть раздельности левизны и правизны. В физическом вакууме они могут быть разделены. Это легко видеть, освещая вакуум левым или правым кругово (или эллиптически) поляризованным светом. То же самое может быть получено во всякой грубо однородной дисперсной среде, — в твердой аморфной и зернистой, в жидкой, в газообразной.

Геометры не сделали из своего анализа тех выводов, которые я здесь делаю. Но они мне кажутся логически несомненными.

Подходя к правизне-левизне с такой новой точки зрения, важно отметить два обстоятельства: во-первых, что правизна-левизна проявляется не для всех атомов химического соединения¹ и, что когда она проявляется, то она выражается в винтовом (спиральном) распределении этих атомов правом или левом. Физико-химически эти структуры не различимы иначе, как по их ориентации — правой, левой. Количественно все выражения их физических свойств должны быть идентичны.

8. Необходимо внести важные поправки по отношению к природным живым существам. Это, прежде всего поправка на их *индивидуальность*.

Наиболее, может быть, абстрактным выражением ее является отсутствие в природе *идеальной тождественности* живых форм и их качеств. Это уже установили ученые средневековья, и в XVII веке Лейбниц перенес это достижение

¹ Стереохимические формулы химии (ее молекул) и ее рентгенометрические построения (ее кристаллов) *должны быть идентичны*, если правильно построены. Атомы в них могут быть соединяемы или прямыми линиями (векторами), в право-левом пространстве полярными (энантиоморфными), или кривыми линиями (в право-левых пространствах), правыми и левыми спиралями, причем не все атомы соединения этим путем захватываются.

послеантичной мысли в новую науку. Это может быть установлено простым: наблюдением, исходя из которого, оно и было реально, исторически, понято учеными и философами: нет на дереве двух листьев, которые оказались бы идентичными и не могли бы быть отличены друг от друга.

Идентичность — полное тождество свойств (кроме ориентации, правой и левой) — может быть достигнута для свойств химических соединений, химически чистых и физически однородных.

Для живых организмов есть определенные интервалы колебаний свойств; не обусловленные всецело точностью методики исследования, как это имеет место по отношению к чистым химически и к однородным физически косным телам природы и синтеза, где мы в идеале можем добиться тождества свойств.

Это всецело распространяется и на свойства правых и левых изомеров и правых и левых атомных векторов и спиралей.

9. Странным образом неизбежное одновременное проявление *двух, правых и левых, состояний кристаллических пространств* не обращало на себя достаточного внимания наблюдателей. Я не нашел в кристаллографической литературе соответствующих количественных наблюдений. Поэтому, по моему предложению, Г.Г. Леммлейн произвел подсчет правых и левых кварцев из одних и тех же месторождений Союза. Явление равенства было им доказано на сотнях кристаллов. Работа была сдана в печать в 1936 г. в «Труды» нашей лаборатории, но появилась в свет только в 1939 году. А пока она все еще, почти до сих пор, печаталась, появилась в прошлом году работа немецкого минералога Тромедорфа, который больше чем на 4000 кварцах установил то же явление.

Количество правых и левых кристаллов кварца одинаково. Этого нет для кристаллов и молекул, основных для жизни соединений — белков, сахаров и т.п., создающих протоплазму, наблюдаемых в зернах, яйцах и т.п. В них исключительно существуют стерически, левые разности. Все белки животных и растений «естественные» — левые. Синтетически можно готовить их правые изомеры. Левыми будут и продукты распада естественных (природных) белков — кристаллы аминокислот, например. Это и есть диссимметрия Пастера. Новый геометрический охват кристаллографии позволяет уточнить это явление. В ходе эмпирической работы выяснилось при этом для стереохимических формул правило Э. Фишера (1898). Э. Фишер указал, что в виду сложности этих соединений, например левых белков, в них всегда могут быть комплексы, которые являются по существу правыми, т.е. выражаются в стереохимических формулах правыми спиральями распределения атомов. Так как правые и левые федоровские группы неразделимы, отвечают одному и тому же кристаллическому пространству, то это вполне допустимо.

Это самая важная опытная поправка, не вытекающая из представлений Федорова. Е.С. Федоров не ввел для кристаллического пространства, с которым в действительности он имел дело, поправку на *его материальность в однородном его проявлении* и на резкое отличие от него проявлений динамического пространства, какими являются формы пространств «пустого», твердого неоднородного, зернистого, жидкого или газообразного.

10. Все сказанное относится ко всем однородным кристаллическим пространствам — безразлично, будет ли это кристаллический многогранник (моно-

кристалл) или будет молекула.

Это, к сожалению, до сих пор мало создается в науке, и научная теория Федорова — Шенфлиса, геометрическим анализом уточненная, — ее выводы огромного значения, — оставляется без внимания.

Конечно, всякий химик или кристаллограф прекрасно сознает ту огромную коренную разницу, какая существует между мельчайшим кристаллическим многогранником и между самой большой молекулой. Проявления их совокупностей несравнимы по силе и мощности. Различие, однако, здесь не по существу, а в дисперсности. В своих физических проявлениях мельчайший кристалл порядка 10^{-5} см неизмеримо меньше активен, чем молекула, размеры которой колеблются в пределах 10^{-6} – 10^{-7} см. В своем внутреннем атомном строении мельчайший кристаллический многогранник и мельчайшая молекула идентичны. Атомы в них расположены согласно закону, открытому Федоровым и Шенфлисом. Пастер впервые и бесспорно установил это явление — существование правизны-левизны, аналогичной монокристаллам — в молекулах и резкое различие физико-химических свойств у правых и левых молекул и монокристаллов, играющих основную роль в живом веществе.

11. Прежде чем перейти к живым веществам, остановим наше внимание на до сих пор изложенном. Можно ли отсюда сделать заключение, что это не только проявление тех кристаллических, не отделимых от химических для современного кристаллографа сил, которые в этих явлениях пространственно выражаются, но и свойств самого эвклидова пространства трех измерений?

Мне кажется, логически это вполне допустимое представление. Уже бесспорно оно допустимо в виде *рабочей* научной гипотезы — путь, столь плодотворный в науке, вековым ее опытом оправданный.

Для меня бесспорно, что зависимость правизны-левизны того или иного пространства, ее проявление, как *свойства пространства*, видно уже из вывода, сделанного уже давно и использованного в XVIII веке Кантом, что в эвклидовом пространстве четырех измерений, и четных измерений вообще, геометрическое различие между правизной и левизной исчезает, и без «зеркального» отражения правые и левые тела одинаковой формы могут быть совмещены. Для кристаллических многогранников и для федоровских групп это явление было исследовано и доказано несколько лет тому назад проф. Б.П. Делоне. Едва ли при этих условиях можно сомневаться в реальном значении правизны-левизны — как свойства пространства, а не только проявлений физико-химической — атомной — среды.

12. Сейчас в геометрии происходит, вернее начинается, процесс ее изменения и углубления, который будет иметь первостепенное значение как раз в научных вопросах, нас интересующих. Мне кажется, математики, геометры в частности, еще не сознают его значения для естествознания. Невидимому, он им представляется менее важным, чем другие вопросы, их волнующие. Но геометрия, как и вся математика, как Антей, не может отрываться от земли — от соприкосновения с жизнью, с ее требованиями и с требованиями науки в первую очередь. В первой половине прошлого столетия со времен К.Ф. Гаусса (1777—1855) стало, ясным, что *правизна-левизна есть геометрическое свойство пространства*. Ясно и другое. Она не может быть выведена из аксиом, на которых построена, геометрия Эвклида

должна так или иначе быть включена в аксиомы или в постулаты. Геометрия, не может дальше игнорировать это чисто геометрическое явление. Правизна-левизна, как мы сейчас увидим, не связана только с материальной средой. Она проявляется и в энергетических процессах и в физическом реальном вакууме.

Для чистых геометров вносимая поправка может казаться частностью. Область геометрического мышления безгранична и бездонна. Взятое в целом, геометрическое представление о пространстве далеко от того предметного, конкретного его выражения, к какому натуралисты привыкли в Эвклидовом его выражении.

С чисто математической точки зрения вхождение в основу геометрии понятия право-левой ориентации — правизны-левизны — есть частная, хотя и важная поправка. Логически, но не математически, она аналогична тем поправкам, какие вносятся понятием правизны-левизны в геометрическую кристаллографию. Прямая линия право-левого кристаллического пространства может проявляться в нем в семи разновидностях вместо одной (или трех) в геометрии¹.

Неизбежное в геометрии реальное введение в нее правизны-левизны не менее важно и с геометрической точки зрения.

Геометрия в последние 3—4 столетия, после тысячелетней остановки, мне кажется, развивалась преимущественно в своем движении в область отвлеченных символов, конкретно которых мы образно себе не представляем и предметно которых мы в эмпирическом мире не видим. Но в правизне-левизне мы как раз встречаемся с наступающим глубоким изменением геометрии в области конкретных и предметных явлений, какого в ней давно не было, больше 2200 лет, когда Эвклидова геометрия достигла совершенства. Это — новое явление в ее истории и в истории научной мысли.

13. Как указано, явление правизны-левизны наблюдается не только в материальных процессах, но и в процессах, которые мы сводим к процессам энергетическим, например, в явлениях световых и электромагнитных.

То резкое различие, которое характеризует правизну и левизну в кристаллической среде в живом веществе, проявляется и сохраняется в световых (энергетических) явлениях, с ними связанных. Они выражаются в правом и левом вращении плоскости кругово или эллиптически поляризованного света.

Для право-левых кристаллических пространств, для 11 федоровских групп, сохраняются и отражаются на связанных с ними световых колебаниях те же два условия, которые характерны для кристаллических пространств: одновременное образование правых и левых лучей света, их неразделимость пространственная и количественное тождество при разной ориентации их оптических свойств.

14. Пока мы останемся в области явлений и природных тел, связанных с косной, не живой окружающей нас природой, мы, изучая правизну и левизну этих тел и явлений, нигде не сталкиваемся с выводами, противоречащими законам геометрии Эвклида. Но положение резко меняется, как я уже указывал, когда мы подходим к изучению проявлений правизны-левизны в живом веществе биосферы, т.е. в совокупности ее живых существ и в их индивидах. Здесь, мы выходим в область явлений, которые представляются нам противоречащими этим свойствам эвклидова пространства. Явление было открыто в середине XIX века двумя химиками А. Бе-

¹ См. В. Вернадский. Основы кристаллографии. I. М., 1905. С. 211 и сл., 221.

шаном (1816—1908) и Л. Пастором. Оба они поняли и это печатно высказали, что в присутствии живого вещества процессы, связанные с правизной-левизной, идут в природе резко по-иному, чем в химических реакциях, в окружении которых живое вещество отсутствует. Оба исходили из одного и того же явления, открытого много раньше, не ими, при кустарном приготовлении в Эльзасе, из виноградных отбросов, винного камня (левой винной кислоты). Бешан раньше Пастера обратил внимание на это явление и опубликовал свое открытие. Он экспериментально установил, *что процесс идет только* при участии в нем живых организмов, плесени, и что при этом происходит в химических реакциях никогда не наблюдаемое в безжизненной среде явление — появление одного левого изомера винной кислоты.

Обстоятельства жизни не дали ему возможности исследовать это явление. Пережив на много лет Пастера, старший его современник, он не мог с этим примириться и резко выступал против Пастера долго спустя после его смерти. Только в XX веке самостоятельная роль Бешана получила признание¹.

Пастер не только понял, но глубоко проник в явление и указал пути в его дальнейшее исследование. Он связал его с формой кристаллических многогранников, получаемых под влиянием живого вещества, с исчезновением при этом правых многогранников и, что еще важнее, первый доказал существование правых и левых молекул, исключительное проявление стериически левых их изомеров для всех основных тел организма — белков, сахаров, липоидов, и резкое химическое различие в воздействии правых и левых молекул одного и того же химического соединения на живое вещество.

В живом веществе не имеют места два явления, которые, как мы видели, характерны для материальной безжизненной среды природных тел и процессов, в которых отсутствует жизнь. Одновременное проявление двух состояний, правых и левых, для одного и того же химического соединения одной и той же федоровской группы и их физико-химическая идентичность во всех физико-химических процессах *отсутствует* для живых.

Пастер оставил без внимания морфологические и физиологические проявления правизны и левизны. Существование левшей нам известно с детства. С середины, особенно с конца XVIII века морфологическое проявление правизны-левизны в симметрии организмов обратило на себя внимание, но до сих пор это явление не охвачено теоретической мыслью и не связано с теми проявлениями, которые открыты Пастером.

15. Если попытаться охватить явление, не делая никаких гипотез, а научно описывая его так, как мы его видим, то несомненно скрывается, как я указал это в 1924 г.², что верхняя *планетная Земная оболочка — биосфера — физически*, с точки зрения составляющего ее вещества, глубоко *неоднородна*. Она состоит: 1) из живого вещества, дисперсно рассеянного и ее проникающего, в котором правизна-левизна резко и определенно выражена в смысле, мною только что указанном, и 2) косного вещества, в котором правизна-левизна химических реакциях не проявляется, и всегда присутствуют в равном всегда проявлении правые и ле-

¹ См. *D. Hume. Béshamp or Pasteur?* 2 изд. L., 1932 (лит.). Ср. *A. Béshamp. Les grands problèmes médicaux.* P., 1905.

² На лекциях в Парижском университете в 1923 г. См. *W. Vernadsky. La biosphère.* P., 1924. 4 изд. по-русски — Очерки геохимии. Л., 1934.

вые формы. Характерно, как и следует ожидать, что абиогенез в биосфере не наблюдается, и в течение всего геологического времени, не менее миллиарда лет, может быть до двух и больше, живое вещество сохраняется только своим размножением. Живое вещество, как планетное явление, в сущности, создается биосферой и ее создает. Она от биосферы неотделима, есть ее функция.

Надо заметить, что среди органогенных пород, составляющих заметную часть массы биосферы своеобразным образом проявляется правизна-левизна. В нефтях, в углях, в битумах, в гумусах почв и болот мы наблюдаем неизменно: иногда в течение сотен миллионов лет, правые и в резко ином количестве левые соединения, созданные живым веществом. Почти все нефти содержат биохимически созданные правые молекулы, ничтожное их количество вращает плоскость поляризации света влево.

Разбираясь в вопросах правизны-левизны в живых организмах, в так называемой «асимметрии протоплазмы», например (слово, которое резко противоречит *симметрии молекул*, ее создающих. Лучше его не употреблять)¹, мы должны не забывать, что живое вещество есть планетное явление и мы не можем его изучать, отрывая его от биосферы, проявлением, функцией которой оно является.

В работах Г.Ф. Гаузе и его сотрудников ярко выявляется *резкое химическое различие* правых и левых изомеров одного и того же химического соединения в воздействии их на живой организм. Ориентация — правая и левая — атомных структур в молекулах и в монокристаллах проявляется в качественно и количественно отличном эффекте их в химических проявлениях живых организмов, живой протоплазмы.

16. Время не позволяет мне углубиться в теоретический анализ этого явления, огромной, мне кажется, важности. Возможно, что оно связано не с физико-химическими явлениями, которые мы изучаем, и не с особыми свойствами «жизни». В научной работе правильнее исходить из изучения *живого вещества*, т.е. совокупности живых организмов, а не из понятия жизни, так как понятие жизни охвачено огромным прошлым и настоящим философских и религиозных идей, которые оказывают тормозящее влияние на правильную постановку научных проблем.

Виталисты разных толков видят проявление особых сил «жизни» в этом ярком отличии правизны и левизны по сравнению с мертвыми (косными) естественными телами биосферы. Но, мне кажется, в научной работе, *исходя из живого вещества* (совокупности живых организмов или даже отдельного *живого организма*), а не из «жизни», допустимо обращаться к *особым силам жизни* только тогда, когда иначе обойтись нельзя.

Этого нет в данном случае.

Отличие живого вещества от косного — не живого — вещества биосферы может лежать глубже физико-химических их свойств. Оно может быть связано с особым — геометрическим — субстратом физических свойств, т.е. с другим состоянием физического пространства, занятого телами живого вещества, чем физическое эвклидово пространство косного вещества биосферы.

Тела живого вещества, возможно, отвечают не Эвклидову пространству, а

¹ Ср. Г. Гаузе. Труды биогеохимической лаборатории Акад. Наук. 4. Л., 1934. С. 273, 285. *Его же*. Успехи биологии. 1937. С. 8; 1938. С. 168.

одному из римановских геометрических пространств. Это — гипотеза, рабочая научная гипотеза, допустимая и, думаю, удобная для научной работы¹.

17. Еще несколько слов.

Пастер, глубокий, точный и яркий научный мыслитель, искал причину открытого им явления не в физико-химических свойствах живого вещества. Он ясно сознавал, что они по своим законам те же, какие мы наблюдаем в косных телах окружающей нас земной природы.

Он считал, что это явление связано со свойствами физического *космического пространства*. Он думал, что есть космическое пространство правое и левое и что солнечная система сейчас находится в левом пространстве, но процессы будут выявляться по-иному, когда она войдет в правое космическое пространство. Он считал абиогенез возможным, если создать у нас на Земле для эксперимента другое физическое пространство. Он смотрел, однако, на это слишком просто. Он думал, что оптически левая и правая газовая среда с правым и левым круговым вращением может являться примерами такого пространства.

Мы знаем теперь, что это не так. Явление, наблюдаемое в живом веществе — в живой протоплазме в частности, — связано с *материей*, с пространственными свойствами атомных структур, их молекул, не меняющихся в своем строении от изменения световой среды.

Физическое пространство *материальной*, непрерывной, физически однородной среды (молекулы и монокристаллы) резко отличны, как я уже указывал, от физического вакуума и от физически дисперсной — динамически неустойчивой — газовой или жидкой среды.

18. Но указание Пастера не может быть отброшено без внимания. Дело в том, что мы в космических просторах наблюдаем правизну-левизну в условиях, в которых живого вещества в них быть не может, и в то же время эти проявления правизны-левизны кажутся в наших представлениях космическими материальными телами основного значения.

Это — проявление *спиральности небесных туманностей*, неизбежно право-левых материальных движений, — перед которыми Солнце теряется, как пылинка.

И все же, если половина (как в кристаллических многогранниках при кристаллизации) спиральных туманностей окажется правой, а половина левой, — будет один вывод о характере космического пространства, а если будут преобладать на всем небосводе или правые или левые — другой вывод. Наконец, возможно, что разные части небосвода — разные: правые или левые.

Это может быть и проверкой научной гипотезы Пастера.

Спиральные туманности — тела материальные.

Спиральные туманности видны нам в проекциях на небосвод. В проекции на плоскость мы спиральное пространственное тело отличить не можем, правое от левого, но в проекции на кривую поверхность — небосвод — и при сложности явления, расстояние частей которого от нее явно очень различно, — задача, мне кажется, не безнадежная.

Я не знаю таких измерений.

¹ О состояниях физического пространства см. в сданном в печать 3-м выпуске моих «Проблем био-геохимии».

О КОЛИЧЕСТВЕННОМ УЧЕТЕ ХИМИЧЕСКОГО АТОМНОГО СОСТАВА БИОСФЕРЫ¹

I

1. Моей задачей является привлечь внимание геологов к проблемам химического состава биосферы. Конкретно геолог в своей геологической работе за пределы биосферы не выходит.

Состав биосферы, выраженный в весовых или в атомных процентах составляющих ее химических элементов, нам неизвестен. А между тем биосфера — это среда нашей жизни, та «природа», которая нас окружает. «Природа» различна в разных местах, очевидно, и состав биосферы в разных местах земной поверхности не одинаков. *Но он различен закономерно*, он зависит от геологического строения местности, теснейшим образом связан с геологической картой, с чем до сих пор не считаются.

Связь с *геологической картой* заставляет обратить на эту проблему серьезное внимание геологов нашей страны, в работе которых прикладное значение *геохимии* с каждым годом приобретает все большее значение. Ибо состав биосферы, связанный с геологической картой, позволяет по-новому и более точно подойти к *правильному использованию и нахождению* химических элементов, т.е. полезных ископаемых, с их *концентрацией и с их рассеянием*.

Закономерности, здесь существующие, не выявлены, но ни один геохимик не сомневается в их существовании. Их надо выявить. Их нельзя быстро и точно установить, не зная атомного состава биосферы.

Это дело требует комплексной постановки исследования. Она недостижима для отдельных институтов и центров работы Академии. Поэтому я ставлю ее в соединенном заседании двух отделений — ставлю перед Академией.

Академия должна поставить ее со всей возможной глубиной, в таких рамках, которые позволили бы нам получить нужные знания в ближайший срок.

Надо получить эти данные в границах нашего государства, для биосферы нашей Земли.

¹ Доклад на объединенном заседании Отделений геолого-географических и химических наук 31 октября 1939 г. Впервые опубликовано: М.: Типолит им. Фрунзе, 1940, 32 с. В дальнейшем опубликовано в: Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. I. С. 543–569. Печатается по изданию: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

2. Как я говорил, мы не знаем химического состава биосферы. Мы имеем о нем только некоординированные, очень неполные представления.

Знание в химии природных явлений должно быть выражено в числах и в геометрических образах, в аспекте времени. Только тогда, когда это сделано, мы сможем овладеть в нужной нам мере нужными нам для жизни химическими силами планеты.

Мы сейчас имеем ясное количественное химическое представление только о среднем элементарном составе так называемой *земной коры*, выраженном в атомных или в весовых процентах. Я вернусь к вопросу, что такое *земная кора* и какое отношение она имеет к *биосфере* (§ 3, 22).

Это знание сведено в таблицу, которую в нашей стране по инициативе А.Е. Ферсмана часто называют таблицей Ф. Кларка (1847—1931), и даже числа ее — *кларками*. Это имеет некоторое удобство, но едва ли это справедливо, и, мне кажется, широкое вхождение «кларка» в нашу геохимическую литературу, все увеличивающуюся, делает ее менее понятной, а следовательно, и влиятельной в мировой литературе, так как термин «кларк» непонятен вне нашей страны и объяснять его в каждой научной статье невозможно. Подобные новые термины должны в нормальных условиях приниматься на международных конгрессах. «Кларки» непонятны для англичанина, американца, француза, немца — для любого ученого вне нашей страны. Для нашей научной работы это невыгодно.

Конечно, Ф. Кларк, несомненно, завершил и усовершенствовал работу нескольких поколений до него, когда в 1889 г. он, исходя из территории Соединенных Штатов, углубил и расширил учет чисел и опубликовал свою сводку. Начало этой таблице было положено за 74 года раньше, после вхождения в новую химию представлений о химических элементах и атомах в начале XIX столетия. В 1815 г. английский минералог В.Филлипс (1773—1828) впервые попытался выяснить химический элементарный состав окружающей человека природы, верхней «земной коры». Он сделал это для 10 химических элементов, в общем правильно выяснив количественно порядок их распространенности. После него его числа несколько раз пересматривались, исправлялись — между прочим, и крупными учеными — для Беш в Лондоне, Эли де Бомоном, Добрэ в Париже — и наконец систематически были переработаны Ф. Кларком и Г. Вашингтоном в Вашингтоне с 1889 по 1924 г. Самостоятельную работу здесь вел одновременно И. Фохт (в Дронтгейме в 1898–1916 гг.), который впервые распространил эти данные на нетронутые Кларком редкие элементы — многие металлы — и поставил задачей *охватить все элементы*.

С тех пор эта таблица непрерывно перерабатывается и уточняется.

Она стоит наряду с менделеевской таблицей атомных весов в геологической и в физико-химической работе.

В результате мы имеем таблицу точных дат, где числа выражены в атомных и в весовых процентах. На значение атомного подсчета вещества впервые указал В. Аккройд в Англии, работавший вне научных организаций в 1902 г., но ввел в геохимию молодой тогда А.Е. Ферсман в 1912 г., не зная о работе Аккройда. О нем напомнил Ф. Астон только в 1922 г.

3. Что же такое «земная кора» и что дают нам числа таблицы Филлиписа—Кларка—Фохта? Какие отношения имеет биосфера к земной коре, а числа этой таблицы — к тем числам, которые мы ищем для биосферы?

Остановлюсь сперва на последнем вопросе.

Числа, получаемые для всей земной коры, не должны были бы резко отличаться в разных местах земной поверхности. Какую бы точку мы ни выбрали как исходную, мы, вообще говоря, должны были бы получить один и тот же — средний — результат. Благодаря относительной мощности земной коры — мощности в 16–25 км — биосфера, т.е. поверхность планеты, должна теряться, сглаживаться в химическом среднем составе земной коры, и ее ярко нам видное химическое территориальное различие не будет отражаться на получаемых нами цифрах.

Средний химический состав земной коры будет мало отличаться, будем ли мы его определять в богатом каменноугольном бассейне, например в Донбассе, в области соляных куполов Эмбы или в области кристаллических пород Украины.

Понятия земной коры и биосферы принадлежат к разным — логически — геологическим категориям. Понятие «земной коры» введено в науку из космогонических представлений, которые почти всецело господствовали, когда Филлипис давал свои первые числа, и которые мы сейчас должны считать ошибочными и ненужными.

Думали в это время, когда идеи Systeme du Monde Лапласа охватывали научную мысль, что наша планета была некогда расплавлена, и считали *земную кору за кору застывания планеты*.

В общем эти представления были еще живы, когда Кларк делал свои исчисления. Но Кларк смотрел глубже, и, мне кажется, он является одним из пионеров того течения мысли, которое сейчас только входит в геологию, сейчас охватывает геологическую мысль Американских Соединенных Штатов целиком, мировую — условно и которое до сих пор не может настоящим образом пробить рутину советской геологической мысли.

Франк Уиглсуорт Кларк, точный химик и минералог, экспериментатор и аналитик, — один из той плеяды ученых, которые в XIX в. клали основы точным числам «постоянных» — «констант» природы, на которых прочно стоит вся наука нашего времени, — был одним из тех новаторов мысли, которые в химических природных процессах, в том числе земных и космических, искали проявления *эволюции вещества*.

Поэтому «земная кора» Кларка не имела и не могла иметь ничего общего с космогоническими гипотезами, с догеологическим существованием Земли и с ее корой застывания.

Он называл «корой» (и пытался определить ее состав) *ту толщу планеты* вглубь от земной поверхности, *откуда можно получить* для химического исследования конкретные образцы вещества — горные породы и минералы, иметь их в наших руках в биосфере.

Он на основании точного эмпирического анализа фактов пришел к заключению, в то время не противоречившему фактам, что вещество, которое мы встре-

чаем вокруг себя (т.е. в биосфере), отвечает слою в 10 миль (т.е. 16 км) и что осадочные и метаморфические породы составляют 5 % его по весу.

Господствуют массивные породы, и для территории Соединенных Штатов состав так определенной земной коры отвечает *составу гранитов, вернее, гранодиоритов*. Были сделаны попытки таких же подсчетов для массивных пород других стран: Финляндии — И.Седергольмом и Украины — Н.И.Безбородько, которые привели к близким, но не тождественным результатам.

Эти вычисления подтвердились и геологическими наблюдениями. С одной стороны, геологическое изучение окружающей нас доступной нам природы — биосферы — всюду, *на всех континентах*, выявило наличие или логически неизбежное существование гранитов под выходящими на поверхность породами, если мы сделаем логически правильные выводы из нашего знания геологического строения больших участков любой территории.

Имеется, однако, одно исключение из этого положения. Под Тихим океаном вдоль его берегов и на его островах гранитная (вернее, гранодиоритная) земная оболочка не проявляется. Она не проявляется ни путем изучения геологического строения, ни геофизическими методами исследования.

Изучение сейсмических волн позволяет уточнить это явление. Я вернусь к этому позже (§ 18). Здесь же только отмечу его.

4. Химический состав земной коры — таблица Филлипса—Кларка—Фохта — был учтен и использован не только геологами и геохимиками. Он был охвачен физиками и химиками в той огромной по научному значению работе, которая характеризует XX в. как век *научного атомизма*.

И из их работы выявилось значение эмпирического обобщения, каким является таблица Филлипса—Кларка—Фохта, далеко выходящее за пределы геологии, но не выходящее за пределы Земли как планеты.

Это научное обобщение было в ходе процесса создания научного атомизма нашего времени широко использовано и до сих пор углубляется изысканиями физиков, химиков, радиологов, астрофизиков. Оно оказалось тесно связанным с основными научными исканиями нашего времени — с атомным аспектом реальности.

Отчетливо выяснилось, что химический атомный состав земной коры *не есть случайное явление*. Он теснейшим образом связан с многообразными свойствами атомов в том физическом поле — прежде всего термодинамическом, — которому отвечает земная кора. Земная оболочка в таблице Филлипса—Кларка—Фохта количественно отвечает *земному проявлению атомов*.

Но она явно дает нам большее.

В результате астрофизических исследований, сейчас переживающих крутой подъем (под влиянием роста научной атомистики), выявилось (из работ прежде всего Ресселя и В. Пайн-Гапошкиной), что в поверхностных слоях звезд — Солнца в том числе — мы имеем отражение того же количественного атомного состава, который выражен в таблице Филлипса—Кларка—Фохта.

Мы видим в этом неожиданном явлении или проявлении не учитываемых нами физико-химических свойств атомов в условиях космической среды, или, что

очень вероятно, это связано с существованием в длении геологического времени, может быть, в длении времени нашей Галактики, материального обмена между поверхностными частями космических тел, в том числе звезд и Солнца, и Землей — мирового процесса, непрерывно идущего миллиарды лет.

Такой материальный обмен между Землей и космическими телами существует и проявляется в газовом и пылевом между ними обмене, в падающих звездах, в космической пыли, в характере стратосферы и ионосферы, в метеоритах, может быть, в зодиакальном свете.

Это важное явление так мало изучено, что, считаясь с ним и не забывая его, мы пока дальше идти не можем.

5. Ясно, что земная кора, взятая в химическом аспекте, представляет, по существу, явление логически другого, большего порядка, чем биосфера.

Однако земная кора, взятая в целом, гранодиоритовая оболочка, ей химически в среднем отвечающая, генетически с биосферой связана, но связана сложно. Совершенно ясно, что то реальное значение, которое получила таблица Филлипса—Кларка—Фохта в науке, не только в астрофизике, но и в учении об атомах, на что указали химики и на чем я здесь не останавливаюсь, не может отвечать коре застывания расплавленной некогда планеты, которую создала математически выраженная космогоническая научная фантазия, а не научное эмпирическое обобщение. Она должна отвечать какому-то реальному большому *природному явлению*, проявляющемуся в нашей планете, свойственному не только одному нашему небесному телу, геологически длительному.

Я могу указать отвечающее ему земное явление только как *научную гипотезу*, которая может быть проверена в дальнейшем ходе научного знания.

Как такую гипотезу я выдвигаю представление о том, что таблица Филлипса—Кларка—Фохта дает нам средний состав былых, измененных в ходе геологического времени биосфер, выражает химическое проявление наружной поверхности нашей планеты в ходе геологического времени. Мы увидим в дальнейшем, что в «земную кору», состав которой определен таблицей, входит несколько геологических оболочек (§ 18) — биосфера, стратисфера, метаморфическая и гранитная оболочки. Все они когда-то в длении геологического времени находились на земной поверхности, были биосферами. Все они генетически между собой связаны, взятые в целом, представляют одно явление.

Стратисфера — оболочка осадочных пород — в значительной мере явно биогенного происхождения и находится почти всецело в области подземной жизни. Ниже лежащая *метаморфическая оболочка* в значительной степени состоит из измененных под влиянием давления и более высокой температуры осадочных пород. Уже в области метаморфических пород мы находим зарождение очагов высокой температуры, приводящих в конце концов к магматическим расплавам.

С углублением в более глубокие слои число и значение очагов местами увеличиваются, и *опять-таки, местами же*, более глубокие метаморфические породы проникнуты инъекциями магматических, иногда расплавленных пород.

Нигде мы не встречаем сплошного слоя, облекающего всю планету, *расплавленной магмы*. В геологических разрезах мы не видим и следов былого существования такого явления на нашей планете. Наибольшими формами ее былого нахождения являются *батолиты гранитных пород*. Ничто не противоречит допущению их нахождения местами и сейчас в расплавленном виде на больших глубинах, нам недоступных¹.

б. Вся атмосфера и прилегающие к ней земные оболочки находятся в непрерывном движении, результаты которого становятся нам явными только в аспекте геологического времени.

Перемещение участков литосферы — суши, с одной стороны, и моря — с другой — характеризует окружающую нас природу. Тектонические нарушения в каждый данный геологический момент сосредоточиваются в определенных подвижных областях, которые мы можем изучать главным образом в законченных формах, — в геосинклиналях, в горных образованиях, в орогенах и т.д.

В результате орогенических процессов происходят вертикальные смещения земных твердых построений, которые нам кажутся грандиозными, но реально существующего движения которых мы в нашей обыденной жизни не замечаем. Каждое вертикальное перемещение резко меняет всю обстановку явления и сопровождается разнообразнейшими химическими перегруппировками. В результате Эверест подымается до 8,88 км над уровнем геоида, дно морское в 110 км на восток от Филиппин опускается на глубину 10,79 км. Размах движений достигает почти 20 км.

Процессы поднятий и опусканий по вертикали не прерываются ни на секунду; в области биосферы это явление особенно резко сказывается, так как здесь мы имеем для их выявления свободное, практически бесконечное, газовое пространство — *тропосферу*.

Денудация сглаживает все неровности суши, горы имеют предел своей высоты, непрерывно разрушаются, и в то же время из глубоких частей, глубже биосферы лежащих, непрерывно идут сложно-вертикальные смещения земных масс.

Я не могу входить в анализ этих всем нам известных явлений. Но мне необходимо подчеркнуть один вывод, который может быть сделан из всех этих непрерывно происходящих движений. Я должен его подчеркнуть, потому что сейчас господствует противоположное представление о сжатии Земли, т.е. уменьшении ее диаметра в длении геологического времени. Оно основано на космогонических представлениях, а не вытекает из данных научных наблюдений.

Вывод этот можно выразить так: *средний верхний уровень биосферы — нижней границы тропосферы — не смещается от центра планеты в течение геологического времени*. Земля не расширяется и не сжимается в течение геологического времени, т.е. в течение двух миллиардов лет, со времени катархея по крайней мере. За все это время физико-географические условия планеты, ее биосфера в

¹ Еще в 1934 г. я, считая возможным говорить о магмосфере, не считал возможным отбросить целиком вековые представления о расплавленной земной оболочке. Сейчас это представление явно теряет свою опору в данных и основанных на них представлениях, как геологических, так и радиологических.

частности, оставались теми же в основном, какие мы наблюдаем теперь. Принцип актуализма мне представляется выражением реальности. На всем протяжении геологических явлений, научно нами охватываемых, мы видим на планете существование жизни, существование биосферы. Можно, мне кажется, защищать это утверждение как вывод из точного наблюдения в пределах двух-трех миллиардов лет. Биосфера все это время существовала, и, следовательно, температура, химические процессы, солнечные излучения не выходили из рамок сейчас наблюдаемого — геологические перемещения, реакции в биосфере глубоких частей планеты, процессы выветривания и метаморфизма были в общем те же. В геологии мы не видим — в пределах наблюдения — катастроф и резких нарушений устойчивости динамического уклада планеты.

Если они и были, мы пока никаких проявлений их в наблюдаемых явлениях не видим и можем оставить их в стороне в нашей работе.

Мы не видим в геологии ни начала, ни конца. Этот афоризм Д. Геттона господствует в нашем мышлении сейчас, как он господствовал в 1780-х годах, когда он был им высказан в Эдинбурге. Он даже для нас сейчас более понятен, чем в его время, когда он обсуждался в кружке крупных ученых шотландцев и англичан, составлявших круг Геттона, имена которых для нас и теперь живы: Адам Смит, Блэк, Уотт...

Ибо сейчас мы должны переносить те силы, которые определяют геологические процессы, в само вещество нашей планеты, а не выявляющуюся в нем среду.

Этот совершившийся в геологическом понимании переворот, к сожалению, недостаточно усвоен геологической мыслью в нашей стране, которая явно отстает от того пути, на который уже твердо ступила передовая геологическая мысль человечества.

7. Прежде чем перейти к этому вопросу, я хочу еще вернуться к гранитной оболочке как к устойчивому в земных условиях конечному изменению вещества биосферы.

В биосфере мы всегда имеем дело не только с органогенным материалом, но и с продуктами поверхностного разрушения местообитаний организмов — воздушного и водного с осадочными породами, с вулканическими продуктами, с газами, с туфами, с лавами. Количество вулканических очагов на нашей планете относительно невелико — несколько сот, если мы будем считать системы «вулканов» (например, 2000 на островах Галапагос) за единицы наравне с единичными вулканами. Оно окажется даже ничтожным в размерах планеты. Но если учесть долгое, геологически длительное время, в каком проявляется вещество в биосфере и в каком проявляются вулканы — всегда геологически краткотечные, эффект действия вулканических сил будет в биосфере очень значительным.

Мы знаем к тому же, что вулканическая деятельность в ходе геологического времени меняется в своей мощности. Мы, по-видимому, живем как раз в конце периода ее усиления, длящегося с плиоцена миллионы лет — больше 10.

Реально вещество биосферы (такого сложного строения) в ходе указанных процессов в геологическом времени, переходя частью через стадию метаморфизации, превращается в гранитные массы.

Когда мы встречаемся с гранитными областями, мы везде наблюдаем сложность их строения, но мы не выходим из области давлений, не превышающих тысяч атмосфер, и температуры — немногих сотен градусов.

Несомненно, что температура биосферы в местах жизни, по нашим современным представлениям, не может превышать 90 °С. Но приспособляемость — пластичность — живых организмов чрезвычайно, подземная глубинная жизнь только что начинает изучаться.

Мы должны быть здесь очень осторожны в выводах.

8. Гранитные породы не могут быть приравниваемы к обычным массивным плутоническим породам. Они могут давать начало таким породам, например, в жильных своих образованиях, но это не характерное их основное проявление, это вторичное явление. Я не могу, конечно, здесь на этом останавливаться, но отмечу два-три факта, характеризующие граниты в отличие от других.

Во-первых, надо учитывать, что существование их батолитов, выходящих по величине за пределы массивов других массивных интрузивных пород, позволяет признавать для них особые условия образования.

Во-вторых, граниты не образуются из чистых алюмосиликатовых расплавов, как это мы имеем для других плутонических пород. Гранитные расплавы, по опытам Горансона в Геофизической лаборатории в Вашингтоне, *богаты водой* и кристаллизуются при более низких температурах. Расплавленный гранит при новом застывании и расплавлении не дает гранита.

Образование ими гранитной оболочки, облегающей всю планету (оболочка эта представляется более чем вероятной), тоже указывает на особое их положение в строении планеты. Значение воды в гранитном расплаве всецело отвечает пониманию гранита как конечного продукта расплава вещества биосферы. Ибо сама биосфера может быть рассматриваема как *водная оболочка*, не говоря уже о гидросфере и тропосфере, в нее входящих. Все живое вещество, взятое как химический субстрат, может быть рассматриваемо как *водное тело*.

Возможно, что гранитные образования в связи с этим образуются при особых энергетических условиях.

Я думаю, что *брошенная М. Люжоном идея* о значении для расплавления гранитов той энергии, того нагревания, которое создается при горообразовании, энергии, в конце концов сводимой к *тяготению*, заслуживает серьезного внимания.

9. В наших прикладных расчетах, в учении о рудных месторождениях, мы прежде всего, пользуясь таблицей Филлипса-Кларка-Фохта, рассматриваем их в аспекте *земной коры*. Ясно сейчас, что такое представление является слишком абстрактным. В реальных условиях окружающей человека природы и в связанных с этим прикладных расчетах техники надо исходить из геохимических явлений, не идущих так глубоко, как это выявляется для земной коры, средний химический состав которой отвечает гранитной оболочке. Мы знаем, что биосфера в отличие от средних чисел земной коры в разных своих точках чрезвычайно *химически разнообразна*. Это ярко выражается в геологической карте, хотя в ней, по условиям ее построения, это различие даже выражено в уменьшенной степени.

Для выяснения концентрации химических элементов в области жизни человека надо, таким образом, обращаться не к среднему составу земной коры, а к реальному составу биосферы в данном участке геологической карты.

Мы живем и работаем не в земной коре, а в биосфере, состав и строение которой обычно резко отличаются от состава земной коры и которая, как мы увидим, только связана с земной корой, и связана более сложно, чем мы это обычно принимаем, и логически должна быть от земной коры отделена.

10. Во всем дальнейшем рассуждении я исхожу из основного положения *радиогеологии*, что в природе атомный состав вещества в том числе и земного, является самодовлеющим источником действенной энергии, могущей, исходя из него, быть вычисленной.

Мы видим, таким образом, что химический атомный состав земной коры есть своеобразное *геологическое явление*. Это одно из многих проявлений *вещества планеты* как активной решающей геологической силы.

В веществе планеты, в атомных его свойствах, в его атомном составе, мы должны искать причину многих основных геологических явлений.

Это новое научное представление не сознается в своем значении у нас, в нашей геологической работе и мысли.

Вещество планеты — мощный источник энергии геологических процессов.

11. Поэтому я считаю необходимым обратить ваше внимание на связанное с этим состояние геологии в настоящий исторический момент и на необходимость для нас, для всех геологов, коренного пересмотра некоторых господствующих представлений и активного выяснения своего отношения к тем новым воззрениям, которые на наших глазах все глубже проникают в геологию. Мне кажется, мы находимся сейчас на переломе, и нельзя, как делает, к сожалению, огромное большинство наших геологов, закрывать глаза на происходящее, нельзя не принимать участия, активного участия, в происходящем научном переломе, ломающем привычные представления. Попытка остановить у нас это движение, печальный факт в истории нашей научной мысли, была сделана в 1933–1934 гг. ЦНИГРИ; она, как и надо было ожидать, кончилась полным провалом, но задержала и сильно ослабила тогда работу Радиевого института года на два. Сейчас положение стало еще более резким, так как за последние два года (1938–1939) в учении о радиоактивности, и в радиогеологии в частности, достигнуты крупные успехи и вскрылись новые явления, еще более усиливающие — отчасти неожиданно для всех нас — значение радиогеологических процессов для геолога.

Я могу сейчас остановиться на этом лишь кратко, попутно.

12. Мы видим, что таблица Филлипса—Кларка—Фохта атомного химического состава земной коры отвечает определенному *геологическому явлению* в истории нашей планеты.

Такое геологическое проявление *вещества нашей планеты* есть то новое, что вносится сейчас в геологию и что должен учитывать в работе геолог. Это проявление глубокого охвата явлений геологии атомными представлениями, мне кажется, — поворотный момент в ее истории.

Атомы не являются материальными телами, чуждыми и инертными в той среде, в которой они существуют. Они *активно* в ней отражаются, являются *носителями свободной энергии*. И эта энергия проявляется в геологических процессах каждодневно, а в ходе геологического времени оказывается основной и огромной по мощности.

Для ряда химических элементов — радиоактивных — мы ясно видим, в чем такое их свойство выражается. Мы видим, что эти атомы проявляют — неизбежно и вне всякой возможности остановить это проявление — *движение материального характера, обладающее не существующей в обычных геологических явлениях скоростью*. Я могу назвать эту скорость, чуждую обычным геологическим процессам, *космической скоростью*, ибо она превышает скорость движения Солнечной системы — $17,5 \pm 0,6$ км в секунду (по В. Кемпбеллу) — ту скорость, которую никогда не может превзойти чисто *планетное материальное движение*.

Мы знаем, что радиоактивные химические элементы обладают в движении выделяемых ими материальных частиц скоростью, превышающей 20000 км в секунду. Уже тогда, когда это было открыто, Ф. Содди был одним из тех немногих, которые (другие — теперь уже покойные Э. Резерфорд и М. Кюри-Склодовская) сразу поняли, в чем заключается тайна радиоактивности — *в распаде атома*. Он тогда уже указал на возможность и вероятность того, что нерадиоактивные, обычные химические элементы только потому кажутся нам инертными, косными, что процесс их распада более медлен, сопровождается меньшим энергетическим эффектом и потому недоступен *пока* научной методике. Но распадение идет с космической скоростью.

Я должен здесь подчеркнуть, что все наши геохимические и геологические данные все больше нас убеждают в правильности этой идеи.

13. Прежде чем идти дальше, я хочу подчеркнуть значение эмпирического вывода о своеобразном геологическом проявлении материальных частиц, движущихся в земной коре с космической скоростью.

Все эти проявления связаны с атомами, в теперешнем нашем представлении о распадении атомного ядра — с явлениями не химическими (которые мы теоретически относим к окружению атома), а *радиоактивными*.

На наших глазах с каждым годом все больше и резче такие процессы выявляются в своем значении в просторах Космоса. Под давлением изучения материального и энергетического проявления этих просторов, под давлением эмпирических фактов наши представления об их физических свойствах резко меняются. Атомные проявления коренным образом, с каждым годом все глубже и ярче, охватывают *астрофизику*. Она перестраивается на наших глазах; резко меняется картина Космоса, тысячелетия остававшаяся почти неизменной и неподвижной в людском представлении. Сейчас мы видим здесь непрерывно меняющуюся на наших глазах среду, в которой неподвижный, казалось, звездный мир является иллюзией. Ученый идет здесь с каждым годом все дальше и глубже, опираясь не только на опыт и наблюдение, но и на научную, быстро растущую теорию — *научную теорию строения ядра атомов*, помогающую находить новые факты и но-

вые космические проявления атомов. Под этим влиянием создается новая картина Космоса, сейчас нам известная лишь в первых очертаниях.

Атомная теория сейчас основывается столько же на научном опыте физиков и химиков, сколько на научном *наблюдении* астрофизиков.

14. Эта космическая среда, в которой наблюдаются прежде всего движения материи и энергии со своей космической скоростью проявления, в космических просторах господствующей, неотделима от нашей планеты, но достигает ее только своими слабыми отголосками.

Три явления могут быть сейчас отмечены, но по-видимому, мы находимся лишь в начале понимания проблемы.

Во-первых, *электромагнитное поле Солнца* захватывает ионосферу нашей планеты, внося в нее связанные с ним радиации Солнца и движущиеся с космической скоростью материальные его корпускулы.

Во-вторых, из-за внесолнечных пределов, может быть, даже из-за пределов вне нашей Галаксии, глубоко проникают в нашу планету *космические излучения*, вызывающие, по-видимому, на Земле (и в Космосе) среду *рассеяния* элементов, независимо создаваемые и радиоактивным распадом земных химических элементов.

И в-третьих, в земную среду входят непрерывно с космической скоростью, сгорают и вызывают ряд быстро проходящих, но в совокупности непрерывных процессов земного вещества, в конце концов с потерей космической скорости являющихся нами как космическая пыль, падающие звезды, часть серебристых облаков, газовые новообразования, наконец, метеориты.

Это — начало нам научно известных, но не оцененных в своей совокупности и в значении явлений. Ближайшее будущее вскроет нам здесь много нового и сейчас нам не видимого.

И наконец, в ту же область явлений космической скорости входят все *вещество нашей планеты*, прежде всего ясно для нашего понимания, *радиоактивные элементы*, временно такими становящиеся другие обычные элементы и, наконец, как я уже указывал, все элементы, все атомы. Причина радиоактивности нам неизвестна, и, очевидно, распадение атомов и атомная энергия, с этим связанная, являются основной в нашем теперешнем представлении наряду с тяготением, чертой строения Космоса и нашей планеты.

15. Прежде чем перейти к биосфере, я считаю себя вынужденным обратить внимание Академии на недопустимую дальше отсталость нашей геологической работы в этой области геологии, которая может быть названа *радиогеологией*. Так дальше без глубокого вреда для дела продолжать мыслить нельзя.

Дело в том, что сейчас геология в нашей стране переполнена представлениями далекого прошлого, неверность и ненужность которых давно доказаны, учтены мировой научной мыслью — особенно в странах Северной Америки.

У нас геологи не учли, что *причина* проявлений высокой температуры на нашей планете *найдена* и спору и сомнению не подлежит. Наша планета, как и все другие, поскольку они известны, есть тело, *по существу, холодное*, и повышение ее температурного состояния вызвано двумя процессами: лучеиспусканием Солнца и

атомной, вернее ядерной, радиоактивной энергией. Первое так глубоко проникло в науку, что мы забываем, что оно было в свое время принято с большой борьбой и вошло в науку окончательно только немного более 100 лет назад (в 1820-х годах), после работ Фурье; вторая до сих пор в нашей геологической среде вызывает сомнение или иногда просто отбрасывается. Хуже всего, что молодежь, наша научная смена, воспитывается в уверенности, что эти сомнения являются не *научной ошибкой*, а допустимым научным скепсисом, осторожностью научной мысли. Я не знаю у нас ни одного учебника геологии для высшей школы, даже среди лучших, где бы сознание происшедшего перелома отразилось должным образом. Если я не ошибаюсь, в нашей средней школе продолжают преподавать космогонии как реально допустимые или как научные теории — представления, корни которых идут в глубь средних веков, в XVII в., которые вошли в сознание и отражают философию просвещения XVIII в. и давно, уже десятки лет, наукой отвергнуты.

Та тепловая энергия, которая связана с *химическим составом земного вещества*, с концентрацией в нем радиоактивных химических элементов, которые наблюдаются в окружающих горных породах, вполне, с огромным излишком, достаточна для научного объяснения всех тепловых и динамических процессов, нашей планете свойственных. Больше того, гранитная оболочка, богатая радиоактивными атомами, не может продолжаться глубоко внутрь планеты: наблюдаемый тепловой (по сути, холодный) режим Земли резко этому противоречит.

Особенно это недопустимо после новых крупных успехов в учении о радиоактивности, достигнутых в 1938—1939 гг.

Опыты над распадением тяжелых атомов — урана, тория — недавно вскрыли новые явления, раньше неизвестные. Они вскрыли новый фактор, имеющий, мне кажется, большое значение в геологических процессах. Они выяснили значение *нейтронных реакций*. И в связи с этим становится ясным, что мы должны считаться с гораздо большей интенсивностью на Земле теплоиспускания радиоактивных элементов, чем это думали, например, во время Геологического конгресса в Москве в 1937 г., когда мне пришлось в последний раз выступать с докладом по радиогеологии.

В связи с этим перед нами впервые открывается надежда научно подойти к разрешению одной из *основных геологических загадок*, которая не получала до сих пор никакого удовлетворительного ответа и, в сущности, не охватывалась ни одной из космогонических теорий.

К решению мы не могли подойти и исходя из того, что было нам известно до 1938 г. в области радиоактивности. Но, опираясь на эту область явлений, мы уже тогда твердо знали, что наше понимание этих процессов начальное, и мы могли быть уверены, что дальнейшее движение по этому пути приведет к разрешению загадки.

Мне кажется, что мы сейчас в радиогеологии к такому разрешению подходим.

Я говорю о *вулканизме* в широком смысле этого слова, о причинах и источниках энергии *вулканических извержений и магматических очагов*.

До сих пор геолог никакого сколько-нибудь конкретного ответа на вопрос о причинах этих явлений дать не мог. А между тем это явление ясно видно на протяжении всех геологических процессов с катархеоза.

Нейтронные реакции, которые имеют характер цепных реакций, как показал недавно Нельцин в Париже, позволяют, по-видимому, подойти к научному изучению этой проблемы.

Существование нейтронных излучений из гранитов Средней Азии было недавно указано Горшковым и его сотрудниками. Идея Нельцина должна быть проверена не на гранитах, а на вулканических породах, особенно самых молодых и свежих.

Как раз об этом мы сговаривались этим летом в Узком с недавно ушедшим из жизни крупнейшим исследователем вулканизма в нашей стране, дорогим долголетним моим другом и моим учителем Ф.Ю. Левинсон-Лессингом. Мы думали в ближайшую сессию поставить на обсуждение эту проблему. Ему не суждено было принять участие в этой работе. Но она должна быть сделана.

16. Биосфера занимает совершенно определенное положение в нашей планете, является проявлением ее организованности. Для понимания ее химического состава необходимо это точно учесть. Она коренным образом, резко отличается от *земной коры*. Понятие «биосфера» ввел в геологию Э. Зюсс в своей работе о происхождении Альп 65 лет назад. Он вновь вернулся к нему в «Лике Земли», оказавшем огромное влияние на геологическую мысль в конце XIX — начале XX в. Но в том понимании, в котором это понятие сейчас входит в жизнь, в геохимию и в связанные с ней области проблем, в биогеохимию например, оно не вполне совпадает с понятием Зюсса. Я не буду здесь углубляться в выяснение этого различия, а буду исходить из того понимания биосферы, какое сейчас вошло в жизнь в геохимии. К сожалению, геологи недостаточно глубоко используют эти представления, которые в геофизике и в геологической ее трактовке уже приобретают первостепенное значение.

Я буду исходить из следующего, сведенного в таблицу (§18) представления, отвечающего, мне кажется, эмпирическим данным геологии, геохимии и геофизики о структуре планеты; буду касаться только в нужной мне для данного доклада степени, возможно кратко.

Можно сейчас утверждать как научный факт, что наша планета состоит из концентрических оболочек, устойчивых и прочных во времени, но находящихся в непрерывном, более или менее резко проявляющемся, закономерном изменении.

Эти концентрические оболочки находятся в состоянии устойчивого динамического равновесия, которое можно в отличие от механизма планеты назвать *организованностью планеты*. Отличие организованности от механизма в основном заключается в том, что в ходе временидвигающиеся точки никогда не возвращаются в то же самое положение — они возвращаются только в *близкое*.

Говоря о концентрической последовательности геологических оболочек и геосфер, мы должны понимать их не как геометрически правильные концентрические объемы пространства планеты, ограниченные шаровыми и эллипсоидальными поверхностями. Ясную картину реальной оболочки дает, например, граница тропосферы на суше. На океане она очень приближается к пространству, ограниченному эллипсоидальной, почти шаровой поверхностью, а на суше ограни-

чивающая поверхность чрезвычайно неправильна — она в Гималаях подымается больше чем на 8 км от уровня геоида, а в восточно-африканских впадинах лежит много ниже уровня геоида.

Когда я говорю о концентрических оболочках и о геосферах, я говорю не об идеальных их моделях, а о реальных формах. Я буду различать в этих концентрических оболочках более крупные подразделения — *геологические оболочки* и более дробные их подразделения — *геосферы*.

Никакого объяснения этому эмпирическому обобщению сейчас дать мы пока не можем. Мы должны пока брать его как научный факт, научное наблюдение.

Ясно, однако, что это — явление сложного происхождения, сложившееся в ходе геологического времени, можно сказать, явление *планетное*, земное в частности, отражающееся коренным образом на всех явлениях, имеющих место на Земле, и на всех научных исканиях, с Землей связанных.

17. Можно свести это строение из *геологических оболочек и геосфер в таблицу* (§18), которая является научным *эмпирическим обобщением*, является научным фактом — основным геологическим явлением, в котором мы начинаем разбираться и которое в его значимости мы только начинаем сознавать.

Геологические оболочки и геосферы представляют область изучения, которая характеризует Землю как планету. И те и другие характеризуют *Землю как целое*. Оболочки и геосферы очень часто являются сплошными концентрическими отрезками, но в некоторых случаях могут занимать только часть (может быть, большую) концентрического пространства, ограниченного — в идеале — шаровыми поверхностями, и не охватывать всю планету.

Это явление, не отвечающее характеру тела, вращающегося вокруг оси, представляется нам явлением вторичным, нарушающим его первоначальную симметрию.

Пока мы не можем дать никакого объяснения — должны искать его. В данный момент, мне кажется, можно оставить в стороне все гипотетические попытки объяснения. Важно прежде всего точно установить факт нарушения симметрии, характер диссимметрии и ее изучить.

Пока ясно, что такая диссимметрия строения связана с характерной чертой строения Земли, с Тихим океаном, с *гидросферой*. Под Тихим океаном не существует ни стратисферы, ни метаморфической оболочки, ни гранитной оболочки. Наши знания здесь так недостаточны, что мы можем ожидать много неожиданностей.

Сводя в таблицу состояние наших знаний о геологических оболочках и геосферах, я оставляю в стороне всякого рода теоретические построения и включу только то, что вытекает из опыта и наблюдения (§18).

При суждении об этой таблице надо принимать во внимание резкое различие в достоверности нашего знания, правда быстро улучшающегося. Наши знания в направлении космических просторов, концентрических геологических оболочек, лежащих выше биосферы, значительно более точны, чем знания земных глубин, что связано, конечно, прежде всего с тем, что газовая среда, с которой мы имеем

здесь дело, более доступна нашему зрению, основному фактору познания картины нашей природы.

По мере удаления вглубь и ввысь от области жизни — биосферы — наши знания становятся все более неполными и, вероятно, через немного лет изменятся по сравнению с современными.

Важно только не включить чего-нибудь такого, что вскоре должно быть вычеркнуто, и не пропустить чего-нибудь основного из-за лишнего скепсиса.

Я дам сперва таблицу геологических оболочек и геосфер, как они, мне кажется, сейчас выявляются, и затем дам краткие, мне кажущиеся нужными, разъяснения.

18. Вот эта таблица.

ТАБЛИЦА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК И ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

I. *Электромагнитное поле Земли.* Физический вакуум захватывается электромагнитным полем Солнца. Примерно от 500 и выше 1000 км от уровня геоида. Следует суточному вращению планеты. Возможно и проникновение материальных частиц из Солнца (водород) и Галаксии. Это поле не есть инертная среда, и материально-энергетический обмен с Космосом нашей планеты начинает в нем выясняться как характерное проявление структуры планетной системы.

II. *Ионосфера.* Разреженный газ из атомов и ионизированных атомов. Сильное электромагнитное поле Космическое и солнечное излучения играют большую роль. Распадается на ряд геосфер: А (сверху). Примерно от 500 до 100 км вверх от уровня геоида. Температура повышается непрерывно кверху. На 235,6 км по наблюдениям Ф.Уиппля (1939), она равна 100 °.

III. *Стратосфера.* Верхняя граница условно 100 км. Нижняя колеблется от области минимальной температуры газовой массы планеты, открытой Тейссеран де Бором в 1902 г. (точка инверсии). Нижняя граница колеблется в пределах 9-15 км. Наименьшая наблюдавшаяся температура — 98 °. Температура кверху непрерывно повышается. По Ф.Уипплю (1939), на высоте 43,4 км она равна +20 °. Газовый состав, разрежающийся кверху с неизменным, тем же, что и в тропосфере, отношением $N_2:O_2$ независимым от высоты над уровнем геоида. Пары воды, по-видимому, отсутствуют. Человек проникает в нижние слои стратосферы.

IV. *Биосфера* распадается на три *геосферы*: *тропосферу* (наша атмосфера), *гидросферу* (Всемирный океан), *литосферу* (суша). Здесь впервые мы встречаемся с несплошными геосферами, охватывающими не всю планету, с резко выраженной диссимметрией, явно связанной с частью гидросферы — с Тихим океаном.

Тропосфера мощностью 9–12 км, кверху непрерывно переходящая в стратосферу; это наша *атмосфера, воздух* — она есть последняя сплошная газовая оболочка, охватывающая всю планету. Она проникает всю гидросферу, образуя *подводную тропосферу, давление которой независимо от давления массы воды.* Тропосфера в виде подземной тропосферы проникает и всю литосферу.

Мощность *гидросферы* в среднем 3,8 км, мощность *литосферы* больше 3 км от уровня суши.

Общая мощность биосферы, таким образом, от 12 до 16 км.

В гидросфере приходится выделять большую ее часть — *Тихий (Великий) океан*, который выполняет впадину, имеющую совсем другое строение, чем вся биосфера. В ней нет *стратисферы*, метаморфической оболочки, гранитной. Возможно, здесь находится уменьшенная в размерах *подгранитная оболочка* — VII — тяжелых пород.

Под всей суши V— VIII оболочки существуют.

Нижний уровень их различен в разных местах, в пределах 37–65 км от уровня геоида. Можно считать открытым для научных гипотез явление резкой диссимметрии — особое происхождение впадины Тихого океана. Область этих явлений требует пристального внимания.

Вся биосфера, включая тропосферу во всех ее формах, находится в непрерывном движении. Температура свободной *тропосферы* *кверху понижается*, температура *гидросферы* *понижается книзу*, температура *литосферы* (с проникающей ее подземной тропосферой) постепенно повышается с глубиной. Состав тропосферы в основной ее части — отношение $N_2:O_2$ в воздушной и в подводной ее части — тот же в основном, что и в стратосфере. В подземной части тропосферы кислород быстро исчезает (*кислородная поверхность*), резко создается *азотная подземная атмосфера*. Одно космическое явление характеризует биосферу. Здесь заканчивается проникновение всех космических радиации в вещество нашей планеты. Они охватывают всю тропосферу, проникают в гидросферу, вернее в ее верхние 1–3 км по крайней мере, и на сотни метров входят в вещество литосферы. К сожалению, нижняя граница их не установлена.

Вещество биосферы резко и глубоко *неоднородно*. Это, с одной стороны, *живое вещество* (совокупность живых организмов), богатое действенной энергией, создаваемое под влиянием космических излучений, а с другой стороны, *косное вещество*, действенная радиоактивная и химическая энергия которого в подавляющей его массе в *аспекте исторического времени* ничтожна. Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, действенная его энергия по сравнению с энергией косного вещества в историческом времени огромна. Живое вещество есть самая мощная геологическая сила биосферы, растущая с ходом времени. Оно не случайно и независимо от нее в ней живет, но есть проявление физико-химической организованности биосферы.

Человек живет в биосфере. Природа биосферы есть та природа, которую он может максимально познавать и от которой исходит для познания Космоса и других геологических оболочек планеты — проникает в ее недра.

V. *Стратисфера* — выделенная Э.Зюссом оболочка осадочных, главным образом морских и обломочных, а также терригенных пород. Под глубинами гидросферы отсутствует. Не является сплошной. В течение геологического времени мощность, начиная с кембрия и кончая кайнозойем, могла бы достигнуть 120,6 км (по К. Шухерту, 1931). Температура достигает 100° (в различных местах по-разному) уже в немногих километрах вниз от уровня земной поверхности. По месту в планете в стратисферу должны быть включены вулканические породы — лава, покровы и туфы, выливающиеся на земную поверхность, на дно Океана или останавливающиеся, не доходя до биосферы.

VI. *Метаморфическая оболочка*. Отсутствует под Тихим океаном. Благодаря высокой температуре, проявляющейся уже в стратисфере и усиливающейся по мере углубления, непрерывно увеличивающемуся давлению и непрерывному проникновению горючих растворов и газов снизу все вещество стратисферы перекристаллизовывается в ходе геологического времени и переходит в очень определенные, новые минералы и их комплексы, в *метаморфические породы*. Можно различить две относящиеся сюда геосферы — *верхнюю и нижнюю метаморфические оболочки*. В нижней геосфере резко выступает проявление давления. Мощность метаморфической оболочки различна в разных местах. Кристаллические решетки и молекулы нижней геосферы характерны своей комплексной структурой.

VII. *Гранитная оболочка*. Отсутствует под Тихим океаном. По-видимому, гранитная оболочка начинается на глубине 12–25 км от уровня геоида, но эта верхняя граница не может считаться ясно определенной. Ее мощность может исчисляться 35–40 км, но эти цифры ненадежны. По-видимому, есть общий перерыв механических свойств (суша) на глубине около 60–63 км от уровня геоида. Вероятно, на этом уровне (60–100 км от уровня геоида)

мы выходим в VIII геологическую оболочку, оболочку тяжелых силикатных образований, в оболочку, которую без всяких оснований называют дунитовой, перидотитовой и т.д. С геохимической точки зрения такое название, связанное с двумя предположениями, вошедшими с легкой руки Э.Зюсса, назвавшего ее *Sima*, т.е. богатой Si и Mg, недопустимо. Мы не имеем никаких оснований допускать уменьшение с глубиной количества алюминия и увеличение количества магния. Я буду называть ее тяжелой подгранитной оболочкой.

VIII. *Тяжелая подгранитная оболочка*. Она, по Гутенбергу (1939), отсутствует под Тихим океаном¹, но это не является еще доказанным. Возможно, что она уменьшена в мощности. Область неустойчивого равновесия здесь заканчивается или близка к концу. «Подвижная земля» Дэли, область дислокаций, охватывает, таким образом, область земных явлений от биосферы до этой оболочки тяжелых силикатовых образований включительно. В последней она постепенно сходит на нет. Это представление явно временное. Широко распространенные сейчас в геологии представления о ней требуют коренной перестройки и явно не отвечают современному уровню знаний. Несомненен один факт — большой удельный вес этой оболочки — 3,5–4,5. Говорить о дунитовых или перидотитовых породах, о яркой роли магния, опираясь на факты, нельзя. Глубже 60 км от уровня геоида вещество становится резко пластическим и твердое состояние химических соединений неотличимо от жидкого. Для силикатов, алюмо- и феррисиликатов можно говорить о пластическом состоянии — стекловатом. Геохимически нет ни малейших указаний на большую роль магния и на резкое уменьшение значения алюминия. Наоборот, значение алюминия и особенно железа должно увеличиваться. Силикаты, алюмо- и феррисиликаты железа, надо ожидать, будут играть большую роль с углублением внутрь планеты. Их кристаллические ячейки, не существующие в качестве монокристаллов, но не разрушимые давлением (какое здесь имеет место), должны отвечать идентичным плотным молекулярным структурам. Каолиновые тетраэдры (AlO_4), (SiO_4), (FeO_4) должны господствовать. Где-то, едва ли близко к 60 км, возможно много глубже, достигается в этой оболочке максимальная температура планеты.

В гранитной оболочке и в низах метаморфической мы встречаем магматические очаги, происхождение которых, возможно, связано с нейтронными реакциями радиоактивного распада.

Ниже этой поверхности, в оболочке тяжелых силикатовых образований, где, можно думать, преобладают Si — Al — O — Fe, температура с углублением должна понижаться, ибо, насколько известно, источник теплоты — количество радиоактивных атомов быстро уменьшается.

В пластическом силикатовом веществе должны сохраняться газовые проявления, иначе нам непонятны пока смещения вещества, связанные с глубинными землетрясениями, в районе Тихого океана — на глубине сотен километров от уровня геоида.

Силикатовая оболочка идет до глубины по крайней мере 1200 км.

IX. *Силикатовая пластическая оболочка, заключающая более тяжелые металлические выделения*. Возможная, многими считаемая установленной. Фактом этого считать пока не можем.

X. *Металлическое сдавленное ядро планеты*, в котором, по-видимому, преобладает α -железо — ферромагнитная полиморфная разность железа. Его существование объясняет магнитное поле и высокий удельный вес планеты в целом. Надо отметить, что удельный вес этой металлической части планеты, учитывая давление, выше удельного веса железа (больше 8 вместо 7,5). Возможна смесь ферромагнитной разности железа с более тяжелым металлом (едва ли никель — недостаточно тяжелый). Температура металлического ядра, вероятно, сравнительно низкая. Может быть ядро холодное.

¹ Под Тихим океаном, вероятно, твердая.

19. Надо отметить еще некоторые явления, о неизбежном проявлении которых мы не должны забывать, когда имеем дело с областями больших глубин, т.е. с земными недрами, с глубинными оболочками.

Это термодинамические области, на которые мы не можем переносить без ярких поправок явления, изучаемые нами на земной поверхности.

Прав проф. И.И.Заславский, который отметил, что силикаты и алюмосиликаты больших глубин, областей больших давлений, должны больше отвечать другим телам — минералам, чем обычные полиморфные разновидности силикатов, нам известные.

Небольшой наблюдаемый скачок плотности глубинного материала планеты не позволяет, при полном отсутствии других указаний, предполагать существование резкого изменения его химического состава: силикаты, алюмо- и ферросиликаты кальция, магния, железа, натрия, калия должны по-прежнему резко преобладать.

Но они должны в главной своей массе отвечать новым атомным структурам — молекулам и монокристаллам — этих элементов, таким, которые устойчивы в глубинных термодинамических полях планеты большого давления и относительно низкой температуры. Тетраэдрическое распределение атомов кислорода вокруг атомов алюминия, кремния, железа должно здесь выявляться еще более резко. Молекула не разрушается в этой термодинамической среде, не разрушаются, следовательно, и кристаллические пространственные решетки.

Существование под гранитной оболочкой оболочки основных пород основывается только на научной гипотезе, построенной на космогонических представлениях. Э.Зюсс, исходя из них, пытался в своем представлении о «Сима», лежащей ниже гранитной оболочки, использовать идею А.Добрэ и С.Менье, исходивших из сравнения метеоритов с земными породами (что сейчас едва ли допустимо). Он, как и Добрэ, искал в окружающей нас среде эмпирические данные, подтверждающие космогонические представления, по существу дедуктивные и связанные с чуждыми нашей планете явлениями (§20).

В 1860-1870-х годах можно было думать, что метеориты независимо от космогонических представлений могут помочь разобраться в строении нашей планеты. В 1930-1940-х годах мы можем утверждать, что эта надежда благодаря росту метеоритики, с одной стороны, и успехам геологии — с другой, отпадает.

Попытки Зюсса опереться на эти идеи в конкретных геологических явлениях, в никелевых рудах и в генезисе земного никелевого железа, кончились полной неудачей.

Мы знаем пока только одно, что под *гранитной оболочкой* идут книзу материальные массы, постепенно переходящие благодаря давлению во все более *пластические, стекловатые массы*, в которых отдельные минералы в конце концов исчезают и в которых по мере углубления быстро уменьшаются атомы, находящиеся в состоянии радиоактивного распада.

Эти пластические массы *едва ли могут быть названы горными породами* в обычном понимании. Это в основе другое природное явление.

В декамириадах геологического времени должна была здесь выработаться известная *однородность строения*, нарушаемая термическими явлениями, связанными с радиоактивным распадом атомов, в обстановке увеличения давления

по направлению к центру планеты и уменьшения радиоактивного распада в том же направлении. *Давление повышается, температура уменьшается.*

К сожалению, область высоких давлений, химических и физико-химических процессов, с этим связанных, не охвачена опытом в той степени, в какой это сейчас возможно.

Это одна из основных задач геофизики, настойчиво требующая не теоретических построений, а прежде всего нового научного эксперимента. В нашей стране, к сожалению, эта область экспериментальной физики совершенно отсутствует.

20. В области этих явлений, влияющих на геологическую мысль, однако, прежде всего необходимо очистить почву, освободить научную мысль от пагубного влияния научно-философских верований, не отвечающих той реальности, с которой здесь имеет дело натуралист.

Я остановлюсь здесь на двух областях — на современном положении метеоритики и учения о радиоактивности в их значении для геологических проблем.

В обоих случаях приходится иметь дело с широким господством среди геологов представлений, не отвечающих современному состоянию этих областей знаний.

Сравнение *метеоритов с горными породами* — специфичным *планетным явлением* — едва ли сейчас теоретически допустимо. Во время Добрэ и Менье и, позже, Зюсса это было допустимо. Однако в результате столетней работы только небольшая часть метеоритов могла быть включена в систематику горных пород, но и для нее отличие от земных горных пород не возбуждает сомнений.

Допущение, что в метеоритах мы имеем аналогию с глубинным образованием планеты, что они произошли от разбитой или разорвавшейся планеты, не может сейчас быть введено в научную работу. Я оставляю при этом в стороне само допущение раздробления планеты как реального природного явления, никогда не наблюдавшегося.

Но сейчас и другое обстоятельство заставляет нас относиться с большой осторожностью к этим представлениям первой половины прошлого столетия.

Все ярче и точнее утверждается представление, что метеориты не принадлежат к Солнечной системе, а являются галактическими телами, ибо во всех изученных случаях скорость их движения превышает скорость движения Солнечной системы. Представление Швиннера о том, что это осколки *звезд*, не позволяет с какой-нибудь надеждой на успех пользоваться им для суждения о внутренности *планеты*.

Можно — а я думаю и должно — сейчас все эти ряды представлений оставлять без внимания в научной геологической работе.

21. Точно так же должны быть оставлены в стороне (как не основанные на научных фактах) все представления о существовании в нашей планете остаточных запасов тепла, связанных с ее догеологическими — космическими — стадиями существования. Их допущение связано с космогоническими представлениями, идущими в тот век, когда геология была в зародыше. Они получили широкое распространение в первой половине XIX в., — наиболее ярко они выявились в лапласовских представлениях. И хотя научные факты этим представлениям о некогда расплавленной Земле не отвечают и астрономы давно уже перестали смотреть на эти и аналогичные представления как на научные гипотезы, они в геологии до сих пор не изжиты.

В геологии мы не должны считаться сейчас с этими представлениями и должны отбросить их как ненужные и чуждые реальности, в конце концов искажающие наши точные геологические выводы.

Они до такой степени вошли в научную геологическую мысль, что такие геологи, как Д. Джоли или А. Холмс, впервые широко использовавшие радиологические явления для геологической истории планеты, не решались их отбросить и старались найти компромиссные представления.

Благодаря этому картина крупнейших геологических явлений, выявляемая радиологией, сглаживается и искажается. А между тем она представляет результат точного научного наблюдения и опыта, тогда как космогонические представления, геологию проникающие, являются пережитками философских представлений.

В нашей среде еще сохранилось от далекого прошлого, в действительности уже давно прожитого, но не осознанного, ошибочное представление о примате философских достижений (в том числе и космогонических) над точными научными результатами опыта и наблюдения.

Поскольку дело идет о точно научно установленном факте, он обязателен и независим от философского анализа. Спор может касаться только объяснений, гипотез, теорий.

Во всем дальнейшем изложении я не буду считаться с такими построениями, а буду принимать во внимание только те источники энергии (в данном случае — теплоты) планеты, которые реально сейчас в научных фактах проявляются.

Среди них на первом месте стоит атомная энергия радиоактивного распада атомов. Она одна с излишком достаточна для объяснения всех связанных с ним тепловых проявлений Земли в ее прошлом и настоящем. Давно пора выбросить из геологии фантазии прошлых представлений, корни которых переплетаются с религиозным христианским пониманием реальности, глубоко охваченным философскими построениями XVI — XX столетий.

Без них можно и, следовательно, нужно обойтись.

II

22. Как мы видели, наши знания о *химическом составе земной поверхности и ее глубин* не только случайны, но, что еще важнее, они связаны — в наиболее изученной своей части — не с реальным строением нашей планеты, а с «земной корой» и с идеологическим представлением, сложившимся в связи с ошибочными представлениями о прошлом нашей планеты.

Что такое «земная кора», выраженная в атомной таблице Филлипса-Кларка-Фохта (§ 2), можно вывести из анализа того пути, каким она была получена. Мы видим тогда, что она есть *часть биосферы* — вещество, непосредственно доступное нам в образцах для исследования (§3). Но оно выражено не в своем реальном разнообразии, в своих резко различных проявлениях в разных местах земной коры, а в *средних величинах*, где все различия сглаживаются.

И все же ясно, что это среднее — важная планетная константа, отвечает гранодиоритным горным породам гранитной оболочки. Возможно, что она отвечает по среднему составу былым биосферам, прошедшим через осадочные метаморфические породы.

Для геохимии для углубления ее проблем средний химический атомный состав такой «земной коры» представляет мало интереса, во-первых, потому, что он территориально обезличен, и, во-вторых, потому, что *земная кора* является научно недостаточно ясным, конкретным понятием. Это не особое *естественное тело*. В геологии *земной коры* нет; геолог в ней работает, но она из его работы как естественное тело не вытекает.

Геохимия изучает земные атомы, а не только их смеси (химические элементы), как объекты геологических процессов, как естественные реальные тела. Беря атомы, чистые изотопы, мы имеем дело не с десятками, как это имеет место для химических элементов, но с тысячами различных тел. В науках геологических господствует основной прием научного исследования — стремление, куда прежде всего направляется мысль и работа натуралиста, — находить и определять различия, а не только сходства. Ибо исследователь из истории науки знает, что ничтожные с обыденной точки зрения различия приводят к явлениям, в реальном аспекте вскрывающим грандиозные проявления Космоса.

Как наука геологическая, геохимия, подобно геофизике, прежде всего должна быть связана с *геологической картой*, с тем графическим, сжатым, количественно точным аппаратом геологии, который связывает в единое целое (так как реально единым целым является изучаемая в геологии планета Земля) все геологические наблюдения.

С геологической картой должен быть связан и *химический состав биосферы*. Он в разных точках закономерно различен, и это различие прежде всего обусловлено литологическим составом литосферы, данной точке отвечающей.

23. Мне кажется, можно сейчас из этого исходить, не надо сейчас это доказывать, что биосфера — область жизни — есть резко определенная земная геологическая оболочка, химически резко отличающаяся от других земных геологических оболочек.

Удобно при химическом, в данном случае атомном, ее составе отдельно определять ее геосферы (§ 18), не смешивая их в одно целое, исходя из того принципа, что в точной научной работе различия имеют более значения, чем сходства.

Мы отдельно должны брать для химического их выражения геосферы — *тропосферу, гидросферу, литосферу*. Эти области химически так резко различны и составляют столь резко обособленные массы земного вещества, что необходимость отдельного их химического изучения, его важность и его геологическая значимость не возбуждают ни в ком сомнения.

Но в биосфере есть еще другая особенность, резко отличающая ее от других областей планеты.

Это — резкая неоднородность строящих биосферу *природных тел*, естественных тел, *живых*, с одной стороны, и неживых, *косных* — с другой. Животные и растения, видимые простым глазом и не видимые, проникают всю биосфе-

ру, являются могущественным агентом, меняющим все химические процессы. Они являются, взятые в своей массе, основной *геологической силой*, резко перерабатывающей всю биосферу.

В общей массе биосферы живые организмы, всю совокупность которых удобно называть *живым веществом*, как геологическая сила долго не учитывались. По весу в общей массе биосферы — в среднем ее составе — живое вещество сглаживается и мало отражается в средних числах. Но состав его строго определен, и местами мы видим его свободные мощные скопления.

Таким образом, мы должны отдельно определить:

- 1) состав *тропосферы* с проникающим ее живым веществом,
- 2) состав *гидросферы* с проникающим ее живым веществом;
- 3) состав *литосферы* с проникающим ее живым веществом;
- 4) состав и вес всего живого вещества биосферы.

24. Химический количественный состав *тропосферы* нам известен только в самых общих чертах — для главной массы ее вещества. То, что точные цифры для всех элементов имеют значение для познания полного среднего состава атмосферы, сознание этого в отношении подавляющей части химических элементов отсутствует. Например, количество брома впервые прослеживается нашей лабораторией в 1938 г. (для Москвы). Для фтора еще не установлена точная методика и т.д. Нельзя сомневаться, что в атмосфере в виде газов, или в виде пыли, или в виде водных растворов находятся все химические элементы, в том числе все металлы.

Наше знание количественного элементарного состава тропосферы находится в зачаточном состоянии. Мы знаем состав главных газообразных химических элементов и некоторых газообразных их соединений, встреченных в воздухе. Надо, однако, знать *все* элементы, и нельзя отбрасывать твердую пыль и жидкие растворы, непрерывно находящиеся в атмосфере. Ибо в геохимии мы изучаем реальное природное тело, а не идеальную чистую атмосферу. Атмосферы без пыли и капель в биосфере нет. Она играет в своем реальном виде огромную роль в химии планеты.

Из того, что мы знаем сейчас, уже ясно, что этот состав не случаен, а строго закономерен. Ясно и то, что он различен в разных местах, в разные времена года, меняется в связи с метеорологическими и климатическими условиями.

Метеорологи и климатологи мало в общем обращали внимания на химическую часть своих областей знания. Химическая сторона этих наук находится в самом зачатке.

А между тем едва ли можно сомневаться, что глубокое количественное знание этого состава должно представлять большой государственный интерес, так как, вероятно, с ним связано здоровье населения и государственно ценных животных и растений.

В этом масштабе, в котором приходится вести эту работу, она ставится впервые.

25. Значительно лучше обстоит дело с *гидросферой*. За последние годы в ряде лабораторий (у нас в Биогеохимической лаборатории Академии наук) идет

количественное определение химического состава воды Океана и морей для элементов, ранее недостаточно точно определенных. Работа еще не закончена, но ясно, что она в ближайшее время будет доведена до большой научной точности.

Выдвигается несколько вопросов, которые при этом попутно могут быть разрешены.

Я здесь отмечу главное.

I. Различие между составом морей и океана. С точки зрения гидросферы — земной геосферы — воды морей в общей массе ее теряются, но для тех конкретных задач, которые сейчас выдвигаются, воды морей (конкретно воды морей нашей страны) должны быть поставлены на видное место и возможно точно количественно изучены.

Можно здесь ждать больших различий и по солевому составу, например для большинства металлов. Для состава воды морей Балтийского, Белого, Баренцева, морей Лаптевых, Охотского, Японского, Черного, Азовского чисел для большинства металлов нет.

II. Для *океанической* воды очень мало данных для глубинных вод (их солевого состава для элементов, более редко встречающихся). Это особенно важно в связи с вопросом о генезисе солевого состава воды Океана, где наряду с реками должны играть большую роль подводные и наземные вулканические явления.

Еще меньше наши сведения о водах донных осадков морских и океанических — той лаборатории, где окончательно выходят из водного равновесия новые нерастворимые в условиях дна Океана химические и биохимические соединения.

III. Больше, чем для суши, важно здесь исследование *живого вещества*, населяющего Океан и моря.

Вполне отделять морскую или океаническую воду от населяющей их жизни мы не умеем, но важны данные для больших биоценозов. Есть данные, и они увеличиваются (и в нашей лаборатории), для планктона. Но, например, для коралловых морей и их жизни их чрезвычайно мало. Для бентоса и для саргассовых областей также очень недостаточно.

IV. Мне кажется, отдельно надо выделить Тихий океан, особенно его глубинные воды и воды донных осадков. Здесь начинают выявляться химические аномалии — увеличение *радия* (и тория?) в илах (и в водах донных осадков) с глубиной ила. Скопление в них максимального на нашей планете в больших массах процентного содержания радия — большего, чем в самых богатых по радию горных породах, заставляет обратить внимание на это явление. Загадка Тихого океана (§ 3, 18) должна быть изучена как одна из основных проблем радиогеологии и геологии.

В связи с этим должны быть изучены в нем *гелий и тяжелые благородные газы*.

Воды, особенно пресные, но и морские, являются концентраторами для тяжелых благородных газов.

В областях глубоких илов Тихого океана мы можем войти в земное поле устойчивости жидкой *угольной кислоты*.

26. Тропосфера и гидросфера все же представляются нам более простыми по сравнению с теми задачами, которые охватывают твердую среду биосферы.

Но в то же время мы встречаемся с двумя обстоятельствами, которые делают определение ее химического состава с научной и с государственной точки зрения особенно важным и очередным.

С одной стороны, такое изучение литосферы имеет большие приложения к нашей жизни, которые до сих пор не используются, так как до сих пор точного количественного состава литосферы в пределах биосферы мы не знаем. Человек является наземным существом и теснейшим образом связан с сушей, с ее растительным покровом прежде всего. Как обитатель суши он химически от нее неотделим.

С другой стороны, мы встречаемся здесь впервые с резко различным химическим субстратом жизни в разных местах литосферы, чего в таком масштабе и постоянстве не имеем ни для тропосферы, ни для гидросферы. В то время как для этих природных тел средние числа химического элементарного состава в общем отвечают реальности, для литосферы они и такого значения не имеют и в природе реально не выявляются. Средний состав литосферы не свойство естественного природного тела, а отвлеченное идеальное построение.

Уже исходя из этих соображений, необходимо к твердой части биосферы подойти иначе и в геологическом изучении связаться с геологической или по крайней мере с литологической картой.

27. Я считаю этот вывод и связанную с ним проблему чрезвычайно важными для геохимии, для научно правильной постановки *всех ее проблем*.

В частности, отсюда вытекает ряд важнейших приложений геохимии к жизни, которые заставляют обратить ныне на эти проблемы внимание и стремиться к тому, чтобы на быстрое составление геохимической карты биосферы были затрачены необходимые материальные средства и чтобы эта задача как таковая была поставлена в ближайший порядок дня государственной геологической работы.

Человек в течение всей своей жизни не выходит за пределы биосферы. Он только в последние годы подошел или подходит к ее научной границе, когда при бурении он превосходит 5 км от уровня Земли, но и здесь он пока не выходит, по видимому, за пределы биосферы, так как 3,8 км, принимаемые (§18) за ее нижнюю границу, являются средним числом. Местами реально жизнь идет много глубже.

Как, подымаясь в стратосферу (§18), человек неизбежно в технике своей работы вводит туда видимую и не видимую простым глазом жизнь, так и, углубляясь за пределы биосферы, он несет ее с собой, расширяет биосферу, хочет ли он того или не хочет.

Прикладное значение геохимии, науки о закономерностях в нахождении химических элементов, атомов в нашей планете, охватывает все рудное дело и всю нашу технику. Если мы будем знать эти законы, мы сможем научно точно находить нужное нам полезное ископаемое. Геохимия в этом аспекте является, вернее, должна являться основной наукой, на которой должно строить *учение о полезных ископаемых*.

Очевидно, правильно понятая государственная работа должна это учитывать и должна быть так организована, чтобы в возможно короткое время было достигнуто нужное понимание этих, сейчас отсутствующих, геохимических данных, огромное значение которых ясно; средства на их получение быстро окупятся.

Рудой, или полезным ископаемым, являются такие концентрации металлов или металлоидов или их соединения, которые при меняющихся условиях государственной жизни окупаются при обработке, имеют реальную бесспорную ценность.

Законы концентрации химических элементов (и их соединений) до сих пор не выявлены. В результате больших научных наблюдений собран огромный материал, являющийся в общем сырым и случайным. Систематически, целеустремленно, организовано он не создавался. Единичный личный опыт, всегда случайный, индивидуальный, стоял на первом месте, и в ряде поколений таким путем собран огромный ценный материал. Но он не обработан научно, так как при создании его не исходили из определенной, точно поставленной задачи, не исходили из *задачи определения количественного химического состава биосферы*.

Как определять концентрацию химического элемента в биосфере? И какие концентрации брать для сравнения?

28. Мне кажется, здесь надо идти двумя путями, каждый из которых имеет свои недостатки и достоинства.

Как мы знаем, благодаря подвижности вещества биосферы оно имеет разное происхождение. Резко выделяются в биосфере материальные части, слагающие два типа вещества различных свойств, разного химического состава и строения, разного своего проявления во времени.

I. Вещество земной поверхности тесно связано с поселением живого вещества и им проникнуто. Оно резко проявляется в аспекте *исторического времени* и меняется в эволюционном процессе в аспекте *геологического времени*.

Эта верхняя часть суши — земная поверхность — не идет глубоко (до сотен метров) и является характерным биокосным телом, которое отвечает так называемой «коре выветривания» (Эбельмен).

На земной поверхности и не глубже средней части коры выветривания сосредоточена подавляющая по массе часть живого вещества биосферы.

II. *Вещество более глубоких частей биосферы*, проникновение которого в нее становится заметным только в аспекте геологического времени. Живое вещество является ничтожной частью его массива.

29. Мы можем различить для первого типа материальных образований биосферы:

I. *Живое вещество*, населяющее биосферу и определяющее в конце концов все главные ее химические проявления. Живое вещество создается живым же веществом — рождением. Связь его с окружающей материальной средой поддерживается идущим непрерывно миллиарды лет закономерным *биогеенным током атомов*.

II. *Вещество земной поверхности* — коры выветривания, находящейся в соприкосновении с тропосферой, — тела: живые и отмершие организмы, продукты их жизни и переработанного ими инертного вещества.

III. *Органогенные горные породы* — создания жизни. Здесь могут быть отмечены два резко различных типа таких тел: 1) образования на суше или на окраинах и дне моря, богатые органическими соединениями — С, Н, О и N — торфы, гумусы и т.п. и 2) богатые металлами — Ca, Fe, Mg, K, Si — водные, главным

образом морские и океанические. Затем: 3) пылевое, частично космическое вещество тропосферы и 4) вещество, попадающее в биосферу, в кору выветривания в частности, непрерывными эндогенными процессами, частью (например, вулканы) из-за пределов биосферы. Вулканические выделения, газы, воды и т.п.

30. Но большая часть биосферы в своей материальной части образована вторым типом вещества (§28), геологическими процессами (передвижением огромных материальных масс), орогеническими процессами (складками, сдвигами), смещенным, вынесенным на земную поверхность и к земной поверхности, в кору выветривания.

Мы видели, что под литосферой на суше лежит сплошная гранитная оболочка. Однако гранитные массы местами взломаны и передвинуты, частью выходят и на земную поверхность. Землетрясения здесь указывают на глубинные смещения не глубже 60 км. Это предел нижний, откуда в течение геологического времени (учитывая денудацию) может проникать в биосферу передвигаемое в форме твердых горных глыб вещество глубинных геологических оболочек.

Мы можем различать здесь горные породы стратисферы, метаморфической оболочки и гранитной (§18).

Попадая в новую среду, в область, богатую газами и водами, в чуждые их образованию условия бытия, в среду жизни, все эти породы изменяются, но обычный их химический состав меняется медленно, разве только в масштабе геологического времени.

Взгляд на геологическую карту ясно проявляет вызванную таким путем мозаичную структуру биосферы. Ненарушенная последовательность пород — кора выветривания, осадочные породы, метаморфические породы, гранитные породы — в полной форме редка. Точное геологическое исследование тектонических процессов давно показало, что подвижность вещества биосферы (§16), максимальная здесь на нашей планете, так велика, что временами на больших участках мы можем наблюдать распределение пород, резко обратное времени их образования и правильности первоначального их нахождения.

И все же совершенно ясно, что в полученном хаосе — на протяжении более чем двух миллиардов лет — мы можем говорить о правильности химического состава биосферы и, зная эти правильности, можем точно количественно решать по мере уточнения нашего знания все более сложные научные и прикладные проблемы, с биосферой связанные.

31. Как все геологические факты, и химический состав геологических оболочек, в том числе и биосферы, есть геологическое явление. Как таковое оно должно быть увязано с геологической картой, с одной стороны, и с основными *правильностями*, которые сейчас проникают всю геологическую работу, — с другой.

Хотя геологи теоретически ясно сознают своеобразное и основное знание химических явлений, с которыми в действительности они имеют дело, когда говорят о трансгрессиях моря, о метаморфизме, о вулканизме, о морских осадках биосферы в которой мы живем, они в своих выводах эту химическую — для биосферы основную — сторону явлений странным образом оставляют без внимания. Когда геолог говорит об органически х процессах, о геосинклиналях и

платформах, он прежде всего и больше всего в действительности считается с изменением химической обстановки литосферы — тверди Земли в данном месте, в данных координатах планеты. Но в свои выводы он это изменение химической среды не вводит и на этой стороне явления не останавливается в своем анализе.

Еще более удивительно, что сейчас этого должным образом не касается и геохимик. Он не использует результатов работы геологов и не связывает с ними те правильности в атомном строении, которые он изучает. Мне кажется, это является основной причиной того реально недостаточного значения, какое геохимия, несмотря на крупные успехи за последние годы, имеет в работе наших геологов.

32. Как идут химические реакции в пределах биосферы и как они отражаются на ее химическом составе? Поле химической реакции в биосфере резко отлично от того «поля», какое создается в наших лабораториях. Это, пожалуй, все, что мы несомненно знаем. Но точного научного представления об этом химическом явлении пока нет. И первый вывод отсюда — необходимость осторожного использования лабораторного опыта для толкования биосферных химических процессов — обычно не делается.

В биосфере мы должны резко различать: 1) химические реакции, которые сказываются быстро — в пределах человеческой жизни — в историческом времени, и 2) реакции, эффект которых сказывается лишь в декамириадах — в геологическом времени. Те и другие идут в том же самом месте. Но, очевидно, разница темпа («количество переходит в качество») не может не учитываться.

В отличие от химически средней «земной коры» Филлипса—Кларка—Фохта (§ 3) здесь в каждой *месте* биосферы мы будем иметь другой химический состав, и мы можем, ориентируясь на геологическую карту, точно его установить и понять. Место должно определяться географическими координатами, как оно всегда выражается на карте.

33. Биосфера является, по-видимому, той частью нашей планеты, где химические процессы Земли достигают максимального выражения. Это связано с тем, что земная поверхность является приемником — частично через живое вещество — космической тепловой энергии, а также потому, что здесь собраны газообразные и жидкие вещества, которые в условиях термодинамического поля биосферы максимально химически изменчивы.

Но эта часть биосферы, захватывающая гидросферу — весь Океан, в области коры выветривания твердой литосферы охватывает меньшую по мощности и весу часть биосферы. Исключая гидросферу, она под сушей не идет глубже чем немногие сотни метров, а большею частью — на десятки метров и меньше. За ее исключением, остальные 3-4 км по характеру химических реакций резко от коры выветривания отличны. Биогенные образования здесь специфичны и в общем отходят на второй план. Жизнь проявляется в газовых реакциях — кислород в газах и в водных растворах не выходит за пределы коры выветривания. Биогенные N_2 , H_2S , CH_4 , CO_2 играют основную роль.

Характер вместилищ (мест) природных химических реакций очень своеобразен. Для огромного большинства из них изменения незаметны в историческом времени и накапливаются в сотни, миллионы лет — в геологическом масштабе вре-

мени. Характерно в этих реакциях *радиальное направление вместилниц химических процессов*. Химия биосферы должна его учитывать, т.е. учитывать ход реакций по направлению земных радиусов. На поверхности планеты это явление может быть выражено в географических координатах, и иногда в ходе геологического времени координаты почти не смещаются. Выходы газовых струй, горячих источников, сопков, вулканов в общем мало смещаются в ходе геологического времени. Водные растворы, расплавленные массы, выходы туфов, газовые массы являются местами интенсивного химического проявления. Стенки пород изменяются главным образом в ходе геологического времени или меняются в том же масштабе благодаря вертикальным смещениям — тектоническим поднятиям и опусканиям — больших областей суши и шельфа, значение которых неожиданно начинает выявляться сейчас в учении о тектонике «земной коры», т.е. реально в биосфере.

Вхождение в геологическую мысль нашего времени этих поднятий и опусканий особенно должно привлекать наше внимание.

Эти новые геологические выводы особенно важны, так как геологи к ним приходят неожиданно для себя, под давлением фактов, исходя из противоположных представлений — о сокращении «земной коры», о горизонтальных перемещениях, о шариажах.

До известной степени мы можем получить представление о происходящем процессе, например, в трансгрессиях моря, растягивающихся на миллионы лет и для данной географической координаты выражающихся в осадочных породах. Перенесенное на масштаб исторического времени, выраженное в геологическом разрезе, такое движение может быть рассматриваемо как проявление планетной *радиальной* химической реакции.

Для нас радиальная (т.е. выходящая по вертикали или вблизи вертикали по отношению к земной поверхности) химическая реакция есть *факт наблюдения*.

Мы можем в геохимии исходить, не боясь ошибки, из реального представления о данном моменте и о данной координате планеты, из химических проявлений планеты, которая не меняет своего объема, не меняет его и по вертикали — с археозоя по крайней мере. Лишь в коре выветривания, в излияниях лав, в эрозии и т.п. мы видим явления другого рода, но эти явления, идущие в историческом времени, мы можем легко учитывать, и они геологически выражаются в вертикальных «каналах», диаметрах, трещинах, минеральных источниках, т.е. опять-таки в *радиальных* — за пределами коры выветривания — химических процессах.

О КОРЕННОМ МАТЕРИАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОТЛИЧИИ ЖИВЫХ И КОСНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕЛ БИОСФЕРЫ¹

ОТ АВТОРА

Прошло больше трех лет, прежде чем автор мог вернуться к «Проблемам биогеохимии»².

Работая в последнее время над книгой «Основные понятия биогеохимии в связи с ходом научного охвата природы», автор считает полезным, — не ожидая ее окончания, которое неизбежно затягивается, — выделить и отдельно развить в «Проблемах биогеохимии» некоторые отдельные вопросы, затронутые им в книге, обратить внимание на которые он считает нужным сейчас же.

Такой проблемой — в этом втором выпуске «Проблем биогеохимии» — является эмпирически устанавливаемое в нем автором коренное, не допускающее исключений, материально-энергетическое отличие живого вещества в биосфере от остальных ее природных объектов и проявлений.

Автор подошел к нему, исходя из изучения жизни как «совокупности всех живых организмов планеты, т. е. живого ее вещества, учитывая особую структуру области, заселенной живым веществом — биосферы, единственной области планеты, закономерно связанной с космическими просторами.

Автору кажется, что с этой стороны еще не подходили к явлениям жизни, а между тем, из такого нового подхода вытекают большие следствия, которые могут быть проверены опытом и наблюдением. Он считает, что напечатанная здесь таблица (стр. 1023) не заключает никаких гипотез и теорий, а является точным изложением научных фактов и связанных с ними эмпирических обобщений. Она не выходит из рамок науки в область философских представлений и в то же самое время резко и определенно выявляет значение жизни — живого вещества — в биосфере как планетного явления.

В связи с поднятыми здесь общими вопросами автор в следующем, 3-м, выпуске, который готовится к печати, выдвигает более общий вопрос — «О состояниях

¹ Печатается по изданию: Проблемы биогеохимии. Т. 2. /В. И. Вернадский. — М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1939. 33 с.

² В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. I. Значение биогеохимии для познания биосферы. Изд. 2-е (первое — в 1934 г.). Л., 1935

физического пространства», который касается не только биогеохимии, но и всего изучения природы и который с проблемами биогеохимии неразрывно связан.

Автор надеется в ближайшее время сдать его в печать. Оба выпуска тесно связаны по тематике.

Москва, сентябрь, 1938 г.

Примечание. Редакционно-Издательский Совет АН печатает эту книгу как ценный вклад в биогеохимию, но отмечает свое несогласие с философскими обобщениями автора.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Живое вещество. Биосфера как оболочка планеты. Новое ее геологическое состояние — ноосфера. Естественные тела и природные явления биосферы — косные, живые и биокосные. Их система — научный аппарат. Левизна-правизна в живом веществе как проявление состояния занятого ими пространства. Свободная энергия биосферы как проявление в ней живого вещества и его биогеохимической энергии.

1. В моей биогеохимической работе, которую я систематически и непрерывно веду с начала 1916 г., я в последнее время оформил выводы, которые указывают на глубокое непереваемое отличие — энергетически-материального характера — явлений жизни от всех процессов, идущих в биосфере, — отличие, которое, с одной стороны, может быть выражено количественно точно, а с другой — требует новой математической работы в области геометрии.

Вскрывается новая проблематика изучения жизненных явлений, которая открывает новые стороны явлений жизни и новые возможности научной работы. Я считаю поэтому полезным обратить внимание на эти представления, не ожидая, когда будет закончена предпринятая мною переработка биогеохимии.

2. В основу биогеохимии кладутся немногие основные представления, не заключающие в себе никаких гипотез, а являющиеся точными и ясными научными понятиями, научными эмпирическими обобщениями опыта и наблюдения натуралиста.

Таким эмпирическим научным обобщением, столь же непреложным, как правильно научно установленный факт, является, прежде всего, само понятие живого вещества биосферы.

Живое вещество биосферы есть совокупность ее живых организмов.

В дальнейшем вместо понятия «жизнь» я буду брать понятие «живое вещество» в таком его понимании.

Обычно в аспекте биосферы отдельный живой организм теряется; на первое место выступает совокупность организмов — живое вещество. Однако и в биогеохимии — в строго определенных случаях — приходится принимать во внимание временами отдельный организм, его индивидуальность.

Это неизбежно приходится делать в тех случаях, когда в качестве геологического фактора выступает, как мы это видим сейчас, деятельность человека, в которой отдельная личность иногда ярко проявляется и отражается на крупных

явлениях планетного характера. Она меняет, ускоряет и вызывает огромного значения геологические процессы своим проявлением в биосфере.

Мы живем в небывало новую, геологически яркую эпоху. Человек своим трудом — и своим сознательным отношением к жизни — перерабатывает земную оболочку — геологическую область жизни, биосферу. Он переводит ее в новое геологическое состояние: его трудом и сознанием биосфера переходит в ноосферу¹, Им создаются в биосфере новые, не существовавшие раньше биогеохимические процессы. Биогеохимическая история химических элементов — планетное явление — резко меняется. На нашей планете создаются, например, в огромных массах новые свободные металлы и их сплавы, в ней никогда не существовавшие, таковы, например, алюминий, магний, кальций. Резчайшим образом изменяется и нарушается растительная и животная жизнь. Создаются новые расы и виды. Лик планеты меняется глубочайшим образом. Создается стадия ноосферы. Сейчас в биосферной земной оболочке происходит бурный расцвет, дальнейшая история которого представляется нам грандиозной.

В этом геологическом процессе — в основе своей биогеохимическом — отдельный индивид живого вещества, людской совокупности — крупная личность — ученый, изобретатель, государственный деятель — может иметь основное решающее и направляющее значение, проявляясь как геологическая сила.

Такое проявление индивидуальности в процессах огромного биогеохимического значения есть новое планетное явление. Оно сложилось, стало проявляться резче и глубже с ходом времени, в последние десятки тысяч лет на фоне истории биосферы миллиардной длительности, когда его не было.

В биогеохимических процессах — за пределами этих явлений — совокупность живых существ — живое вещество, — как и прежде, играет основную роль. Оно характеризуется как совокупность всех организмов, сводимая к математически выраженной совокупности сред и их живых организмов. В биогеохимии изучается, прежде всего, проявление совокупности, а не среднего неделимого. В большинстве других биологических наук мы изучаем главным образом среднее неделимое, причем в науках медицинских и зоотехнических выступает в последние тысячелетия значение — как и во всех науках гуманитарных — неделимого, индивидуальности, личности.

Морфологически в биогеохимии живое вещество проявляется как вид, род, раса и т. п. Мы различаем живое вещество однородное — родовое, видовое и т. п. и живое вещество неоднородное, как лес, степь, биоценоз вообще, состоящее из однородных живых веществ, их закономерные смеси².

Удобство такого подхода к явлениям жизни заключается в том, что мы при этом не сходим в наших суждениях и представлениях в шаткую область гипотез и философских построений о жизни, господствующих в биологической мысли. Мы при этом не выходим из области научных фактов и научных эмпирических обобщений, стоим на их прочной почве.

¹ E. Le Roy. L'exigence idéaliste et le fait d'évolution, P., 1927, p. 196.

² В. Вернадский. Биосфера. Л., 1926. В. Вернадский. Труды Биогеохимической лаборатории. 1. Л., 1930. W. Vernadsky La biosphère, P., 1930. Его же. Очерки геохимии. 1914. Его же. Биогеохимические очерки. М., 1939 (в печати).

3. На ряду с понятием живого вещества выдвигаются еще два эмпирических обобщения — понятие о среде жизни, как биосфере, и о живом организме, как о живом природном (естественном) теле.

Живое вещество находится на нашей планете только в биосфере, которая и есть область жизни.

Этим совершенно точно определяются ее пределы. Исходя из этого определения, к биосфере принадлежит атмосфера — вся тропосфера. А сейчас живые организмы — человек и его неизбежные спутники: насекомые, растения и микробы — проникают сами или с помощью приборов еще выше в стратосферу. Одновременно культурный человек (и его неизбежные живые спутники) проникает вглубь за пределы поверхностного рельефа, сообщающегося с тропосферой, на несколько километров вниз от земной поверхности. Вскрылось сейчас и планетное значение открытого в конце прошлого столетия нахождения жизни — микробного живого вещества, главным образом, анаэробного — в земных глубинах, местами превышающих три километра и, вероятно, больше. Нижняя граница биосферы лежит, таким образом, на несколько километров ниже уровня геоида¹. Весь Всемирный океан в нее входит.

Биосфера представляет собой определенную геологическую оболочку, резко отличную от всех других геологических оболочек нашей планеты². И это не только потому, что она заселена живым веществом, которое является огромного значения геологической силой, ее совершенно перерабатывающей, меняющей ее физические, химические и механические свойства. Но это единственная оболочка планеты, куда проникает заметным образом космическая энергия, ее еще более живого вещества изменяющая. Главным ее источником является Солнце. Его энергия — тепловая, световая и химическая — на ряду с энергией химических элементов есть первоисточник создания живого вещества.

Живое вещество проникает всю биосферу и ее в значительной степени создает. Оно аккумулирует энергию биосферы, главным образом тепловую и химическую энергию солнечных лучей и химическую энергию земных атомов. Возможно, что известная роль играет радиоактивная энергия³.

4. Материально-энергетически вещество, строящее биосферу, резко неоднородно. Мы в нем с этой точки зрения должны различать главную массу вещества ее, не входящую в живое вещество, — вещество, которое я буду называть косным, не живым. По весу главная масса его состоит из горных пород. Но по объему выступают на первое место жидкие и газообразные тела — океан и атмосфера.

В них находится — живет — совокупность живых организмов планеты — ее живое вещество.

¹ В. Вернадский. О пределах биосферы. Изв. А. Н. Серия геологич., М., 1937, стр. 3, сл.

² В. Вернадский. Биосфера. Л., 1926. Его же. Очерки геохимии. Изд. 4-е. Л., 1934 (по-французски впервые в 1924 „La géochimie»). Его же. Проблемы биогеохимии. I, изд. 2-е. Л., 1933.

³ В. Вернадский. Очерки геохимии. Л., 1934. (лит.). Его же. Биогеохимические очерки. М., 1939 (в печати, дана лит.).

Между ними и косным веществом биосферы есть единственная непрерывная материальная (resp. энергетическая) связь, непрерывно идущая во время дыхания, питания, размножения живого вещества, основная для его существования: миграция атомов — химических элементов — из косных тел биосферы в живые естественные тела и обратно — биогенная миграция атомов. Она проявляется в виде движения — ухода и прихода определенных химических соединений и отдельных химических элементов — из живого вещества и в живое вещество в процессах питания, дыхания, выделений, размножения, характеризующих живое вещество. Эти процессы определяют биогеохимическую энергию¹ живого вещества, основным проявлением которой является размножение живого вещества.

Все эти проявления биогенной миграции и биогеохимической энергии определяются размерами, химическим составом и энергией биосферы. Благодаря этому в биосфере могут существовать не всякие организмы, а только строго определенные ее структурой. Живой организм и живое вещество являются закономерной функцией биосферы.

Это обычно забывают. И неправильным образом, — особенно в философских рассуждениях, но и в биологии, — противопоставляют живой организм среде, как будто это два независимых объекта. Такое сравнение есть логическая ошибка. Особенно ярко это проявляется в философии и в корне подрывает огромное количество ее заключений. Я не буду здесь на этом останавливаться.

5. Не менее важно понятие природного или естественного тела. Станным образом это основное понятие, в сущности проникающее все естествознание, обычно оставляется без внимания и без серьезного логического анализа. Однако им пользуются почти бессознательно на каждом шагу.

Мне пришлось в молодости ярко и сознательно пережить проявление его значения. Мой учитель В. В. Докучаев в своей творческой работе в почвоведении выставил положение, что почва есть особое естественное тело, отличающееся от горной породы. Как известно, он доказал этот тезис и тем самым позволил вникнуть своим современникам на ярком примере успешного синтеза в основы творческой работы естествознания².

Но в истории науки и в научной текущей жизни такие события редки. Обыкновенно споры не доходят до основных положений научного знания. Об этих положениях не говорят и о них забывают.

Вдумавшись, легко убедиться, что в основе всего естествознания лежит понятие об естественном (природном) теле и о природном явлении. В наших дальнейших рассуждениях мы будем касаться только биосферы и рассматривать явления, учитывая живое вещество.

Ученые в биосфере изучают только объекты, которые создаются в биосфере силами, имеющими в ней место, или явления, в ней этими силами вызываемые. Объекты, с которыми они имеют дело, удобно называть естественными или

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии. Л., 1934. (лит.). Его же. Биогеохимические очерки. М., 1939 (в печати, дана лит.).

² В. Вернадский. Очерки и речи. II. Л. 1922, стр. 77 сл., Проблемы биогеохимии I. Л. 1935.

природными телами биосферы, а явления — природными ее явлениями. Задача науки заключается в том, чтобы точно исчислить, описать и определить все естественные тела и все природные явления, существующие и существовавшие в биосфере. Работа длится поколениями, и миллиарды миллиардов научных фактов и научных обобщений — т. е. естественных тел и природных явлений — научно охвачены, сосчитаны и приведены в систему. Они составляют основу науки; из них строятся эмпирические обобщения, сводимые опять-таки к естественным телам и к природным явлениям.

Станным образом среди текущей работы ученый не обращает внимания на особый характер своей научной работы по сравнению с другими духовными проявлениями человечества — с искусством, с религией, с философией. Можно говорить вообще об ученом, а не о натуралисте, так как вся область гуманитарных наук (в том числе логика, психология и история философии или религии, или искусства) имеет дело с естественными телами и природными явлениями — и только с ними.

В результате этой работы создается основное содержание науки, для которого странным образом до сих пор нет общепринятого выражения. Мне пришлось назвать его и, может быть, удобно называть его научным аппаратом¹. Этот аппарат начал создаваться в астрономии еще за тысячи лет до нашей эры и был воспринят — дошел до нас — в виде числовых данных для положений солнца, звезд, планет в эллинических сводках (Гиппарх, Птоломей). Работа возобновилась в средние века в Средней Азии. Она всюду велась в летописях в форме точных записей комет, болидов, метеоритов и т. п. С XVI столетия началось быстрое накопление материала и были созданы первые крупные обобщения, основанные на его обработке. Но и в астрономии основное движение, непрерывное с тех пор и быстро развивающееся, тоже началось в большом масштабе только в XVIII веке. В этом же веке — в веке описательного естествознания — стремление точно сосчитать, отметить и описать всякое естественное тело и записать всякое природное явление стало сознательной задачей точного естествознания. Линней (1707–1778), опираясь на работу более старых натуралистов, ввел понятие о «системе природы» и подсчитал впервые число видов животных и растений — однородных живых веществ, населяющих биосферу. Он знал в 1758 г. всего 4162 вида животных (в 1768–5936) и в 1768 г. — 7788 видов растений. Всего живых организмов Линней (1768) различал 13 724. Горных пород и минералов еще меньше. Сейчас количество видов растений приближается к 200 тысячам и, может быть, превысит 300 тысяч. Число видов животных подходит к 800 тысячам и, вероятно, в действительности отвечает нескольким миллионам, может быть достигнет 10 миллионов. В сущности, «система природы», понятая широко, отвечает тому, что

¹ Мне приходится вводить для этого старого понятия новое слово, хотя всем ясно огромное значение понятия, им охватываемого, и то исключительное значение, которое работа над научным аппаратом имеет и по времени и по труду, на нее затрачиваемым, в жизни научных исследователей. Это является следствием пережитков прошлого, того времени, когда философская работа — тогда по праву — считалась основной по сравнению с научной работой.

я называю научным аппаратом. Колоссальное количество чисел, отвечающих физическим и химическим свойствам, — растущее, как снежный ком, все увеличиваясь с ходом времени, добытое главным образом путем опыта ученого, а не путем наблюдений биосферы и впервые создаваемое в биосфере научным трудом, во много раз превышающее количество живых естественных тел, живых веществ и не имеющее границ, — делает обозначение их как системы природы, мне кажется, логически неясным и неудобным и практически невыгодным. Поэтому понятие научного аппарата, в котором мы разбираемся только благодаря тому, что он сведен в научную систему, — проще. В него целиком входят система природы и научный аппарат гуманитарных наук, охватываемый также научной системой, всецело проникнутый индивидуальностью.

6. Каждый объект естествознания есть естественное тело или естественное явление, создаваемое природными процессами. В настоящее время многие квадрильоны, если не больше, естественных тел и природных явлений научно сведены вместе, подсчитаны и научно определены в системе научного аппарата. Число тел и явлений непрерывно растет, система научного аппарата также научно непрерывно совершенствуется. Благодаря этому мы все резче разбираемся в бесчисленном количестве научных фактов. В них заключается основное содержание науки. Переработанные научным обобщением и временными научными гипотезами и теориями, охваченные математической дедукцией и анализом, они являются научной истиной, точность и глубина которой с каждым поколением увеличивается.

Этим точная наука отличается от философии, религии и искусства, где научного аппарата нет и где научная истина, иногда вскрываемая интуитивным творчеством, может быть узнана только тогда, когда научно будет вновь доказана. Эта творческая интуиция иногда намного предшествует научному ее пониманию, и в этих областях человеческого творчества таятся неясные современникам научные истины будущего. Но точно разобраться в них без науки — не сведя их к научному аппарату — мы не можем.

7. Можно различить в биосфере три типа естественных тел: тела живые (например, растение, жук и т. п.), тела косные (например, горная порода, кварц и т. п.) и тела биокосные (например, почва, озерная вода) и т. п.).

Биосфера состоит из резко ограниченных областей, образованных живыми, косными и биокосными телами — водами, живым веществом, горными породами, воздухом и т. п. Переход живых тел в тела косные происходит при их отмирании; когда живое тело перестанет, как таковое, существовать, образуются органогенные горные породы (например, биолиты)¹ и косные тела (например, газы). Биолиты часто являются биокосными телами. Никогда не наблюдается образования живого организма непосредственно из косных тел: принцип Ф. Реди (все живое из живого) не нарушается².

¹ Я. Самойлов. Биолиты. М., 1927.

² О принципе Реди см. В. Вернадский. Очерки геохимии. 4-е изд. Л., 1934. стр. 209 (дана лит.).

Понятие о косном (мертвом) и живом природных телах как резко различных природных объектах, — есть древнее бытовое, исторически — тысячелетия — внедренное представление, понятие «здорового смысла». Оно не может возбуждать сомнений, всем понятно и ясно.

В научной работе — в течение даже столетий — не много можно найти случаев сомнений, причислять ли данный природный объект к живому существу или к косному телу, является ли данное природное явление проявлением живого или косного. Одним из таких сомнений — может быть, самым глубоким — является вопрос о вирусах¹. Может быть, иными являются вопросы, поставленные Д. Ч. Бозе в Калькутте о проявлении жизни в живой и косной материи одинаково, но различно по степени. Но это философские проблемы, которые Бозе пробовал решать с помощью научной методики, как раньше в XIX столетии это менее точно ставил в Европе философски Г. Т. Фехнер. В этом случае вопрос о живом веществе био-геохимии не затрагивается, так как живое вещество в ней есть совокупность живых организмов: Фехнер и Бозе пытались проникнуть в материально-энергетическую субстанцию, общую живому и косному телу.

8. Понятие биокосного естественного тела есть понятие новое — биогеохимически научно точно и определенно отличающееся от понятия косного и живого естественного тела. В биосфере естественные тела этого рода ярко выражены и играют большую роль в ее организованности². Биокосные естественные тела характерны для биосферы. Это закономерные структуры, состоящие из косных и живых тел одновременно (например, почвы), причем все их физико-химические свойства требуют — иногда чрезвычайно больших — поправок, если при их исследовании не учтено проявление находящегося в них живого вещества.

Биогенная миграция химических элементов (атомов) играет в их свойствах большую, нередко преобладающую, роль.

Всякая почва есть в характерное биокосное тело. Это ясно видел уже В. В. Докучаев.

Биокосными телами является подавляющее большинство земных вод. Только в отдельных случаях в них не играет основной роли живое вещество. Этого нет например, в горячих вулканических водах, богатых серной или соляной кислотой, нет в крепких рассолах. А все же даже в Мертвом море есть микробное живое вещество, не играющее, правда, решающей роли. Чисты от живого вещества в первые моменты дождевые воды. Все воды океанов и морей, рек и озер, все их илы представляют биокосные тела. Газовый режим, химический состав и иловые осадки всех этих вод — их химия — в основном определяются живым веществом.

Роль биокосных естественных тел чрезвычайно и еще не учтена настоящим образом в организованности биосферы.

¹ Для вирусов не ясно до сих пор, имеем ли мы дело с новой формой организма («живым белком») или с белком, включающим споры мельчайших организмов. Кристаллизацией — как думают — белок от этих спор очищен быть не может.

² В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. I, Л., 1935, стр. 8 сл.

Процесс выветривания горных пород есть биокосный процесс, что обычно не учитывается. Мне кажется, это объясняет отсталость этой области химической геологии (коры выветривания) от современного уровня знания. К нему подходят только, как к процессу физико-химическому. Биогеохимический подход к решению этой проблемы должен дать много.

9. До сих пор я не выходил за пределы понятий — живого вещества, биосферы, естественных тел и природных явлений (косных, живых, биокосных), — основанных на огромном эмпирическом, точном материале опыта и наблюдений. Они не могут вызывать теоретических сомнений и не требуют никаких новых научных гипотез или научных теоретических построений для своего понимания. Можно спокойно и плодотворно для научной работы здесь сводить в систему и обобщать накапливающиеся научные факты.

Но для понимания дальнейшего мне необходимо коснуться двух больших новых явлений, в научном изучении которых нельзя идти путем простого обобщения научных фактов, а необходимо ввести новые понятия и найти новую форму для охвата фактов.

Оба эти явления чрезвычайно мало охвачены теоретической мыслью и не осознаны в своем научном значении. Они сейчас находятся на грани современного научного знания.

Это, во-первых, понятие правизны - левизны и, во-вторых, понятие биогеохимической энергии.

Правизна - левизна есть исконное бытовое понятие, едва охваченное научной и философской мыслью. На его первостепенное значение для понимания явлений жизни — организма, живого вещества — впервые обратил внимание Л. Пастер и независимо от него несколько раньше Бешан, но Пастер охватил вопрос глубже и выявил в нем явления, которые дают нам возможность точно научно пропикнуть в эту огромную область проблем, всего значения которых Пастер не мог предвидеть. Понятие о биогеохимической энергии было введено мною в 1925 г. в отчете моем Fondation Rosenthal в Париже, который никогда целиком не был напечатан. И моей книге я охватываю этот вопрос, насколько это сейчас возможно.

Остановимся сперва на правизне и левизне в ее отношении к живому веществу и к биосфере.

10. Мы можем здесь не считаться с А. Бешаном, глубоким натуралистом-экспериментатором. Бешан — старший современник Пастера, его враг и соперник, его надолго переживший, — не сумел добиться нужных условий для систематической работы. Он исходил из того же факта, из которого исходил и Пастер, — из открытия в начале XIX столетия в одном из мелких производств Эльзаса превращения виноградной кислоты или ее солей в левую винную кислоту при развитии в ней плесени. Было создано этим путем новое производство левой винной кислоты. В этом химическом воздействии плесени как живого вещества и Бешан¹ и Пастер — оба глубокие химики — увидели замечательное, исключи-

¹ Роль А. Béchamp (1816—1908) выяснилась в последнее время. См. А. Béchamp. Les grands problèmes médicaux. P. 1905 (резкий, явно пристрастный памфлет против Л. Пастера, но он заключает ряд важных документов и фактов). Ср. E. D. Hume. Béchamp or Pasteur. 2 ed. L, 1932.

тельное свойство жизни — живого вещества, — непонятное, необычное, неизвестное и, повидимому, невозможное в обычных химических явлениях.

Задуматься над этим и отметить это — увидеть здесь проблему — уже было большим делом, но только первым началом. Надо было исследовать и выразить явление в конкретных научных фактах.

Жизненные условия не дали этой возможности Бешану. Но Пастер поставил его в связь с совершенно особым свойством энантиоморфных кристаллов, характеризующих — под влиянием живого вещества — рацемические кислоты и соли. В результате получается один изомер — левый или правый, другой не существует, может быть, используется организмом. В этом Пастер правильно увидел резкое нарушение закона кристаллической симметрии. Это нарушение сказалось в том, что правые и левые формы оказываются в живом веществе телами резко различной устойчивости, химически явно не идентичным и, чего никогда не наблюдается для них в косных естественных телах. Очевидно, наблюдаться и не может¹.

Он назвал это явление диссимметрией, но не обратил внимания и не связал с обычной в живом веществе правизной–левизной, с их морфологической и физиологической структурой. Он изучал это явление как кристаллограф и химик, но не как биолог. Сам Пастер не дал более точного определения диссимметрии и не учитывал тех изменений, которые произошли в кристаллографии, когда он вернулся в последние годы своей жизни снова к этой проблеме. Гораздо большее значение имело сделанное при этом Пастером открытие диссимметрии молекул, совершенно аналогичной диссимметрии кристаллических многогранников. Оно вызвало создание целой новой науки — стереохимии. В связи с нею в химию вошло понятие асимметрии (т. е. отсутствия симметрии в пространственных формулах окружения атома углерода). Это слово одновременно в физике и в кристаллографии употребляется в совершенно отличном смысле, создавая путаницу.

И. Создалась путаница, мешающая работе. Диссимметрия молекул, открытая Пастером, указала, что в химической формуле, в том числе и в растворах, отражается присутствие живого вещества, выявляется в химических реакциях неравенство правых и левых атомных структур. Они химически различны в живом веществе, химически индентичны в косной химической среде. Пастер не знал, что в сущности (как это открылось после его смерти) то же явление он же открыл и в кристаллах. Ибо в них он имел аналогичное атомной структуре молекул распределение в пространстве правых и левых спиральных расположений атомов. Это точно вытекало из представления о кристаллическом пространстве — говоря современным языком, — геометрически построенном Е. С. Федоровым и К. Шёнфлиссом в конце прошлого века. Е. С. Федоров правильно видел в совпадении выведенных ими 230 (в действительности — 219) групп с распределением атомов в кристаллическом пространстве доказательство атомного строения хи-

¹ Об этом см. В. Вернадский. Доклады Акад. Наук., 1939 (печ.).

мических соединений¹. Окончательно это было доказано в XX столетии опытом — рентгенографическим анализом кристаллов. Современники Пастера — Зеебер, Ампер и Годэн — это предвидели, но Пастер стоял вне влияния их идей.

После Пастера П. Кюри обобщил понятие диссимметрии, — рассматривая явление, открытое Пастером в организмах, как частный ее случай, — и применил ее для основных физических явлений, электрических и магнитных полей и т. д. как основной постулат физики. Но Кюри не смог окончательно развить свои идеи; внезапная смерть прервала его работу в самом разгаре. В его бумагах не осталось никакого связного изложения достигнутых им результатов. Нужно только отметить, что Кюри доказал существование различных форм «диссимметрии» и логически вывел, что явление, связанное с какой-нибудь формой диссимметрии, должно иметь причину, обладающую той же формой диссимметрии². Удобно называть этот вывод принципом П. Кюри.

При таком состоянии вопроса, я думаю, будет более правильным оставить в стороне понятие и слово диссимметрия и употреблять вместо нее старинное, всем известное представление о различии правизны и левизны в организмах, так резко проявляющееся в человеке. Но так как есть теория (мне кажется, — ошибочная) о проявлении правизны в человеке только в неолите, правильным будет принять для правизны-левизны более общее представление, которое употреблял Кюри перед смертью³, понятие о различных состояниях пространства. Он не успел его за смертью оформить, но оно, по существу, конечно, вполне отвечает разным формам диссимметрии, которыми занимались Кюри и Пастер.

Это понятие было широко распространено среди натуралистов в области описательного естествознания и идет далеко в глубь XVIII столетия. Здесь дело шло не раз о разном состоянии пространства на нашей планете в связи с ее обращением вокруг Солнца, о различии движений и явлений посолонь и противусолонь. Пастер признал возможность разного состояния космического пространства и этим объяснял проявление открытой им в живом веществе диссимметрии. По существу мы должны видеть в состоянии пространства основной геометрической субстрат всех материальных временных и энергетических его проявлений.

В данном случае это будет такое состояние пространства, в котором правизна и левизна, сводимые к правым или левым спиральным структурам атомов, химически идентичны в косных телах и различны в живых. Это — одно из глубочайших геометрических свойств естественных тел — осталось без достаточного внимания и в философии, и в математике, и в естествознании. Но в быту мы все знаем это явление хорошо. Оно известно нам с детства, ибо человек есть естественное живое тело, в котором правизна резко отлична (и химически) от левизны. Левши, например, встречаются одни примерно на 16 тысяч человек. В последнее время

¹ P. Groth. Zeitschr. f. Kryst. 45, 1915, p. 67. Л. Зеебер (1793—1855), первый к этому представлению подошедший, не оказал влияния на его понимание. Оказал больше всего умерший в расцвете сил Л. Зонке (1842—1897) и исходивший из его идей П. Грот (1843—1927).

² Ср. P. Curie, Oeuvres. P., 1908.

³ M. Curie. P. Curie. P., 1924.

эти явления начинают обращать на себя большое — но мне кажется, все еще не достаточное — внимание в биологии¹.

Математики — геометры особенно — не могут оставлять его дальше вне круга своего зрения и должны разработать это основное геометрическое явление.

Я вернусь к вопросу о состоянии пространства в общем охвате и в связи с частным его проявлением в неравенстве правизны и левизны в следующем этюде о проблемах биогеохимии. Здесь я не могу дольше на нем останавливаться. Мне кажется, удобно говорить при этом о физическом пространстве, как предлагал это Гельмгольц.

12. Необходимо остановиться еще на одном явлении, далеко не охваченном научным обобщением о проявлении действенной энергии живого вещества в биосфере.

Уже Р. Майер, почти сто лет назад, учитывал такое проявление живого вещества. Он указал, что в органогенных минералах — в ископаемых углях — мы имеем аккумулятор свободной энергии, захваченной в этой форме живым веществом каменноугольной эпохи, используем ископаемый солнечный луч того времени.

Но в общей форме — о создании и накоплении свободной энергии в биосфере живым ее веществом и природными процессами, с ним связанными, — эта идея сложилась у многих в середине XIX столетия, когда создавалось само представление об энергии.

Я хочу здесь коснуться этого более конкретно: не как основной проблемы энергетики планеты, а как проблемы биогеохимической.

Проявляемая живым веществом в биосфере свободная энергия, сводимая к работе, связанной с движением атомов, проявляющаяся в движениях живого вещества, была названа мною, в 1925 г. биогеохимической энергией (§ 17, п. V). Так как биохимическая энергия чрезвычайно резко отличает живое вещество от косного, необходимо в общих чертах на этом здесь же остановиться.

13. Биогеохимическая энергия живого вещества теснейшим образом связана с тремя основными проявлениями живого вещества в биосфере: во-первых, с единством в ней всего живого вещества, во-вторых, с непрерывным созданием им в биосфере свободной энергии, способной производить работу и, в-третьих, с заселением биосферы живым веществом.

Во всех этих трех случаях проявление биогеохимической энергии различно, и взятая в целом биогеохимическая энергия является не однородной. Она, в конце концов, связана с движением живого вещества в биосфере, с движением пассивным или активным (но отношению к живому веществу), связанным с передвижением масс живого вещества в биосфере, сводимым в конечном итоге к движениям атомов или химических элементов.

Из сказанного ясно, что биогеохимическая энергия не есть особая форма энергии, свойственная живому, это не есть жизненная энергия, проявления кото-

¹ W. Ludwig. Das Rechts-Links Problem im Thierreich u. bei Menschen. B., 1932. Его же. Verhandl. d. deutsch. Zool. Gesellsch. B., 1937 (лит.).

рой искал В. Оствальд, — аналогичная тепловой, химической, световой, электрической и т. п. энергиям. Она не касается закона сохранения энергии, но выявляется в нем в виде форм энергий, уже раньше известных.

Мы можем сейчас точно проследить реальные источники биогеохимической энергии. Ими являются в конечном счете энергия солнечных лучей (световая, тепловая и химическая) и энергия химических элементов, строящих тело живого вещества (энергия химическая и тепловая). Вероятно участие в ней и радиоактивных элементов.

Точный количественный учет калорического эффекта в жизненных процессах, мне кажется, бесспорно устанавливает такое ее происхождение. Она, в сущности, является следствием проявления организованности биосферы и организованности живого вещества, ее населяющего.

Я не могу здесь на этом останавливаться. Отмечу только главные формы ее проявления. Наиболее важной является биогеохимическая энергия, связанная с заселением планеты. Я пытался оценить ее в виде определенной для каждого вида живых веществ максимальной скорости передачи его жизни, — как я ее, может быть, неудачно, называл раньше, — т. е. скорости заселения всей планеты данным организмом. Это энергия, связанная с размножением организмов. Каждое живое вещество может этим путем перемещаться по планете и в определенный срок, различный для каждого живого вещества, может теоретически заселить всю планету. В самых быстрых случаях это заселение может произойти для бактерий — в сутки-полтора, а для слона, — одного из наиболее медленно размножающихся организмов — в тысячу — тысячу сто лет. При полном заселении живое вещество может покрыть всю поверхность планеты, т. е. оно заполнит все линии и площади, реально существующие на планете. Одну из этих кривых линий, линию земного экватора, т. е. точно определенную максимальную по длине земную линию (кривую), можно взять за параметр для сравнения, единый и общий для всех живых веществ. Когда я говорю здесь о заселении планеты, я предполагаю, что заселение идет в условиях, при которых оно могло бы продолжаться нормально и впредь, если бы этому у не препятствовало отсутствие места — площади для заселения. Скорость заселения может при этом выражаться величиной v , которая колеблется в пределах от близких к скорости звука в воздухе, от больше 33000 см/сек (для некоторых бактерий) до сотых долей см/сек (для слона).

Другими словами, дело идет о длительном и прочном заселении планеты организмом в нормальных условиях его жизни, при которых он может существовать в ней поколениями, а не о том взрыве жизни, когда избыток народившихся организмов вымирает из-за недостатка пищи или места для жизни.

Представления эти не вошли пока в научное сознание. Я убежден, что дело будущего их использовать. Надо заметить, что скорость звука отвечает такому реальному условию, при котором воздушная среда, в которой организм живет, даже в случаях жизни водной (в природных водах есть своя подводная атмосфера), не разрушается в своем нормальном строении. Это показывает, что энергия биогеохимическая, так выраженная, почти достигла физически возможных ей пределов.

Полученные таким образом скорости заселения могут быть количественно между собою сравнимаемы, и можно, например, утверждать, что для слона скорость заселения в 10^7 раз меньше, чем для бактерий.

Но биогеохимическая энергия заселения не охватывает всех проявлений этой энергии. Я здесь отмечу еще две ее формы. Во-первых, создание массы живого вещества и ее сохранение метаболизмом неизменно во время его существования. И, во-вторых, ту огромную новую форму биогеохимической энергии, какой в биосфере является техническая работа человечества, сложно руководимая его мыслью — сознанием. Любопытно, что рост машин с ходом времени в структуре человеческого общества тоже идет в геометрической прогрессии подобно тому, как идет размножение всякого живого вещества, людского в том числе.

Эти проявления биогеохимической энергии совсем уже не охвачены научным исследованием.

Настоятельно необходимо направить научную работу в эти области биогеохимии, не только в виду их большого теоретического значения, но и в виду, мне кажется, несомненного их значения для задач государственной жизни. Надо сознательно подходить в ней к происходящему сейчас стихийному процессу перехода биосферы в ноосферу.

Собрать факты и изучить проблемы, связанные с биогеохимической энергией, является для этого первоочередной задачей. Я не сомневаюсь, что это рано ли, поздно ли будет сделано. В книге своей я надеюсь вернуться к этому еще раз.

Основное своеобразное свойство биогеохимической энергии резко и ярко проявляется в росте свободной энергии биосферы с ходом геологического времени, особенно резко с проявляющимся переходом ее в ноосферу.

II. ТАБЛИЦА МАТЕРИАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОТЛИЧИЯ ЖИВЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕЛ БИОСФЕРЫ ОТ ЕЕ КОСНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕЛ

Отличия по энергетическим процессам живого вещества от косного укладываются в рамки тех же форм энергии, какие выявляются в косных естественных телах. Химический состав сводятся в обеих формах естественных тел к тем же химическим элементам, но возможно, что в живом веществе атомные веса некоторых или всех элементов смещены. Основное отличие наблюдается в пространстве-времени живых веществ. Необходимо наряду с материей и энергией изучение проявления в нем времени. Допустима и требует проверки в связи с этим научная гипотеза об особой геометрической структуре пространства тел живого вещества — не отвечающего Эвклидовой геометрии, лежащего в основе материально энергетических и временных свойств живого вещества, отличающего его от косных естественных тел биосферы.

14. На основании всего, что известно сейчас о биосфере, попробую сжато выразить, вне всяких теорий и гипотез, то резкое отличие живого вещества биосферы от косных ее естественных тел, которое так резко и характерно для земной оболочки, для нас наиболее близкой и родной.

Мне кажется, что это нужно и важно сделать теперь же, до выхода моей кни-

ги — когда-то это еще будет.

В такой форме и в таком аспекте, сколько знаю, это никогда еще не было сделано и, следовательно, не могло в целом обсуждаться, — важнейшая проблема лежит вне кругозора натуралиста.

Чрезвычайно важно, чтобы натуралисты подумали над пониманием такого основного явления в биосфере.

Важно, чтобы в их распоряжении были при этой не столько теоретические научно-философские представления о жизни, которые сейчас занимают мысль философа, сколько те точные данные, которые охватывают биологию, и все ее «определения жизни», которые с ними связаны.

В ниже приводимой таблице, мне кажется, я даю только такие эмпирические обобщения и не выхожу из области научных фактов. Как раз на эту сторону вопроса сейчас необходимо обратить внимание и их-то и надо принять за основу научной работы.

15. Непереходимое резкое различие между живым естественным телом и косным естественным телом биосферы может быть сведено в сжатой форме к следующей таблице:

Таблица материально-энергетического отличия живых естественных тел биосферы от ее косных естественных тел

I. Среди косных дисперсных естественных тел биосферы нет тел, аналогичных телам живым. Дисперсные косные формы сконцентрированы, как и живые, в биосфере, но они идут много глубже ее. Глубже, повидимому, в гранитной оболочке¹ их существование заглушается давлением.

Они создаются в биосфере при умирании живого вещества (например, микроскопических организмов), из его отбросов и выделений, при движении газов или жидких фаз в ветрах, в движущихся водах, в нефтях и т. п. Они вносятся также в биосферу из нижних ее частей газами или жидкостями, вулканическими взрывами и извержениями, тектоническими движениями из более нижних земных оболочек. Они создаются обычными физико-химическими процессами и синтетически воспроизводятся в условиях наших лабораторий. Постоянно и непрерывно идет проникновение в биосферу дисперсных косных тел — космической пыли и метеоритов из космических просторов, — частью из галаксии.

I. Живые естественные тела проявляются только в биосфере и только в форме дисперсных тел, в виде живых организмов и их совокупностей — живого вещества. Они наблюдаются как в макроскопическом (поле тяготения), так и в микроскопическом разрезе реальности.

Синтез живого естественного тела не был никогда воспроизведен. Выяснилось, что есть для этого какое-то основное условие, в лабораториях отсутствующее.

Л. Пастер видел его в отсутствии в условиях лаборатории диссимметрии — особого состояния пространства (§ 10–11).

Возможно, но до сих пор не доказано проникновение живых естественных тел в биосферу из космического пространства.

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии, стр. 56. М., 1934.

II. Косные естественные тела чрезвычайно разнообразны и взятые в целом никакой единой генетической связи между собой не представляют.

Ничего общего, единого, аналогичного клетке, протоплазме и размножению — общих для всех естественных живых тел проявлений — для косных естественных тел биосферы нет.

III. В косных естественных телах и в природных явлениях нет различия в химических проявлениях правизны и левизны для одного и того же химического соединения. Эти тела химически в них идентичны. Правизна и левизна строго подчинены законам симметрии твердого однородного тела (монокристалла). В частности, количество правых и левых кристаллических многогранников одного и того же химического соединения, одновременно образующихся в косной среде. — одинаково. „Дисперсные капли“¹, т. е. однородные кристаллические многогранники, — индивиды твердого химического соединения. во внутреннем своем строении резко отличаются от обыкновенного (изотропного) пространства Эвклидовой геометрии, но из рамок этой геометрии не выходят.

Правизна и левизна в косных естественных телах геометрически и химически тождественны. Всегда оба проявления присутствуют в одинаковом числе и химически неотличимы. Можно утверждать, что эта тождественность — химическая — правых и левых форм есть неизбежное проявление атомного строения однородного твердого химического соединения и физического, материально так выраженного, геометрического пространства Эвклида. Это, с одной стороны, проявление атомного строения, а с другой — геометрии Эвклида²

IV. Новые косные естественные тела создаются в биосфере физико-химическими и геологическими процессами безотнositельно от ранее бывших естественных тел, живых или косных; они образуются бесчисленными

II. Живые естественные тела представляют собой нечто единое целое — живое вещество биосферы — как морфологически, имея единую морфологическую единицу — клетку, так и материально-структурно, имея единую протоплазму, и, наконец, — динамически-структурно, всегда обладая размножением.

Едва ли можно отрицать, что такое единство всех живых естественных тел связано с их генетическим единством в ходе времени.

III. Химическое различие правых и левых форм одного и того же химического соединения характеризует состояние физического пространства, занятого телом живого организма, и его проявлений в окружающей его среде, в биосфере. В твердых (кристаллических и мезоморфных) и жидких продуктах, образуемых биохимическими процессами, это химическое неравенство резко проявляется. Преобладают или правые или левые изомеры. Это проявляется резко и глубоко в свойствах живого вещества биосферы, вплоть до молекул, строящих его тела. Законы симметрии твердого кристаллического состояния материи резко нарушены.

Такие состояния пространства, занятого телом живого вещества, создаются в биосфере только из ранее существовавших живых естественных тел. Получаются рождением (принцип Реди)³.

Можно здесь видеть проявление принципа Кюри (§ 11).

Повидимому, прав Л. Пастер, что для основных для жизни первичных химических соединений существуют внутри тела организма (в его физическом пространстве) только стериически левые изомеры, правые или не появляются или перерабатываются организмами. К сожалению, до сих пор это огромной важности явление, легко поддающееся решению, остается нерешенным и пока только очень вероятным.

IV. Новое живое естественное тело, живой организм — рождается только из другого живого организма, ему подобного. Во времени чередуются для каждого живого вещества свои, определенным темпом об-

¹ В. Вернадский. Основы кристаллографии, т. I. М., 1904.

² Об этом см. в 3-м выпуске “Проблем биогеохимии”.

³ См. В. Вернадский. Очерки геохимии, стр. 209–210. 1934

путями из естественных тел, на получаемый продукт обычно непохожих.

Косные тела могут образовываться в живых естественных телах. Ничего подобного размножению в создании косных естественных тел в биосфере нет.

Нет никакого изменения косных естественных тел биосферы, аналогичного эволюционному процессу живых веществ. Мы сейчас видим в биосфере в общем те же самые косные естественные тела и те же явления их образования на протяжении по крайней мере двух миллиардов лет. В течение геологического времени появляются новые косные тела только под влиянием эволюционного процесса живых веществ. Резко и мощно они создаются — и значение их растет, — в ноосфере в современную эпоху, в результате творчества человечества.

V. В косном естественном дисперсном теле — в твердом или в мезоморфном — нет специально свойственного ему движения, как целого естественного тела. Его нет и в жидких и в газообразных косных телах, которые состоят из сложно подвижных молекул и принимают форму вместилищ, в которых они находятся. Газообразные тела оказывают при этом давление на стенки замкнутых вместилищ. Их движение определяется законами температуры и давления.

разованные, поколения (принцип Реди).

В геологическом времени, на протяжении по крайней мере двух миллиардов лет, живые вещества являются пластичными — идет процесс эволюции видов. По-видимому, по не вши не еще выясненным законам (частью процесс мутации?) для разных живых веществ временами наблюдается новое поколение, морфологически и физиологически измененное, явно отличное от предыдущего, — создается новое видовое живое вещество. Наблюдается в течение не менее двух миллиардов лет единый эволюционный процесс, тесно связанный с историей планеты. Как показал Дана (1852)¹, в ходе времени неизменно, но с большими остановками, порядка десятков, может быть, сотен миллионов лет, идет при этом образование в биосфере в ее живом веществе все более и более функционально мощно выраженного центрального нервного аппарата — мозга.

Благодаря этому с конца плейстоцена геологическая роль живого вещества в биосфере резко растет — дала скачок. Благодаря человеческому творчеству биосфера быстро переходит в новое состояние — в ноосферу.

V. Живых жидких и газообразных естественных тел в биосфере нет. Жидкости и газы в каждом живом теле смешаны с коллоидальными — мезоморфными и твердыми структурами.

Произвольное движение, в значительной степени саморегулируемое, является общим признаком всякого живого естественного тела в биосфере.

Есть две формы такого движения для живого вещества. Одна — пассивная — создается — размножением, и есть общее свойство всех живых веществ. Другая — активная — выражается для огромного большинства животных и для меньшинства растений произвольным передвижением отдельных особей и их колоний в среде живого вещества. Первая форма движений — растекание в биосфере или заселение биосферы — по характеру своих законов аналогична газовой массе и подобно ей оказывает давление, величина которого зависит от темпа

¹ История этих идеи недостаточно разработана, особенно работы додарвинновского времени. Интересно и не выяснена роль Д. Дана (1813—1895).

VI. Косное естественное тело безусловно косно. Оно меняется от внешних причин, в биосфере выветривается, причем этот биокосный процесс идет медленно и проявляется в геологическом времени. Косное тело не растет и, невидимому, не увеличивается в своей массе.

Ничего аналогичного росту (и размножению) живых организмов мы для косного тела не имеем.

Когда рост организма сравнивают с ростом кристалла, — это недоразумение, которое становится ясным при первом прикосновении логического анализа. Атомы косного тела не выявляют внутри него никаких признаков движения, аналогичного биогенной миграции атомов.

VII. Число косных естественных тел биосферы определяется общими свойствами материи-энергии. Оно не явно зависит от размеров планеты.

Биосфера получает и отдает непрерывно материю-энергию космическим пространствам. Существует здесь непрерывный материально-энергетический обмен косными естественными телами.

Повидимому, здесь наблюдается установившееся динамическое равновесие — проявление той же организованности (а не механизма), какая характерна для биосферы и для живого вещества.

размножения (биогеохимическая энергия заселения). Скорость заселения в пределе биосферы живым веществом достигает физически возможного максимума — скорости звука в газовой среде дыхания¹.

Для микроскопических организмов, живущих в жидкостях, есть еще форма движений, сводимая к молекулярному движению жидкостей, нам видная в Броуническом движении.

VI. Живое естественное тело живет, т. е. растет и размножается.

Благодаря этому каждый живой организм является источником и центром биогенной миграции атомов из биосферы в организмы и обратно. Тем самым он является источником свободной энергии в биосфере — свободной биогеохимической энергии.

Этим биогенным током атомов создается — биохимическим путем — бесчисленное количество химических молекул в живом веществе, которое непрерывно меняется. Получаемые в организмах химические соединения могут быть большей частью другими приемами созданы в наших лабораториях. В биосфере они почти все образуются только в живом веществе.

В живом веществе их синтез идет с недостижимой пока и неслышанной для наших лабораторий скоростью.

Благодаря этому биогеохимическая энергия выдвигается в биосфере по мощности как основная сила изменения биосферы.

VII. Число живых естественных тел биосферы количественно связано с размерами биосферы.

Допустима, но требует проверки, рабочая научная гипотеза о космическом обмене живых естественных тел.

¹ Вернадский . Изв. Акад. Наук 1926—1927. См. Биосфера. Л., 1926. Его же. Биогеохимические очерки. Л., 1939 (в печати).

VIII. Площадь и область проявления косных естественных тел в биосфере ограничены ее размерами и могут увеличиваться только с ее ростом.

Повидимому, в ходе геологического времени биосфера увеличивается движением живого вещества. В этом процессе косные естественные тела биосферы играют пассивную роль.

IX. Минимальный размер косного естественного тела биосферы определяется дисперсностью материи-энергии — атомом, электроном, нейтроном и т. д. Максимальный размер определяется размерами биосферы — биокосного естественного тела. Диапазон огромный — 1040, вероятно, больше.

X. Химический состав косных естественных тел биосферы является функцией состава и свойства окружающей среды, в которой они создаются. Он пассивно определяется структурой биосферы в течение геологического времени.

XI. Количество разных химических соединений — молекул и кристаллов — в косных естественных телах биосферы (и в земной коре) ограничено. Существуют немногие тысячи таких молекул и кристаллов. Этим определяется небольшое, по существу, число форм косных естественных тел биосферы.

XII. Все природные процессы в области естественных косных тел — за исключением радиоактивности — уменьшают свободную энергию биосферы (физико-химические процессы обратимы). Этим путем свободная энергия биосферы уменьшается, увеличивается ее энтропия.

VIII. Масса живых веществ биосферы близка к пределу и, повидимому, остается подвижно-неизменной в течение исторического времени. Она определяется прежде всего лучистой солнечной энергией, попадающей в биосферу, и биогеохимической энергией заселения планеты.

Повидимому, масса живого вещества растет в ходе геологического времени, и процесс захвата земной коры живым веществом еще не закончен.

IX. Минимальный размер живого естественного тела определяется дыханием, т. е. газовой биогенной миграцией атомов (в конце концов — числом Лошмида). Он порядка 10⁻⁶ см. Максимальный размер в течение двух миллиардов лет не превысил немногих сотен метров. Причина этого не выяснена. Диапазон небольшой: 10⁹.

X. Химический состав живых естественных тел создается ими самими. Питанием и дыханием они выбирают для своего бытия и для создания новых живых естественных тел нужные им химические элементы (автарксия живого вещества). Повидимому, они могут менять при этом состав изотопических смесей (менять атомные веса химических элементов).

Так, они создают сами основную часть своего тела, как в определенных рамках независимые, автономные тела в биосфере — в большом биокосном естественном теле планеты.

XI. Количество химических соединений — молекул и кристаллов — в живых естественных телах не ограничено. Они связаны с индивидуальностью и различны в каждой особи живого вещества. Мы знаем уже миллионы видов организмов и миллионы миллионов отвечающих им различных молекул и кристаллических решеток. Хотя далеко не все они описаны, но научного сомнения в таком их характере быть не может.

XII. Природные процессы живого вещества в их отражении в биосфере увеличивают ее свободную энергию (т. е. уменьшают ее энтропию). В результате этого процесса свободная энергия биосферы увеличивается, выражая этим основное значение живого вещества в структуре биосферы — и тем самым планеты.

XIII. Химический состав косных естественных тел может отвечать почти теоретически чистому химическому соединению с точными стехиометрическими отношениями между элементами. В минералах преобладают твердые растворы (изоморфные смеси).

Во всех косных телах рассеяны свободные атомы химических элементов. Они проникают все земное вещество, не входят в состав молекул, не всегда входят в узлы пространственных решеток.

Сейчас известны два непрерывно идущих проявления рассеяния атомов: проникающие (космические) излучения и радиоактивные процессы, непрерывно воспроизводящие рассеяние атомов — всегда бранных — в земном косном веществе биосферы. Значение этого явления едва начинает нами сознаваться. Оно требует теоретической и экспериментальной обработки.

XIII. В живых веществах биосферы всегда наблюдаются чрезвычайно сложные смеси химических молекул. Это всегда тела мезоморфной структуры (коллоидальные, реже кристаллические и т. д.). Молекулы воды, химически и физически связанные, в значительной мере сохраняющие свои характерные свойства, резко преобладают (вне стадий латентных состояний живого вещества). Они составляют по весу от 60 до 99% (может быть, больше). В латентных состояниях количество этих молекул колеблется от 4 до 15% (может быть, меньше). Стехиометрических отношений в валовом химическом составе живых тел нет. Но химический состав их строго определен и более постоянен, чем химический состав изоморфных смесей природных минералов. Он является характерным видовым, расовым и т. д. признаком каждого живого вещества.

В таком аспекте для живого вещества, взятого в целом, нет особых биогенных химических элементов. Все элементы биосферы им захвачены. Но характерно, что для всякого химического элемента в его геохимии в биосфере есть живые вещества, которые его концентрируют и этим отличаются от других живых веществ. Роль живого вещества здесь явно планетного характера.

Очевидно, элементы воды — кислород и водород — господствуют в подавляющей массе живого вещества. Преобладающие, за их исключением, элементы протоплазмы (C, N, P, S, K, Na, Cl, Ca, Fe, Si, Mg и т. д.) должны быть характерны для всех организмов. Элементы скелетных частей, может быть, в общем в биосфере играют еще более важную роль — Fe, Ca, Mg, P, S, N, C, H, O, Mn, Si.

Число необходимых для каждого видового вещества, для его длительной нормальной жизни, химических элементов быстро при изучении увеличивается и сейчас для более изученных доходит до 60. Без них их нормальное длительное существование невозможно. Рассеянные элементы (главным образом, так называемые микроэлементы) часто играют первостепенную роль. Можно думать, что число элементов в каждом живом веществе превышает 80.

Явления рассеяния химических элементов проявляются здесь так же, как в косных естественных телах. Этот процесс, повидимому, выходит за пределы вещества планеты.

XIV. Изотопические смеси (земные химические элементы) заметно не меняются в косных естественных телах биосферы (за исключением радиоактивного распада).

Повидимому, существуют природные процессы за пределами биосферы, — например, движения газов под высокими давлениями и при высокой температуре в земной коре, — которые нарушают изотопическую смесь. Эти смещения не нарушают общего постоянства в первом приближении атомных весов, ибо для метеоритов (галактического вещества) в изученных случаях получается тот же атомный вес с точностью до второй десятичной.

Одной из основных задач геохимии в данный момент является более точное определение атомного веса химических элементов косных тел, чем это возможно химическим путем.

XV. Для подавляющего большинства твердых и мезоморфных естественных тел биосферы характерна, их устойчивость в течение геологического времени, — больше двух миллиардов лет, по крайней мере. Этим объясняется немногочисленность их видов. В. Брагг правильно указал, что среди кристаллических структур (и, очевидно, молекул) космоса выявляются только наиболее устойчивые и прочные в ходе времени. Мне кажется, можно видеть в этом факте проявление очень длительного состояния того космоса, который мы изучаем.

Изучение радиоактивности горных пород показывает, что атомы основного вещества литосферы не смещаются с места в течении сотен миллионов лет до двух миллиардов, находясь все время в движении.

XIV. Повидимому, изменение (в определенных пределах) их изотопических смесей (атомного веса является характерным для живого вещества свойством). Доказано это для водорода, для углерода и калия, вероятно для кислорода и азота. Явление настоятельно требует точного изучения¹.

Становится более чем вероятным, что, входя в живой организм, химический элемент меняется в своем изотопическом составе.

Так как этот процесс должен быть связан с затратой энергии, то надо ждать, что в биогенной миграции химических элементов, которая связывает живое и косное вещество в биосфере, должна наблюдаться резкая задержка выхода этих элементов из циклов биогенной миграции.

Это явление давно было отмечено К. М. фон Бером для азота. Возможно, что это общее явление.

XV. Резко отличающуюся картину представляют собой живые естественные тела биосферы.

Огромное большинство их меняется в своей форме эволюционным процессом и переходит в другие видовые или родовые живые вещества. Это есть проявление времени в живом веществе биосферы.

Это проявление гораздо более сложное, чем это представляется нам, в нашем понимании эволюции. Ибо до сих пор эволюционный процесс не охвачен числом.

При всей пластичности живого вещества есть случаи для некоторых живых веществ полной неподвижности. Организм не меняется в своей морфологическо-физиологической структуре, оставаясь в современной биосфере живым свидетелем ее прошлого. Дело идет о сотнях миллионов лет (радиолярии с альгонгга, лингулы с кембрия в течении более полумиллиарда лет). К сожалению, это явление морфологического постоянства не изучено до сих пор биологами (персистенты)².

В живых телах происходит, повидимому, непрерывная миграция атомов, резко противоположная их неподвижности в ходе времени в косных атомных струк-

¹ Возможность этого явления была впервые указана мною в 1926 г. См. В. Вернадский. Изв. А. Н., 1926.

² I. Wilser. Lichtreaktion in fossil. Tierweit, B., 1931. S. 161.

XVI. Все физико-химические процессы в косных естественных телах обратимы во времени.

Пространство, в котором они имеют место, — пространство Эвклидовой геометрии, — отвечает изотропному или анизотропному, кристаллическому, его состоянию¹.

турах. Метод меченых атомов начинает вскрывать перед нами новый процесс непрерывного биогенного замещения внутри молекул однозначных атомов друг другом — непрерывный внутримолекулярный биогенный ток атомов.

XVI. Физико-химические процессы, создающие живое естественное тело в биосфере, необратимы во времени. Возможно, что это окажется следствием особого состояния пространства-времени, имеющего субстрат, отвечающий не-Эвклидовой геометрии.

Это можно сейчас высказать как научную рабочую гипотезу, подлежащую проверке. Из нее логически следует допущение, что в нашей реальности существуют явления перехода состояний пространств, геометрически разных, одно в другое. Существование живого вещества биосферы земли есть одно из проявлений этого рода.

III. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РАЗЪЯСНЕНИЯ

Допустимость представлений о разных одновременно существующих в биосфере состояниях пространства-времени. Ее геометрическая неоднородность. Время должно изучаться и ней так же как материя и энергия. Рабочая гипотеза об особом геометрическом состоянии живого вещества биосферы, отвечающем одной из Римановских геометрий.

16. Анализируя таблицу (§15), мы видим, что различия между живыми и косными телами в биосфере могут быть сведены к трем основным параметрам: 1) различия по энергии, 2) различия по химическим проявлениям и 3) различия по пространству-времени.

Мне кажется, что первые параметры не требуют особых толкований с точки зрения научной работы. Когда исходили в объяснении природы от человека, неизбежно брали его как мерило для сравнения и тем самым признавали примат философии над наукой. В связи с этим думали видеть в живых естественных телах проявление особой жизненной силы (исходя из вдумывания в психические процессы), резко и определенно отличающей живое от мертвого. Я оставляю в стороне еще более ранние воззрения анимистического характера. Из области современной науки все эти представления, и новые и старые, ушли или уходят в прошлое.

Новые виталистические представления основываются не на научных данных, — являющихся для них скорее иллюстрацией, — а на философских пред-

¹ Все кристаллические и изоморфные косные тела не отвечают обычному изотропному пространству Эвклида. См. о кристаллическом пространстве: Б. Делонэ, И. Падуков и А. А. Александров. Геометрическое введение в кристаллографию. Л. 1933, стр. 8.

ставлениях (например, энтелехия Дриша и т. п.). Также скорее связано с философскими, чем с научными данными представление об особой жизненной энергии (В. Оствальд). Факты не подтвердили ее реального существования.

Происхождение энергии живого вещества (§7) не вызывает сомнений. Количественные опытные подсчеты вполне это подтверждают.

17. Равным образом нет надобности останавливаться на химическом составе. Нет, как недавно еще думали, особых, жизнь несущих биогенных химических элементов (§15, п. XIV).

Не исключена возможность, впрочем, другого их атомного веса, но вне биосферы (может быть и в ней иногда?) аналогичные изменения должны происходить и в косных естественных телах.

Все эти явления требуют систематического научного изучения.

Несомненно, подавляющее количество биохимически образующихся молекул резко иные, чем химические соединения косных естественных тел. В последних они не образуются. Но благодаря биогенной миграции они образуются в геохимических круговоротах биосферы, в которых атомы безразлично переходят из живого в косное тело и обратно¹. Реакция идет за счет одной и той же энергии.

Надо учитывать возможность задержки химических элементов в биогенной миграции в случае изменения их атомного веса (§15, п. XIV). Это решится опытом и наблюдением в ближайшее время.

18. Но для пространства-времени дело обстоит более сложно. Здесь мы вступаем, с одной стороны, в область научно не исследованного, а с другой — в такой субстрат всех природных явлений (в их геометрию), который натуралист привык оставлять без внимания в своих научных работах.

Этот субстрат — геометрическое состояние физического пространства — лежит глубже, чем все физико-химические явления. Но, пожалуй, он еще более реален, чем они.

Сейчас, — иногда ошибочно утверждаемое как аксиома, господствует представление, что во всех земных явлениях проявляется одна и та же геометрия. Но натуралист не может строить свои представления на аксиомах хотя бы логики, так как аксиоматический их характер не может быть доказан иначе, чем научным опытом и наблюдением. Логика всегда менее объемлюща, чем природа (биосфера, в данном случае), так как она отвечает отвлечению, т. е. упрощенной картине природы.

Считаясь с возможностью одновременного проявления разных геометрий на нашей планете, мы должны опытным путем проверить их реальность. Если натуралист подходит к явлениям, которые позволяют это проверить опытом и наблюдением, он обязан это сделать.

До нашего века в научно изученных явлениях считались только с Эвклидовой геометрией трех измерений. В новых научно-философских концепциях, связанных с построениями Эйнштейна, реально считаются с пространством четырех

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии. Л., 1934, III pass.

измерений, причем это пространство отвечает, по мнению некоторых, пространству не Эвклида, а Римана.

Теоретическая физическая мысль правильно ищет здесь новых путей, но она не доводит своего анализа до конца, как это требует логика.

19. Прежде чем идти дальше, необходимо выяснить, насколько возможно допустить в нашей научной реальности проявление в разных ее местах одновременно пространств, характеризующихся разными геометриями.

Мне кажется, что сейчас, не подвергая этот вопрос анализу, исходят из того, что это невозможно. Это можно видеть из истории геометрии. В свое время Лобачевский допускал возможность, что не Эвклидова геометрия, а новая, им открытая, определяет структуру пространства научной реальности. Он попытался подойти экспериментально к проверке своего вывода, к реальному измерению максимальных звездных треугольников на небесном своде. В настоящее время Эддингтон пытается выявить реальное пространство четырех измерений — одно из Римановских, — отвечающих Эйнштейнову представлению о космосе.

Но это лишь самое простое, наиболее отвлеченное представление о космосе, которое может удовлетворить геометра и теоретика-физика, но противоречит всему эмпирическому знанию натуралиста.

Возможно логически и другое представление — представление о геометрической неоднородности реальности, более близкое к точному эмпирическому знанию, столь же не противоречащее научно известному — допущение, что в научно изучаемых явлениях в разных случаях и в разных проявлениях космоса могут сказываться разные геометрии.

Гипотеза об единой геометрии для всего космоса, всей реальности, неразрывно связана с гипотезой о происхождении положений геометрии, как особых свойств нашего разума. История геометрии этому противоречит.

20. Меня к этому приводят следующие соображения. Мы знаем теперь, что геометрий может быть множество и что все они могут быть распределены на три типа — Эвклида, Лобачевского и Римана — и что все они безупречны и одинаково верны. В настоящее время с успехом идет обобщающая работа, которая может все их привести к единой обобщенной геометрии.

В настоящее время история науки ясно доказывает, что геометрия и ее законы в своих основах выявлены эмпирическим путем, так же, как и все другие научные обобщения свойств материи и энергии. В основе, из которой дедуктивным путем выведены эти законы, лежит точное научное наблюдение и опыт мыслителя. Едва ли можно исходить сейчас в области научного ведения из других философских и ненаучных представлений об их генезисе и видеть в них логическое выявление нашего разума. Я предпочитаю всегда, когда это научно допустимо, не сходить с научного эмпирического базиса.

Исходя из этого, можно, если нужно, допустить, что реальность геометрически неоднородна и что в разных явлениях могут проявляться разные геометрии и что мы должны с этим считаться в нашей научной работе. В биосфере мы такую геометрическую неоднородность имеем перед собой.

21. Пространство для нас неотделимо от времени. Это представление не является следствием теоретических положений Эйнштейна и получено независимо

от них и много раньше. Я пытался это выявить в другом месте¹.

Мы переживаем сейчас в науке чрезвычайно важную эпоху ее развития. Впервые объектом ее исследования является время, долгие века находившееся вне ее кругозора. Это обстоятельство характеризует науку нашего времени и отличает ее от науки XIX столетия. Сейчас становится ясным, что время есть чрезвычайно сложное проявление реальности, и содержание этого понятия чрезвычайно различно.

Говоря о пространстве-времени, мы только указываем на неотделимость их друг от друга. Для науки нет пространства без энергии и материи и в таком же смысле и без времени. Представление Минковского и его предшественников² о времени, как о четвертом измерении пространства, есть математическое отвлечение, логически не имеющее почвы в научной реальности, фикция, не отвечающая реальному содержанию науки, ее представлению о времени. Время не есть измерение метрической геометрии. В геометрии, конечно, время может быть выражено вектором. Но явно такое его выражение совсем не охватывает всех его свойств в природных явлениях, изучаемых натуралистом, и ничего ему реального в смысле знаний не дает. Оно ему не нужно.

Наука XX столетия находится в такой стадии, когда наступил момент изучения времени, так же, как изучается материя и энергия, заполняющие пространство. Время Минковского как четвертое измерение Эвклидова пространства не отвечает времени, реально наблюдаемому в физическом пространстве. Мы не должны забывать, что в конкретной научной работе мы, вообще говоря, не имеем дела с абстрактным абсолютным пространством геометрии. Мы имеем дело на каждом шагу с гораздо более сложным реальным пространством природы.

В вакууме и очень часто в газообразной среде мы можем без поправок чрезвычайно часто пользоваться всеми выводами из свойств абстрактного пространства Евклидовой геометрии. Однако не всегда. Но уже в жидкостях и в твердых телах в большинстве проблем, перед нами стоящих, мы этого делать не можем. В связи с этим, как мы увидим, удобно отличать реальное пространство природы — в данном случае биосферы — от геометрического пространства, как пространство физическое, как это, кажется, предложил впервые Гельмгольц.

Точно так же и время натуралиста не есть геометрическое время Минковского и не время механики и теоретической физики, химии, Галилея или Ньютона.

В §15 указано резкое эмпирическое различие времени для живого и косного естественного тела биосферы. В живом оно проявляется в поколениях, — явление, абсолютно отсутствующее в косных телах.

Смена поколений есть своеобразное биологическое проявление времени, резко отличающее одно живое вещество от другого, с различным для каждого масштабом сравнения. Возможно найти для них и общий масштаб.

22. Исходя из всего вышесказанного, удобно для постановки научной работы

¹ В. Вернадский. Проблемы времени в современной науке. Изв. А. Н., 1932 (по-французски *Revue génér. des Sciences. P.*, 1935—1936).

² В. Вернадский, *ib.*

принять как рабочую научную гипотезу, что пространство внутри живого вещества есть иное, чем внутри косных естественных тел биосферы, что это пространство не отвечает особому его состоянию в пределах Эвклидовой геометрии и что время выражается в нем полярным вектором. Существование правизны и левизны и физико-химического их неравенства указывает на другую, чем Эвклидова, геометрию — геометрию пространства внутри живого вещества.

Из моих обсуждений с геометрами для меня выяснилось, что геометрия, отвечающая требуемым условиям, не разработана. Требуется новая исследовательская работа геометров. По указанию акад. Н. Н. Лузина и проф. С. П. Финикова, возможно, что это одна из геометрий типа Римановских, может быть, одна из геометрий, указанных, но не разработанных Картаном. Эта геометрия сводит все пространство к точке, снабженной зародышем вектора.

Было бы желательно, чтобы эти вопросы обратили на себя внимание геометров. Исследовательская работа натуралистов в действительности всегда опирается на математические построения геометров. Без этого она не может правильно развиваться. С другой стороны, математическая мысль растет и раскрывает свои новые области, когда научная мысль или окружающая жизнь ставит перед ней новые проблемы. Такой новой проблемой является геометрический характер пространства, занятого живым веществом биосферы. Для него характерны полярные векторы (т. е. отсутствие центра симметрии и сложной симметрии), неравенство правизны и левизны (их несвязанность или неполная связанность), резкая химическая нетождественность правых и левых явлений и соединений — атомных структур (молекул и монокристаллов). Характерно бросающееся в глаза отсутствие в живых организмах плоских поверхностей и прямых линий; симметрия живых организмов отличается кривыми линиями и кривыми поверхностями, характерными для Римановских геометрий. Еще один признак, обычный для Римановских геометрий: это пространство конечное, замкнутое, резко отделяющееся от окружающего, само себе довлеющее. Это вполне отвечает обособленности живых организмов в биосфере, их автаркии.

Какая же из множества Римановских геометрий сюда подойдет? Каковы ее геометрические свойства?

Мне кажется, эта задача не может оставаться вне внимания со стороны наших геометров. Она заслуживает их внимания сама по себе как геометрическая проблема.

Тем более, что она связана с еще более общей проблемой физической — с вопросом о геометрических состояниях физического пространства, чрезвычайно мало затронутого философской и физической мыслью.

В следующем очерке я попытаюсь дать понятие об этой проблеме.

Считаю приятным долгом выразить благодарность Н. Н. Лузину и С. П. Финикову, помогшим мне ценными указаниями в беседах со мною.

Узкое. Июнь 1938 г.

НАЧАЛО ЖИЗНИ И ЭВОЛЮЦИЯ ВИДОВ¹

I

Очень обычно представление, что установление создания видов — растительных и животных — эволюционным путем логически требует признания когда-то бывшего на нашей планете начала жизни, ее зарождения.

Такой простой логический вывод, по-видимому, ошибочен.

Чисто логическим путем открывать новое из установленных научных фактов и обобщений можно только в очень узких, строго определенных пределах.

Логически — исходя из эволюции видов, которая в общей своей форме является не теорией, а эмпирическим обобщением², — мы не приходим к точному и определенному ответу, а приходим, как это очень часто наблюдается в точной науке, построенной на эмпирических обобщениях, к противоречиям. Ибо всякое эмпирическое обобщение (и научно установленный факт) включает в себе много больше того, что выражено его словесной (логической) формулировкой. Делая путем разума логические из него заключения, мы, по существу, совершаем экстраполяцию, часто заводящую человеческую мысль в сторону от [научной] истины.

Мы должны это всегда иметь в виду при нашем логическом анализе, должны ограничивать область экстраполяции — останавливаться, не доводя до конца наше логическое суждение.

Такие поправки необходимо ввести и в наши заключения о начале жизни, как исходя из нашего понимания жизни, так и исходя из эволюции видов.

Эти поправки связаны с постановкой явлений жизни и эволюции видов в рамки нашего знания, какие обычно в изложении эволюции видов не принимаются во внимание.

¹ Впервые опубликовано в: Биогеохимические очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 169-174. В дальнейшем опубликовано в: Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. С. 132—138. Печатается по изданию: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

² Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926. С. 19.

II

В самом деле, не может быть сомнения, что жизнь находится в самой тесной, совершенно неразрывной связи с организованностью¹ нашей планеты, в частности биосферой².

Только экстраполяционным логическим процессом, только в нашем умозрении мы можем отделить ее от планеты; в частности, в биосфере жизнь исполняет совершенно определенные геологические функции, которые не будут существовать, если жизнь на планете исчезнет.

Точно так же должно признать научно несомненным, что жизнь являлась в основном неизменной, такой же, как теперь, являлась частью организованности биосферы за все нам известное течение геологического времени, т.е. в продолжении $(3 \cdot 10^9)$ — $(2 \cdot 10^9)$ лет³. В древнейшем археозое она составляла такую же часть в общем единого строения биосферы, какую и теперь составляет.

И наконец, нельзя сомневаться, что жизнь может существовать на нашей планете и на ней существует только благодаря непрерывному и, по-видимому, неизменному в течение геологического времени притоку космической энергии, главным образом лучистой энергии Солнца. Если жизнь поддерживается и другими источниками энергии (например, атомной благодаря радиоактивным распадам химических элементов), то все же представляется научно установленным, что главным источником жизни является энергия Солнца.

Можно идти дальше. Не только жизнь — в ее современном масштабе и, по существу, в современной структуре — существовала с археозоя, т.е. с начала нам известной геологической летописи, но она имела основой одно и то же — с колебаниями в ту и в другую сторону — количество земного вещества [порядка $(n \cdot 10^{19})$ — $(nx \cdot 10^{20})$ г] одного и того же химического элементарного состава.

Эти положения, как будто отвечающие всем нам известным научным фактам и научно им равноценным эмпирическим обобщениям, должны быть приняты во внимание при размышлении о начале жизни на Земле⁴.

Очевидно, они ставят вопрос о начале жизни на Земле в рамки и в теснейшую зависимость с вопросом о начале той структуры нашей планеты, той ее геологической организованности, которая неизменно проявляется в течение всей известной нам геологической истории Земли.

При этом эти факты и эти эмпирические обобщения связывают жизнь не с переходящими чертами строения планеты, а с ее основными элементами — с ее атомами, с их количеством, с их строением и с энергией, создающей геологические процессы.

¹ В 1930 г. было «механизмом».

² На этом я более подробно останавливаюсь в моей книге «Биосфера» (Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926. 146 с., Vernadsky W. La biosphere. P., 1929. 232 p., также Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.).

³ По современным представлениям жизнь на Земле существует от 3,5 до 3,8 млрд лет. (С. В. Межжерин).

⁴ Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.

Эти геологические процессы могут мощно меняться жизнью, от нее в известной своей части зависят, так же как они меняются под влиянием изменения земных атомов и проявляющейся на нашей планете свободной энергии.

Проблема начала жизни на Земле должна это учитывать.

Она не может ставиться вне вопроса о характере и начале всего земного вещества и проявляющейся на Земле свободной энергии.

Возможно, что жизнь в наших научных построениях нужно будет поставить *наряду* с атомами и с энергией, если не удастся всецело свести ее к известным нам свойствам атомов и к происходящим в окружающем мире нам известным проявлениям энергии; это сейчас сделать мы не можем.

Если это будет так и дальше, то проблема начала жизни на Земле выйдет из пределов *начала земной* материи и земной энергии. Ибо если не удастся всецело свести жизнь на материю (атомы) и энергию, то жизнь станет *рядом* с материей и энергией в строении всего научно охватываемого Космоса.

В таком случае может быть поставлена проблема о начале жизни на Земле совершенно в другом аспекте, чем она сейчас ставится: она будет поставлена в аспекте космогоническом (как она ставится для земного вещества), а не в аспекте ее зарождения в земном веществе.

Общая проблема о начале жизни в космосе теряет научное значение, подобно тому как нет научной проблемы о начале материи, электричества, энергии. Наука загадку о начале бытия не решает, хотя бы потому, что начала этого и не было.

Наука лишь описывает существующие явления, дает научную картину мира — принимает мир как существующее, т.е. принимает существующим материю и энергию и все, что может быть поставлено рядом с ними, как в какой-нибудь степени от них независимое переменное.

III

Анализ понятия эволюции видов — в случае, если мы все время не упускаем из виду ее реальной обстановки и не отбрасываем мысленно эту обстановку, как это часто делают, — приводит, по существу, к тому же самому положению — к необходимости поставить вопрос о начале жизни на нашей планете наряду с вопросами о начале ее материи и ее энергии.

Эволюция видов во всех своих логических заключениях и выводах и во всех научных теориях и научных гипотезах, которые созданы или могут быть созданы на ее основе для объяснения, не связана с началом жизни и не может дать нам никакого представления о нем. Тот точный научный материал опыта и наблюдения, на котором построено научное эмпирическое обобщение, каковым является эволюция видов, лежит вне пределов проблемы о начале жизни. Он из существования жизни исходит.

Это часто забывают, считая, что, раз наблюдается закономерно протекающий процесс изменения организмов, перехода одних их построений с ходом времени в другие, этот процесс должен был иметь исходный пункт, к которому можно прийти, уходя в глубь времени.

Но лежащий в основе обобщения — эволюции видов — материал отнюдь не требует, чтобы, проследивая генетическое изменение в течение геологического времени всех растительных и животных форм, мы пришли к их единому, однообразной формы, предку, т.е. к *началу жизни*¹.

Начало жизни — в том представлении, какое кажется понятным нашему уму, — неизбежно предполагает, чтобы все палеонтологические линии сходились в глубине времени в одной точке, являлись пучком расходящихся ветвей, а не током параллельных линий, определяющих в едином целом — в монолите, составленном из живых организмов, — независимые друг от друга в своем происхождении части.

Может ли быть это начало найдено и научно охвачено, исходя из эволюции видов, если оно существует?

Мне кажется, что этим путем к нему подойти нельзя. Ибо эволюция видов определяет генетическое изменение видов, их закономерную генетическую смену в пределах монолита жизни. *Эволюционный процесс идет в определенной жизненной среде, состав и масса которой неизменны в геологическом времени так же, как неизменна та энергия, которая эту жизненную среду поддерживает.* Выйти за пределы этой жизненной среды нельзя путем изучения эволюции видов. *А проблема о начале жизни связана с проблемой создания самой жизненной среды, в пределах которой идет эволюционный процесс, т.е. эта проблема логически выходит за пределы среды.*

Жизненная среда — монолит жизни, живая природа — явным образом не представляет случайное, незакономерное явление. *Она явным образом имеет определенную структуру, представляет форму организованности, неизменно существующую в геологическом времени и неизменно связанную с организованностью, биосферы.*

Все живые организмы тесно связаны между собой в своем существовании и этим путем представляют единое целое, непрерывно существующее как единое целое в течение всего геологического времени, двух-трех миллиардов лет по крайней мере.

Отражение этого единого целого в охваченной им биосфере было в течение этого времени одним и тем же; все время должно было выделяться приблизительно то же количество биогенных тел — свободного кислорода, углекислоты, гидратов окиси железа, известняков и доломитов, нефтей, каменных углей и т.п. Так как все эти функции тесно связаны с организмами определенного строения, то в общем монолите жизни, как бы морфологически не менялись его составные части, эти химические функции не могли быть затронуты морфологическим из-

¹ Согласно современным представлениям для всех организмов, населяющих и населявших Землю, существует общий предок. Это предковое существо еще называют архебионтом. Считается, что архебионты образовались на отрезке от 3,8 до 3,6 млн. лет назад на завершающем этапе предбиологической эволюции. Существовали они, как считается, на дне небольших водоемов или мелководном побережье. Питались готовым органическим веществом, которое ранее синтезировалась на Земле в ходе химической эволюции и находилась в «первичном бульоне». Вполне вероятно, что эти древнейшие организмы уже имели клеточное строение и размножались делением пополам. Есть все основания предполагать, что наружная клеточная мембрана у них была двухслойной и ее окружала плотная оболочка. Источником энергии был гликолиз, а универсальным переносчиком энергии - АТФ. Генетическая информация хранилась в ДНК, построенной из четырех нуклеотидов (А, Г, Т, Ц). Генетический код - 64 триплеты, в которых были закодированы 20 основных аминокислот. Генетическая информация реализовывалась как последовательность нуклеотидов иРНК, а затем в виде аминокислотного состава белков. (С. В. Межжерин)

менением эволюционного процесса. Морфологическое изменение должно было быть ограничено необходимостью сохранения геохимических функций. И в то же время ясно, что *эти функции чрезвычайной сложности не могут исполняться каким-нибудь морфологически единым организмом* — предком, могущим отражаться в окружающей космической среде столь сложным путем, каким отражается в ней современная жизнь, вся совокупность — монолит жизни.

Мы знаем, что аналогично современному отражалась жизнь в течение всего геологического времени. Для кембрия (меньше миллиарда лет назад¹) мы имеем уже ясное представление о сложности монолита жизни. Мы можем утверждать, что в это время должна была существовать наземная растительная жизнь, остатки которой не существуют, так как без нее не мог жить тот сложный мир гетеротрофных существ, который открывается в древнейших фаунах, пока изученных. Никаких сомнений в этом не может быть и для альгонкской эры. Дальше нет точных палеонтологических знаний, но изучение отражения жизни в земной среде — в тех глубокого измененных осадочных и органогенных породах, которые доступны непосредственному исследованию, — показывает, что строение монолита жизни было в основных биогеохимических чертах неизменным.

Эволюционный процесс, идущий внутри жизненного монолита, не может нас вывести за его пределы, а в его пределах он не может нас привести к какому-нибудь единому всеобъемлющему организму, могущему исполнять ту сложную космическую — планетную — функцию, какую исполняет монолит жизни современной биосферы. Монофилитическое представление о ходе эволюции не может быть верным², а полифилитическое не может привести к началу жизни.

Эволюционный процесс не захватывает достаточно глубоко жизненные явления, и эмпирический материал, нами научно изучаемый, требует и допускает более глубокий анализ жизни.

IV

На очередь становится задача о строении жизненной среды в биосфере, о ее изменении во времени. Жизненная среда, монолит жизни, ставит пределы эволюционному процессу, внутри ее идущему, ибо эволюционный процесс не может объяснить основного явления — ни химического, ни энергетического строения живого вещества, ни его неизменности в геологическом времени.

Судя по тому, что мы научно наблюдаем, сейчас в нашу геологическую психозойскую эру³, энергетическое проявление монолита жизни принимает новую форму, и эффект жизни быстро увеличивается при сохранении неизменного ее химического состава и, по-видимому, неизменной ее массы. Отражение жизни в биосфере увели-

¹ По современным данным Кембрий начался около 542 млн лет назад, закончился 488 млн лет назад. (С. В. Межжерин)

² Сейчас более приемлемым есть представление о монофилитическом происхождении живых организмов от одной общей для всех одноклеточных организмов формы. (С. В. Межжерин)

³ Соответствует понятию *антропоген*. (С. В. Межжерин)

чивается и принимает — со все усиливающимся темпом — новые формы. Эту новую функцию в организованности планеты исполняет культурное человечество, человеческая мысль и воля, эволюционным процессом созданные внутри монолита жизни.

Таким образом, эволюционный процесс не приводит нас к проблеме начала жизни. Ибо он идет только в пределах жизненной среды и не может ставить проблемы об изменении и генезисе самой жизненной среды, небольшую часть явлений которой он захватывает. *Проблема начала жизни есть проблема начала жизненной среды на нашей планете.*

В то же время — в пределах геологического времени — жизненная среда существует в основных своих чертах неизменной; все это время она связана очень сложно, одинаковым и теснейшим образом, неразрывно с организованностью¹ биосферы.

Морфологически биосфера все геологическое время менялась — закономерно, эволюционным порядком, — но физико-химически, в своих геохимических проявлениях, она оставалась стойкой и неподвижной.

V

Вопрос может идти не о начале живого организма в биосфере, а о начале *жизненной среды биосферы*, морфологическое изменение которой мы сейчас изучаем в палеонтологии. Морфологически живая среда всегда неизбежно неоднородна.

И из такой постановки проблемы можно сейчас утверждать:

1. Жизненная среда не может быть сведена к морфологически единому организму, когда-то населявшему планету, живая среда не может быть морфологически однородна, и единая основа живых организмов, протоплазма, не охватывает всех геохимических функций жизни на нашей планете.

2. Уже в связи с этим живая среда не могла произойти из единого одноклеточного организма, принесенного из космической среды, или из таких же разнородных неделимых, как это выдвинул Рихтер и принимали в свое время такие ученые, как лорд Кельвин или Гельмгольц. Нельзя, однако, отрицать, что проникновение в жизненную среду биосферы космических жизненных элементов, как это перед своей смертью допускал С. Аррениус для термофильных бактерий (из планеты Венера), весьма вероятно, ибо вещество биосферы, несомненно, постоянно принимает в себя космические тела. Но начала земной жизни оно не объясняет².

3. Неизбежно допустить, что, может быть, и менее сложная в основных чертах, чем теперешняя, но все же очень сложная *жизненная среда сразу создавалась на нашей планете* как нечто целое в догеологический ее период. *Создался целый монолит жизни (жизненная среда), а не отдельный вид живых организмов*, к какому нас ложно приводит экстраполяция, исходящая из существования эволюционного процесса.

Этот последний вывод, мне кажется, чрезвычайно затрудняет возможность допущения когда-то происшедшего на нашей планете абиогенеза или, вернее, ар-

¹ Вернадский В.И. Очерки геохимии. Л., 1934. 380 с.

² Реальность панспермии до сих пор не доказана. (С. В. Межжерин).

хеогенеза організмів в масштабі, необхідному для створення на ній життя.

Абіогенез окремого виду, якщо б навіть він міг бути досконалим, не пояснить створення життєвої середовища, як не може її створити пришедшая з інших планет колонія одноклітинних організмів завжди однієї геохімічної функції.

Необхідно допустити одночасне створення ряду організмів різної геохімічної функції, тісно пов'язаних між собою, т.е. *допустити абіогенез моноліта життя* — задача експериментально неможлива.

Абіогенез моноліта життя неминуче змушує допустити в життєвій середовищі існування і проявлення таких фізико-хімічних або, може бути, інших явищ, які зараз нам невідомі і не спостерігаються в оточуючій нас космічній середовищі, вимагають іншого розуміння життя.

Це було б досконалим особливим явищем, аналогічного якому ми з даних нашого сучасного знання побудувати не можемо і (пока?) навіть не можемо представити.

При такому положенні наших знань правильніше буде з наукової точки зору поставити явища життя *наряду* з енергією, матерією, з атомами), електричністю, ефіром і т.п., як істинні існуючі частини космосу, більш або менш невідомі цілком до якого-небудь одного з цих представлень. Якщо науковий аналіз покаже в майбутньому неправильність цієї робочої наукової гіпотези — завжди може бути внесена необхідна поправка.

В такому випадку життя слід визнати стільки ж безначальною з наукової точки зору, яким є електричність, наприклад.

Моноліт життя може в такому випадку створитися на нашій планеті, його виникнення мислимо при особливих умовах її існування, при наявності в оточуючій космосі життя. Вероятно, це не буде абіогенез — в будь-якому випадку, не абіогенез в нашому сучасному розумінні.

Можливо, може бути, підходити до цього питання і іншим шляхом, не припускаючи остаточної безначальності життя, як це роблять в деяких космогонічних побудовах, наприклад в невдачній, як мені здається, космогонічній гіпотезі американського астронома Сі (See), все ж відкриваючої шлях для подальших досліджень іншого порядку, ніж це роблять сторонники абіогенеза.¹

¹ Сі передбачав захоплення Сонцем нашої Землі (з живою речовиною з іншої частини космосу).

О ЗНАЧЕНИИ ПОЧВЕННОЙ АТМОСФЕРЫ И ЕЕ БИОГЕННОЙ СТРУКТУРЫ¹

1. Я хочу обратить внимание читателей «Почвоведения» на ряд новых важных работ (1942–1944) одного из крупнейших наших биологов — акад. Н. Г. Холодного².

Задачей моей сейчас является поставить их в рамки современной биогеохимии.

Как видно из заглавия и содержания первой из его работ, он счел возможным научно заговорить о синтезе живых организмов непосредственно из косной материи, об их *абиогенезе*.

В наше время этот вопрос едва ли мог так просто трактоваться, как это было возможно в прошлом столетии, когда вопрос об абиогенезе, казалось, был решен окончательно в отрицательном смысле после работ Л. Пастера (1822—1895) и поднятого им нового научного понимания явлений жизни, после открытия им значения мощного земного (планетного, как мы видим теперь) явления — мира земных микробов³.

2. В последние годы как в геологии, так и в астрономии⁴ выяснились новые большие *эмпирические обобщения*, которые в корне меняют наши представления о прошлом и настоящем нашей планеты, с одной стороны, и о значении живого вещества в других планетах — с другой.

В последней сводке наших знаний по геологии крупного американского геолога проф. Ч. Шухерта (1858–1942) и его ученика К. Дёнбара, в которой критически переработаны результаты многолетней геологической работы и которая является очень авторитетной в США, выяснено, что мы нигде на нашей планете не имеем геологических слоев, которые бы образовались в среде, лишенной жизни⁵. Жизнь *геологически вечна*⁶.

¹ Опубликовано в журнале Почвоведение, 1944, №4-5. С. 137-143.

² Ак. Н. Г. Холодный, Возникновение жизни и первичные организмы. Изв. Арм. фил. АН СССР, № 9–10, Ереван, 1942. Его же. О выделении летучих органических соединений живыми организмами и об усвоении их микробами почвы. ДАН, XLI, в. 9, М., 1943, стр. 416–418. Его же. Атмосфера, как возможный источник витаминов. ДАН, XLII, М., 1944. Его же. Летучие выделения цветов и листьев, как источник питания организмов. ДАН, XLIII, №2, 1944. Его же, Дарвинизм и эволюционная физиология. Арм. фил. АН, Ереван, 1943 г. (доставать не мог).

³ А.И. Опарин, Возникновение жизни на земле. Изд. 2-е, М.-Л., 1941.

⁴ Н. Spence Jones, The life on other worlds, N.-Y., 1940.

⁵ Ch. Schuchert a. C. Dunbar. A textbook of geology, II, N.-Y., 1941, p. 121.

⁶ В. Вернадский, О состоянии пространства в геологических явлениях. Земли как планеты. На фоне роста науки XX столетия. Проблемы биохимии, III (печатается).

В тех случаях, когда в них нет остатков животных и растений — в виде ли отпечатков, или скелетов, — все же нельзя не согласиться с Ч. Шухертом, что всюду, даже в самых древних слоях, мы встречаемся в них с *биогенными минералами*, не вызывающими сомнений в своем генезисе, и мы вынуждены допустить существование мощной жизни при их образовании.

Вследствие этого Шухертом произведено коренное изменение номенклатуры для древнейших слоев Земли, и вместо прежней «азойской», т. е. «безжизненной», эры им было введено представление об эре «криптозойской», т. е. «скрыто-жизненной».

3. Почти одновременно с этим произошел перелом и в нашем представлении об атмосферах планет, в том числе и нашей Земли. В начале этого столетия (в 1915 г.) впервые крупный английский химик В. Рамзай (1852–1916) показал, что формула Лапласа для земной атмосферы уже на высоте 15 км от уровня геоида не отвечает действительности.

Отношение между кислородом, более тяжелым, и азотом, более легким, остается в этом интервале (15 км) неизменным. Между тем, по формуле Лапласа количество кислорода должно было сильно уменьшиться.

Лаплас (P. S. de Laplace, 1740–1827) считал, как считали до последнего времени и все астрономы, что отношение количества разных газов в атмосфере определяется только всемирным тяготением, и по мере удаления от уровня геоида количество тяжелых газов должно быстро уменьшаться пропорционально атомному или молекулярному их весу.

Теперь имеются анализы Э. Регенера для атмосферы на высоте 41 км от уровня геоида, и отношение O_2/N_2 остается то же самое, как и на земной поверхности. Формула Лапласа не отвечает действительности.

4. Сто лет тому назад, в 1844 г., была ясно установлена французскими химиками и агрономами Ж. Буссенго (1802–1887) и Ж. Дюма (1800–1884) зависимость атмосферы Земли от статики, ее жизни, ее живого вещества. В своих замечательных лекциях, легших в основу современной научной агрохимии, в этом году они ярко генетически связали атмосферу Земли с ее жизнью. Дюма и Буссенго выразили это в афоризме: «Жизнь на Земле может быть рассматриваема как «придаток атмосферы»¹.

В 1931 г., исходя из данных геохимии, это представление Дюма и Буссенго было мной изменено в своих основах². Жизнь не есть «придаток атмосферы», но живое вещество (я употребляю понятие «живое вещество» как совокупность живых организмов) создает земную (планетную) атмосферу. Подавляющая масса газов, образующих земную атмосферу, биогенна. Создание атмосферы на нашей планете есть геохимическая функция живого вещества³.

Недавно, в 1943 г. сделан дальнейший шаг: проф. Р. Вильдт в США (Princeton в штате Нью-Йорк) распространил этот вывод на все планеты, как на тяжелые

¹ J. Dumas et J. Boussingault, Essai de statique chim. des êtres org. P., 1844, pp. 44–46.

² В. И. Вернадский, Об условиях появления жизни на земле. ИМЕН, 1931, стр. 645..

³ За единицу принимается удельный вес воды при 4 °С и 760 мм давления. Самая легкая планета — Сатурн, легче воды, самая тяжелая — наша Земля, 5.52.

«земные» — Венеру, Землю и Марс (уд. вес 3,84–5,52) так и на легкие «гигантские» Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун (уд. вес 0,69–1,22)¹.

5. Обратимся теперь к эмпирическим обобщениям акад. Н. Г. Холодного, выраженным им ясно и точно. Я привожу их, сколько возможно, его словами.

Он говорит: «Если исследовать почву, сравнительно богатую питательными веществами, то наблюдателя поражает прежде всего разнообразие населяющих ее микроорганизмов. В то же время бросается в глаза резкая зависимость характера этого населения от внешних условий влажности, температуры, большего или меньшего доступа кислорода, наличия тех или иных питательных веществ.

Огромное большинство микроорганизмов, открываемых в почвах описанными методами непосредственного наблюдения, относится к бактериям, актиномицетам, различным семействам грибов и к простейшим (Protozoa). Многие из них, несомненно, принадлежат к видам, еще не изученным и не выделенным в чистой культуре, но принадлежность их к тем или иным группам микроорганизмов, установленным современной систематикой, не вызывает сомнений.

Однако наряду с этими более или менее банальными формами, составляющими, так сказать, основной биофон исследуемых препаратов, изредка, как исключение, встречаются формы, при виде которых наблюдатель, даже отлично знакомый с миром микроскопических живых существ, невольно становится в тупик. Их совершенно невозможно отнести к какой-либо из известных систематических единиц, на которые мы в настоящее время делим бактерии, актиномицеты и другие простейшие организмы.

В то же время принадлежность их именно к живым существам в большинстве случаев едва ли может возбуждать сомнение, несмотря на всю примитивность их организации»².

«Я убежден,— говорит он дальше,— что дальнейшее, более глубокое и внимательное изучение почвы с помощью описанных здесь и других методов современной биологии значительно расширит наши знания в этой области и приблизит нас к решению вопроса о первичных организмах»³.

Наиболее вероятно предположение, что первичные организмы — архебионты⁴ были приспособлены к воздушному питанию: они получали из воздуха углерод в виде готовых органических соединений, в первую очередь углеводов, и азот в виде аммиака.

Твердый субстрат, на котором они обитали, служил для них только источником минеральных веществ и частично воды».

И дальше: испытанных нами углеводов наилучшие результаты дал нафталин. Оказалось, что в почвах широко распространены бактерии, способные использовать это вещество как питательный и дыхательный материал.

¹ Я знаю эту работу Вильдта только по письмам. Ее заглавие: The geochemistry and the atmospheres of Plants.

² Н. Холодный, Изв. Арм. Филиала, № 9—10, 1942, стр. 100.

³ Там же, стр. 101. Разрядка моя.

⁴ Там же, стр. 102. Разрядка моя.

Насколько можно судить по полученным нами данным, питание микроорганизмов газами и парами гораздо шире распространено в природе, чем думали до сих пор.

Мои опыты показали, что многие микробы довольствуются таким ничтожным содержанием в воздухе органических веществ, которое с трудом можно обнаружить самыми тонкими аналитическими методами¹.

Колыбелью жизни на Земле была, во всей вероятности, поверхность обнажившегося из-под воды дна мелких водоемов, и первые этапы своего развития археобионты проводили не в воде, а на поверхности влажного, но твердого субстрата.

В связи с этим археобионты были приспособлены главным образом к воздушному питанию: необходимые им углеродистые и азотистые соединения они получали из окружающей атмосферы — в виде различных органических веществ (в первую очередь углеводов) и аммиака. Источником энергии для них вначале могли быть только анаэробные процессы — ввиду отсутствия в их атмосфере свободного кислорода².

Весьма вероятно, что в современную нам эпоху среди микроскопических обитателей почвы имеются прямые потомки археобионтов, сохранившие основные черты их морфологической и биохимической организации³.

Применяя методы непосредственного наблюдения почвенных микроорганизмов в их естественной среде, а также элективные культуры, можно проверить правильность этого предположения и, в случае, удачи, составить себе полное и точное представление об организмах, бывших пионерами жизни на Земле.

Возможно, что наличие у современных почвенных организмов способности к воздушному питанию различными органическими соединениями, в том числе и нерастворимыми в воде углеводородами, коренится в их наследственной связи с археобионтами⁴.

Я вернусь позже, в § 10, к вопросу о том, какому ныне известному явлению отвечают археобионты Н. Г. Холодного. Прежде, однако, вкратце остановлюсь на том, почему из обычной косной материи не может произойти в биосфере живое вещество, почему простой абиогенез из обычной косной среды невозможен.

Область, которой мне приходится касаться, мало изучена, но все же имеющиеся точные данные достаточны для того чтобы можно было утверждать, что не всякое косное вещество может быть превращено в живой организм, который произойдет самозарождением из косного вещества, как это считает возможным Н. Г. Холодный, а не пройдет через поколения предков.

б. Все организмы, все живое вещество рождается поколениями. Ни одного исключения для этого явления мы не знаем, хотя иногда процесс идет сложным путем. Для одноклеточных, микробов, грибов, инфузорий и т. п. это связано с

¹ Н. Холодный, Изв. Арм. Филиала, № 9–10, 1942, стр. 103.

² Там же, стр. 104.

³ Там же. Разрядка моя.

⁴ В. И. Вернадский, Проблемы биогеохимии, II, М.–Л., 1939, стр. 10, 11.

суточным движением Земли. Для многоклеточных, в том числе и человека, это связано с годовым вращением нашей планеты вокруг Солнца.

Организм родится из спор, зерен, семян, яиц. И даже вегетативное размножение растений в конце концов может быть точно сведено к поколениям.

Мы знаем сейчас, что в их размножении могут быть остановки жизненных проявлений для зерен, спор, а иногда и целых организмов — анабиоз, латентное состояние — на тысячи лет, а вероятно и много больше.

Таковы, например, коловратки и некоторые ракообразные, а также водоросли з вечно мерзлоте Сибири, явление, на которое обратил внимание в последние годы П. Н. Каптерев (1934). Явление это было впервые открыто в XVII в. А. Лёвенгуком в Гааге в Голландии (1632–1723).

К сожалению, П. Н. Каптерев заболел и должен был бросить работу, которая не доведена им до конца и до сих пор научно не опубликована Институтом мерзловедения Академии Наук и связанными с этим) вопросом нашими биологическими институтами.

Такая медлительность в окончательной разработке научных открытий такого большого масштаба показывает коренные недостатки в структуре нашей Академии. С этим мириться нельзя. Академия должна обратить на это внимание и закончить и опубликовать такие важные достижения ее ученого персонала.

7. Прежде чем идти дальше, надо остановиться на одном явлении, которое стало известным в последнее время.

Мы имеем — в атомном аспекте — две формы косной материи в биосфере. Во-первых, та материя, которая строит окружающие нас небиогенные минералы и такие же горные породы, в подавляющей массе образовавшиеся или глубже биосферы, т. е. при отсутствии живого вещества — вне области жизни, или те, которые образуются в пределах биосферы на глубине нескольких километров, на нашей планете порядка 3—5 км.

Мертвые (косные) небиогенные горные породы и минералы по массе во много раз превышают массу всего живого вещества биосферы. К сожалению, эти небиогенные минералы и горные породы не изучены и не учтены в достаточной мере в своем атомном изотопическом строении.

Мы имеем дело с ними на каждом шагу, когда живое вещество умирает, но строящая его мертвая (росная) материя остается в большей своей части на месте смерти.

Биогенные минералы и горные породы сохраняются на месте и химически не целиком разрушаются. Они прочно сохраняют свой материальный субстрат, Я назвал эти тела биокосным веществом¹.

Почвы, морские, речные, озерные воды, нефти, угли, битумы являются разного рода биокосными телами. Едва ли возможно разделить количественно до конца живую и биокосную структуры.

А. рiоiгi нельзя отрицать в этом случае возможности абиогенеза, так как атомный состав живого и косного вещества может быть здесь изотопически идентичен.

¹ В. И. Вернадский, Изотопы и живое вещество. ДАН, Л., 1926, стр. 215–218.

Эта область явлений требует научно-критического экспериментального исследования.

8. В 1926 г. я указал на своеобразии¹ химического состава живого вещества. При жизненных процессах идет количественное изменение изотопического строения химических элементов живого вещества. Дальнейшие успехи науки показали, что это явление свойственно не только живому веществу, но проявляется и в косных процессах, например в продуктах вулканических извержений.

Я указал на это в 1934 г.² как на общее явление метаморфических пород и минералов. В 1941 г. было выяснено, что вода в серпентинах, тальках и в хлоритах связана с увеличением количества тяжелого кислорода: O_{18} (вместо O_{16})³.

В этом же году в работе А. П. Виноградова и Р. В. Тейса⁴ доказано, что количество «тяжелого» изотопа кислорода увеличивается при хлорофильном процессе водной *Elodea canadensis*.

9. Из всего вышеуказанного, учитывая, однако, небольшое количество опытов, прерванных у нас войной, можно считать более чем вероятным, что изменение изотопического состава элементов организмами — живым веществом — происходит в биосфере при обыкновенном давлении и обыкновенной температуре поверхности Земли, тогда как для косной среды аналогичный процесс происходит только при высоком давлении и при высокой температуре в недрах метаморфической оболочки. Дальнейшие исследования выяснят это явление более точно. Пока мы можем только его учитывать. Но во всяком случае ясно, что синтез жизни требует предварительного изотопического изменения химических элементов.

Для данного частного случая мы пока не можем идти дальше. Мне кажется, что можно рассматривать, как рабочую гипотезу, предложение акад. Н. Г. Холодного в его чрезвычайно интересной работе. Мы имеем здесь дело не с абиогенезом в старом его понимании.

10. Стоя на эмпирической точке зрения, можно утверждать, что аркебиониты акад. Н. Г. Холодного вполне отвечают другому нам известному природному явлению.

Оно было названо в 1931 г. И. Вильзером, тогда профессором в Фрейбурге, а в 1938 г. в Гейдельберге — персистентами⁵.

Персистенты — это те организмы, которые не меняются в своем морфологическом характере с ходом геологического времени.

Для них как бы останавливается эволюционный процесс. Мы знаем, что в целом ряде случаев эта остановка чрезвычайно длительна, например для *Lingula* она длится с кембрийского времени, следовательно, охватывая несколько сот миллионов лет, примерно 500 млн. лет.

¹ W. Vernadsky, Où doit-on chercher l'élan lourde du point de vue géochimique. C. R., P., 199, 1934, p. 694.

² В.И. Вернадский, А. П. Виноградов, Р. В. Тейс (при участии К. П. Флоренского), ДАН, XXXI, № 6, 1941, 594.

³ А. П. Виноградов, Р. В. Тейс, ДАН, 1941.

⁴ J. Wilser. Lichtreaktionen der fossilen Tierwelt. Berlin, 1931. стр. 161, f.

⁵ Сборник, посвященный памяти К. А. Тимирязева.

Проф. И. Вильзер указывает, что для персистентов характерно то, что они (их материальные остатки) находятся в областях нашей планеты, где затруднено или отсутствует непосредственное воздействие солнечных лучей или вообще лучистой энергии. Почва, вернее почвенная атмосфера — как раз является такой областью. Мне кажется, палеонтологи и биологи не обратили достаточного внимания на книгу Вильзера.

Его представления не являются гипотетическими, а вполне могут быть рассматриваемы как эмпирическое научное обобщение, обязательное для натуралиста.

11. Еще несколько слов. Нельзя упускать из виду, во-первых, то, что мы до сих пор, даже для тропосферы — нижней газовой зоны оболочки — не имеем полного ее химического анализа. Нет никакого сомнения, что в ней должны находиться все химические элементы.

Подобно тому, как это доказано для морской воды, т. е. для гидросферы и для верхней части литосферы, т. е. коры выветривания, нельзя не подчеркнуть, что все металлы должны находиться в тропосфере

Это давно обращало на себя внимание геохимиков. Совершенно ясно, что такое исследование должно иметь большое значение для медицины, для метеорологии и особенно для биохимии, ибо разнообразие газовых минералов в тропосфере должно исчисляться тысячами видов. До войны наша Биогеохимическая лаборатория (теперь Лаборатория геохимических проблем) произвела ряд систематических количественных определений галоидов — хлора, брома, иода в атмосфере в Москве и за городом. Результаты будут обработаны и опубликованы. Лаборатория геохимических проблем должна дать полный атомный количественный анализ тропосферы.

В бытность проф. А. А. Фридмана директором Главной физической обсерватории Академии Наук СССР в Ленинграде я вел с ним переговоры о систематическом химическом количественном исследовании состава атмосферы в связи с изучением погоды. Это было в 1916, может быть, в начале 1917 г. Преждевременная смерть этого большого ученого остановила эту работу. Мне кажется, что эта задача должна быть разрешена теперь.

12. Метеорологи давно указывали на значение запахов для жизни растений, которые регулируют на нашей планете лучеиспускание в холодное небесное пространство, защищая растения от вредного охлаждения. Земледельцы давно регулируют дымом охрану культур от заморозков. Мы имеем здесь дело с более крупным явлением, с охраной нашей Земли от потери тепла в космический вакуум.

Ясно, что число органических биогенных минералов едва изучено. Их многие тысячи. Одни терпены, которые временами дают в воздухе значительные целые атомные проценты, превышают две тысячи, тогда как все нам известные твердые природные минералы не доходят до полторы тысячи.

Это область минералогии, которая требует сейчас большого внимания со стороны минералогов.

13. Надо обратить внимание еще на одно явление, которое обычно не учитывается. Ясно сейчас уже, что эволюционный процесс теснейшим образом связан с жизнью и свойственен только живому веществу. Его нет в косной материи.

Те же самые минералы и горные породы образуются в криптозое, девоне, в третичной эре, в наше время сейчас.

Эволюционный процесс наблюдается только в живом и в части биокосного вещества. Мне кажется, впервые проф. Таусон¹ определенно высказал, что бактерии и грибы с ходом времени морфологически меняются. Открылась огромная область для исследования. Для косной материи нашей планеты (и очевидно для всех планет, для земных планет во всяком случае) аналогия более основная и мощная — аналогична эволюционному процессу живого вещества — это радиоактивный распад атомов, то явление, которое в Эоны веков меняет химический атомный состав планеты и которое, например, уменьшает в ней количество атомов калия и увеличивает количество кальция и т. п.

Этим путем получается та энергия, которая лежит в основе всех геологических, т. е. планетных, процессов, и выявляется в высокой температуре нашей (и других) планет².

¹ В. И. Вернадский, О значении радиологии для современной геологии. Тр. XVII Сессии Международного геологического конгресса, 1937, I, стр. 215.

² Опубликовано в: American Scientist. 1945. Vol. 33, N 1. P. 1 -2, portr. Печатается по изданию: Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

БИОСФЕРА И НООСФЕРА¹

ПРЕДИСЛОВИЕ К АМЕРИКАНСКОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящая статья состоит из краткого введения, где в тезисной форме изложено содержание законченной в 1938 г. статьи, полный перевод которой недавно опубликован в «Transactions of the Connecticut Academy of Sciences» под редакцией проф. Дж. Э. Хатчинсона, а также новой работы, написанной в 1943 г. и переведенной с русского рукописного текста д-ром Георгием Вернадским из Йельского университета. Обе части этой статьи в едином тексте характеризуют научное мировоззрение одного из самых выдающихся ученых нашего столетия в самой обобщенной форме.

На фронтисписе помещен портрет ученого с цитатой из письма проф. А. Петрункевичу: «Я смотрю вперед очень оптимистично. Думаю, что мы переживаем не только исторический перелом, но и планетный. Мы живем при переходе в ноосферу. Сердечный привет. В. Вернадский».

В таблице, помещенной ниже в сокращенном виде, представлены главные выводы ранее опубликованной работы и привлечено внимание к многим свойствам живых тел, которые выглядят столь элементарными, что создается опасность оставить их без внимания. Весьма полезно и поучительно просмотреть эту таблицу, применив ее критерии к пониманию природы способных к кристаллизации вирусов, которая была совершенно не выяснена ко времени напечатания статьи В.И. Вернадского.

Редактор²

¹ Опубликовано в: American Scientist. 1945. Vol. 33, N 1. P. 1 -2, portr. Печатается по изданию: Жизнь вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

² Когда работа готовилась к печати, нас достигла скорбная весть о кончине академика Вернадского 6 января 1945 г. — Редактор American Scientist. Понятие «биосферы», т.е. «области жизни», введено было в биологию Ламарком (1744–1829) в Париже в начале XIX в., а в геологию Зюссом (1831-1914) в конце того же века. О биосфере см.: В.И. Вернадский. Очерки геохимии. 4-е изд., указатель. М.; Л., 1934; Биосфера. Л., 1926; фр. изд. — Париж, 1929.

БИОСФЕРА

Живое вещество есть совокупность всех организмов Земли, находящихся на ней в данный период времени. В целом эта совокупность играет большую роль, хотя если говорить о воздействии человека на планетные процессы, то роль отдельной личности может быть ничтожной. Живое вещество на Земле можно рассматривать как совокупность средних живых организмов, относящихся ко всем таксономически различным группам. Мы говорим, что каждая из таких групп состоит из однородного живого вещества.

Живое вещество существует только в биосфере¹. Биосфера включает в себя земную тропосферу, океаны и тонкую пленку в континентальных областях, уходящую на глубину не менее чем на три километра. Человек стремится увеличить размеры биосферы.

Биосферу определяют как область жизни, однако более точно ее следует определить как оболочку, в которой могут происходить изменения, вызванные приходящим солнечным излучением.

Вещество, составляющее биосферу, существенно неоднородно, и мы различаем косное и живое вещество. Косное вещество резко преобладает по массе и по объему. Происходит непрерывная миграция атомов из косного вещества биосферы в живое и обратно. Все исследуемые объекты в биосфере следует называть естественными телами биосферы. Среди них различают тела живые, косные или биокосные, как, например, почва или озерная вода. Результаты исследования природных явлений образуют «систему природы» и приводят к накоплению чисел, составляющих систематизированное значение, т.е. *corpus scientiarum* - «научный аппарат», растущий как снежный ком; этот «научный аппарат» охватывает все систематизированное знание, которое может быть противопоставлено философии, религии и искусству, где истина вскрывается интуитивным творчеством, систематизированная история этих проявлений человеческого духа принадлежит научному аппарату.

В прошлом не уделяли достаточного внимания двум научным концепциям: а) *Пастера*, который был совершенно прав, когда придавал исключительно важную роль преобладанию оптически активных соединений как характерному общему свойству живых тел и продуктов их жизнедеятельности: идея *Пастера* имеет непреходящее значение; б) вклад живых организмов в энергетику биосферы серьезно недооценивался. Биогеохимическая энергия может быть выражена скоростью заселения биосферы данным видом организмов. Для некоторых бактерий скорость заселения, ограниченная скоростью деления цепочки клеток, приближается к скорости звука и соответствует тенденции к мгновенному потенциальному заселению всей поверхности Земли этим живым организмом.

Будем иметь в виду эти вводные принципы и выразим в табличной форме различия между живым и косным веществом; перечень признаков приведен в сокращен-

¹ Понятие «биосферы», т.е. «области жизни», введено было в биологию Ламарком (1744-1829) в Париже в начале XIX в., а в геологию Зюссом (1831-1914) в конце того же века. О биосфере см.: В.И. Вернадский. Очерки геохимии. 4-е изд., указатель. М.; Л., 1934; Биосфера. Л., 1926; фр. изд. — Париж, 1929.

ном виде. Различия определяются не только разницей энергетических и химических свойств живых и косных тел. Кроме того, имеются фундаментальные различия в пространственно-временных состояниях живых и косных тел. Мы полагаем, что геометрия, присущая живым организмам, может отличаться от геометрии косных тел.

I

А. Живые естественные тела проявляются только в биосфере и только в форме дисперсных тел. Никогда не наблюдалось возникновение живых тел из косных. Возможно, но до сих пор не доказано проникновение живых естественных тел из космического пространства.

В. Дисперсные косные формы сконцентрированы в биосфере, но их также находят много глубже, в пределах земной коры. Они создаются в биосфере, но, кроме того, привносятся в нее из более нижних земных оболочек в вулканических процессах, а также из космических просторов - в форме метеоритов и космической пыли.

II

А. Живые естественные тела как морфологически, обладая клеточным строением и протоплазменной природой, так и присущей им способностью к размножению представляют собой единое целое. Такое единство всех живых естественных тел должно быть связано с их генетическим единством в ходе геологического времени.

В. Косные естественные тела чрезвычайно разнообразны и никакой единой морфологической или генетической связью между собой не обладают.

III

А. Химическое различие правых и левых форм одного и того же химического соединения характеризует состояние физического пространства, занятого живым организмом. Преобладают или правые, или левые изомеры.

В. Левые и правые формы одних и тех же химических соединений в косных телах имеют одни и те же химические свойства. Количество правых и левых кристаллических многогранников, образующихся в косной среде, одинаково.

IV

А. Новое живое естественное тело рождается только из другого живого тела, ему подобного. Временами возникают новые поколения, отличные от предыдущих. Возникновение у живых организмов центральной нервной системы привело к возрастанию геологической роли живого вещества с конца плейстоцена.

В. Новые косные естественные тела создаются в биосфере безотносительно от ранее бывших естественных тел. Мы видим те же косные естественные тела и те же явления их образования на протяжении двух миллиардов лет. Новые виды косных тел появляются только под влиянием живого вещества, особенно вследствие жизнедеятельности человека.

V

А. Живых жидких и газообразных тел нет, хотя жидкости и газы присутствуют в мезоморфных или твердых живых телах. Произвольное движение, в значительной степени саморегулируемое, является общим признаком живого естественного тела. Пассивная форма движения создается размножением, однако его следствия, выражаемые в заселении биосферы, могут быть сравнимы с расширением массы газа.

В. Жидкие и газообразные косные тела принимают форму вместилищ, в которых они находятся. Твердые и мезоморфные косные тела не растут и не увеличиваются в своей массе.

VI

А. Существует непрерывная миграция атомов из биосферы в организмы и обратно. Благодаря этому в организмах создается огромное и непрерывно меняющееся количество молекул, которые не могут быть рождены какими-то иными процессами в биосфере.

В. Косные естественные тела меняются исключительно от внешних причин, исключение составляют радиоактивные вещества.

VII

А. Число живых естественных тел количественно связано с размерами биосферы.

В. Число косных естественных тел определяется общими свойствами материи и энергии и не зависит от размеров планеты.

VIII

А. Масса живого вещества остается в основном постоянной и определяется лучистой солнечной энергией и биогеохимической энергией заселения планеты, однако, очевидно, эта масса близка к пределу, а процесс заселения еще не закончен.

В. Площадь проявления косных естественных тел в биосфере ограничена ее размерами и увеличивается только с ее ростом, вызванным движением живого вещества.

IX

А. Минимальный размер живого естественного тела определяется дыханием, он порядка 10^{-6} см. Максимальный размер никогда не превышает $n \cdot 10^4$. Диапазон небольшой: 10^{10} .

В. Минимальный размер косного естественного тела биосферы определяется дисперсностью материи и энергии, т.е. размером элементарных частиц в физике. Максимальный размер определяется размерами биосферы. Диапазон: 10^{40} или больше.

X

А. Химический состав живых естественных тел является функцией их собственных свойств.

В. Химический состав косных естественных тел является функцией свойств окружающей среды, в которой они создаются.

XI

А. Количество химических соединений в живых естественных телах связано с числом индивидуальных организмов и, вероятно, достигает многих миллионов.

В. Количество различных химических соединений в косных естественных телах ограничено немногими тысячами.

XII

А. Природные процессы живого вещества увеличивают свободную энергию биосферы.

В. Все природные процессы в области косных естественных тел, за исключением радиоактивного распада, уменьшают свободную энергию биосферы.

XIII

А. Живые естественные тела всегда являются мезоморфными, и вне латентных состояний живого вещества водород и кислород в форме воды резко преобладают, образуя крайне сложные смеси с другими соединениями. Химический состав любого живого естественного тела строго определен, хотя и не проявляет стехиометрических отношений, и более постоянен, чем химический состав изоморфных смесей природных минералов.

В. Химический состав косных естественных тел может отвечать почти теоретически чистому химическому соединению с точными стехиометрическими отношениями между элементами. В минералах преобладают твердые растворы.

XIV

А. Процессы, протекающие в живом веществе, могут приводить к существенному изменению их изотопических смесей.

В. Изотопические смеси в косных естественных телах в биосфере заметно не меняются, хотя за пределами биосферы, в глубине земной коры, такие изменения, по-видимому, происходят.

XV

А. Огромное большинство живых естественных тел меняется в своей форме эволюционным процессом. Однако скорость подобных изменений крайне различна.

В. Большинство инертных естественных тел в биосфере устойчиво, чем объясняется немногочисленность их видов.

XVI

А. Процессы, создающие живые естественные тела, необратимы во времени.

В. Все физико-химические процессы в косных естественных телах обратимы во времени.

В общежитии обычно говорят о человеке как о свободно живущем и передвигающемся на нашей планете индивидууме, который свободно строит свою историю. До сих пор историки, вообще ученые гуманитарных наук, а в известной мере и биологи сознательно не считаются с естественными законами биосферы — той земной оболочкой, где может существовать жизнь. Стихийно человек не может быть от нее отделен; и эта неразрывность только теперь начинает перед нами точно выясняться. Он геологически связан с материально-энергетической структурой биосферы. В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится¹. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны — прежде всего питанием и дыханием — с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут.

В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание; она является как планетное явление космического характера. В биогеохимии нам приходится считаться с тем, что живые организмы существуют не только на одной нашей планете, не только в земной биосфере. Это установлено сейчас, мне кажется, без сомнений пока для всех так называемых земных планет, т.е. для Венеры, Земли и Марса².

В архивах науки, в том числе и русской, мысль о жизни как о космическом явлении существовала уже давно. В конце семнадцатого века голландский уче-

¹ Замечательный ученый, петербургский академик Каспар Вольф (1733-1794), всю свою жизнь отдавший России, хотя и не русский по рождению, ярко выразил связь между организмами и средой в книге, напечатанной по-немецки в Санкт-Петербурге в 1789г. — в год Великой французской революции, под заглавием «Von d. eigenthüml. Kraft d. Vegetabl. Sowohl auch d. animal. Substanz als Erläuterung zu zwei Preisschriften über d. Nutritions-kraft» (Об особенной и действенной силе, свойственной растительной и животной субстанции). Он опирался на Ньютона, а не на Декарта, как огромное большинство биологов в его время. К сожалению, до сих пор оставшиеся после Вольфа рукописи не изучены и не изданы. В 1927 г. Комиссией по истории знаний при Академии наук СССР эта задача была поставлена, но не доведена до конца из-за постоянных изменений подхода Академии наук к изучению истории научного знания. В настоящее время эта работа в Академии сведена к минимуму, что не приносит ничего, кроме вреда.

² См. мою Статью «Геологические оболочки Земли как планеты» (Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 6, 1942, с. 251). См. также: Н. Spenser Jones. Life on Other Worlds. N. Y., 1940; R. Wildt, Proc. Amer. Philos. Soc., 81, 1939, p. 135. Перевод последней книги, к сожалению неполный (что не оговорено), помещен в «Астрономическом журнале», 17, вып. 5, 1940, 81 и след. Сейчас вышла в свет новая книга Вильдта «Geochemistry and the atmosphere of Planets» (1942). К сожалению, она до нас еще не дошла. В Биогеохимической лаборатории Академии наук в Москве, ныне переименованной в Лабораторию геохимических проблем, в сотрудничестве с академиком же Институт микробиологии (директор — чл.-кор. Академии наук Б.Л. Исаченко) мы поставили проблему о космической жизни еще в 1940 г. как текущую научную задачу. В связи с войной эта работа была приостановлена и будет возобновлена при первой возможности.

ный Христиан Гюйгенс (1629-1695) в своей последней работе «Космотеорос», вышедшей в свет уже после его смерти, научно выдвинул эту проблему. Книга эта была дважды по инициативе Петра Великого издана на русском языке под заглавием «Книга мировоззрения» в первой четверти восемнадцатого века¹, Гюйгенс в ней установил научное обобщение, что «жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи». Это обобщение я назвал недавно «принципом Гюйгенса»².

Живое вещество по весу составляет ничтожную часть нашей планеты. По-видимому, это соотношение наблюдается в течение всего геологического времени, т.е. геологически вечно³. Живое вещество сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной пленке на поверхности суши в тропосфере, в лесах и полях, и проникает весь океан. Количество его исчисляется примерно 0,25% биосферы по весу. На суше оно идет в сплошных скоплениях на глубину в среднем, вероятно, меньше 3 км.

НООСФЕРА⁴

Мы приближаемся к решающему моменту во второй мировой войне. Она возобновилась в Европе после 21- годового перерыва, в 1939 г., и длится в Западной Европе пять лет, а у нас, в Восточной Европе, три года. На Дальнем Востоке она возобновилась раньше — в 1931 г. — и длится уже 12-й год. В истории человечества и в биосфере вообще война такой мощности, длительности и силы — *небывалое явление*. К тому же ей предшествовала тесно с ней связанная причинно, но значительно менее мощная первая мировая война.

В нашей стране эта первая мировая война привела к новой — исторически небывалой — *форме государственности* не только в области экономической, но и в области национальных стремлений. С точки зрения натуралиста (а думаю, и историка) можно и должно рассматривать исторические явления такой мощности как единый большой земной *геологический*, а не только *исторический* процесс.

Первая мировая война лично в моей научной работе отразилась самым решающим образом. Она изменила в корне мое *геологическое миропонимание*. В атмосфере этой войны я подошел в геологии к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы — к геохимическому и биогеохимическому,

¹ Следовало бы ее переиздать на русском языке с комментариями.

² См. «Очерки геохимии» (с. 9, 288) и мою книгу «Проблемы биогеохимии», III (в печати).

³ «Проблемы биогеохимии», III.

⁴ Слово «ноосфера» составлено из греческого «ноос» — разум и «сфера» в смысле оболочки Земли. Более детально я рассматриваю проблему ноосферы в 3-й части подготавливаемой для публикации книги «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения».

охватывающему и косную и живую природу с одной и той же точки зрения¹. Я провел годы первой мировой войны в непрерывной научно-творческой работе; неуклонно продолжаю ее в том же направлении и до сих пор.

28 лет назад, в 1915 г., в Академии наук была образована академическая «Комиссия по изучению производительных сил» нашей страны, так называемый КЕПС, председателем которого я был, сыгравшая заметную роль в критическое время первой мировой войны. Ибо для Академии наук совершенно неожиданно в разгаре войны выяснилось, что в царской России не было точных данных о так называемом теперь стратегическом сырье, и нам пришлось быстро сводить воедино рассеянные данные и быстро покрывать недочеты нашего знания².

К сожалению, ко времени начала второй мировой войны сохранилась наиболее бюрократизированная часть нашей комиссии, так называемый Совет по изучению производительных сил, и стало необходимо спешно восстанавливать остальные ее подразделения.

Подходя геохимически и биогеохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте. Это как раз — бессознательно для меня — совпало с тем, что, как оказалось теперь, характеризует науку XX в. и отличает ее от прошлых веков. *XX век есть век научного атомизма.*

Все эти годы, 1917-1918, так получилось, что совершенно случайно я оказался на Украине³ и вплоть до 1921 г. был не в состоянии возвратиться в Петроград. Все эти годы, где бы я ни был, я был охвачен мыслью о геохимических и биогеохимических проявлениях в окружающей меня природе, в биосфере. Наблюдая ее, я в то же время направил интенсивно и систематически в эту сторону и свое чтение, и свое размышление. Получаемые мною результаты я излагал постепенно, как они складывались, в виде лекций и докладов в тех городах, где мне пришлось в то время жить: в Ялте, в Полтаве, в Киеве, в Симферополе, в Новороссийске, в Ростове и других. Кроме того, всюду — почти во всех городах, где мне пришлось жить, — я читал все, что можно было в этом аспекте, в широком его понимании, достать. Стоя на эмпирической почве, я оставил в стороне, сколько был в состоянии, всякие философские искания и старался опираться только на точно установленные научные и эмпирические факты и обобщения, изредка допуская рабочие научные гипотезы. В связи со всем этим в явления жизни я ввел вместо понятия «жизнь» понятие «живое вещество», сейчас, мне кажется, прочно утвердившееся в науке. «Живое вещество» есть совокупность живых организмов. Это не что иное, как научное, эмпирическое обобщение всем известных и легко и точно наблюдаемых бесчисленных эмпирически бесспорных фактов. Понятие «жизнь» всегда

¹ Любопытно, что я столкнулся при этом с забытыми мыслями оригинального баварского химика Х. Шенбейна (1799-1868) и его друга, гениального английского физика М. Фарадея (1791-1867). В начале 1840-х годов Шенбейн печатно доказывал, что в геологии должна быть создана новая область — геохимия, как он ее тогда же назвал (см.: В. Вернадский. Очерки геохимии, 4-е изд. М.; Л., 1934, с. 14, 290).

² О значении КЕПС см.: А.Е. Ферсман. Война и стратегическое сырье. Красноуфимск, 1941, с. 48.

³ См. мою статью «Из воспоминаний: первый год Украинской Академии наук», которая готовится к печати в юбилейном сборнике, посвященном 25-летию Украинской Академии наук.

выходит за пределы понятия «живое вещество» в области философии, фольклора, религии, художественного творчества. Это все отпало в «живом веществе».

В ходе геологического времени живое вещество изменяется морфологически согласно законам природы. История живого вещества в ходе времени выражается в медленном изменении форм жизни, форм живых организмов, генетически между собой непрерывно связанных, от одного поколения к другому, без перерыва. Веками эта мысль поднималась в научных исканиях; в 1859 г. она наконец получила прочное обоснование в великих достижениях *Чарльза Дарвина* (1809-1882) и *Уоллеса* (1822-1913). Она вылилась в учение об эволюции видов — растений и животных, в том числе и человека. Эволюционный процесс присущ только живому веществу. В косном веществе нашей планеты нет его проявлений. Те же самые минералы и горные породы образовывались в криптозойской эре, какие образуются и теперь¹. Исключением являются биокосные природные тела, всегда связанные так или иначе с живым веществом².

Изменение морфологического строения живого вещества, наблюдаемое в процессе эволюции в ходе геологического времени, неизбежно приводит к изменению его химического состава³.

Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массой биосферы, то биогенные породы составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер⁴. В замечательной по многим мыслям книге *Ламарка* «Hydrogeologie» (1802) живое вещество, как я его понимаю, являлось создателем главных горных пород нашей планеты. *Ламарк де Монне* (1744-1829) до самой смерти не принимал открытий Лавуазье (1743-1794). Но другой крупнейший химик, *Ж.Б. Дюма*, его младший современник (1800-1884), много занимавшийся химией живого вещества, долго держался представлений о количественном значении живого вещества в строении горных пород биосферы.

Младшие современники *Ч. Дарвина* — *Д.Д. Дана* (1813-1895) и *Д. Ле-Конт* (1823-1901), два крупнейших североамериканских геолога (а *Дана* к тому же и минералог и биолог), выявили еще до 1859 г. эмпирическое обобщение, которое показывает, что *эволюция живого вещества идет в определенном направлении*. Это явление было названо *Дана* «цефализацией», а *Ле-Конт* «психозойской эрой». *Дана*, подобно *Дарвину*, пришел к этой мысли, к этому пониманию живой природы

¹ Криптозойской эрой я называю, согласно современным американским геологам, например Карлу Шухерту (C. Shuchert and C. Dunbar. A Textbook of geology. Pt II. N.Y., 1941, p. 88.), тот период, который назывался раньше азойской или археозойской эрой. В криптозойской эре морфологическая сохранность остатков организмов сходит почти на нет, и они отличаются от кембрия, но существование жизни здесь проявится в виде органогенных пород, происхождение которых не вызывает ни малейших сомнений.

² Биокосные тела — см.: W.I. Vernadsky. Problems of Biogeochemistry, II. Trans. Conn. Acad. Arts. Sci. Vol. 35 (1944), p. 493. Таковы, например, почва, океан, огромное большинство земных вод, тропосфера и т.п.

³ Этот вопрос сейчас требует экспериментальной проверки. Проблема эта поставлена нами в план работ 1944 г. совместно с Палеонтологическим институтом Академии наук.

⁴ См. основную мою работу «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения».

во время своего кругосветного путешествия, которое он начал через два года после возвращения в Лондон *Дарвина*, т.е. в 1838 г., и которое продолжалось до 1842 г.¹

Эмпирические представления о направленности эволюционного процесса — без попыток теоретически их обосновать — идут глубже, в XVIII в. Уже *Бюффон* (1707-1788) говорил о царстве человека, в котором он живет, основываясь на геологическом значении человека. Эволюционная идея была ему чужда. Она была чужда и *Агассису* (1807-1873), введшему в науку идею о ледниковом периоде. *Агассис* жил уже в эпоху бурного расцвета геологии. Он считал, что геологически наступило царство человека, но из богословских представлений высказывался против эволюционной теории. *Ле-Конт* указывает, что *Дана*, стоявший раньше на точке зрения, близкой *Агассису*, в последние годы жизни принял идею эволюции в ее тогда обычном, дарвиновском понимании². Разница между представлениями о «психозойской эре» *Ле-Конта* и «цефализацией» *Дана* исчезла. К сожалению, в нашей стране особенно, это крупное эмпирическое обобщение до сих пор остается вне кругозора биологов.

Правильность принципа *Дана*, который оказался вне кругозора наших палеонтологов, может быть легко проверена теми, кто захочет это сделать, по любому современному курсу палеонтологии. Он охватывает не только все животное царство, но ярко проявляется и в отдельных типах животных. *Дана* указал, что в ходе геологического времени, т.е. на протяжении двух миллиардов лет по крайней мере, а наверное много больше, наблюдается скачкообразное усовершенствование — рост центральной нервной системы, начиная от ракообразных (на которых эмпирически и установил свой принцип *Дана*) и от моллюсков (головоногих) и кончая человеком. Это явление и названо им цефализацией. Раз достигнутый уровень мозга в достигнутой эволюции не идет уже вспять, только вперед.

¹ Нельзя здесь не отметить, что экспедиция, во время которой *Дана* пришел к своим выводам о цефализации, о коралловых островах и т.д., фактически исторически тесно связана с исследованиями Тихого океана — океаническими путешествиями русских моряков, главным образом *Крузенштерна* (1770–1846). См.: *D. Gilman. The life of J.D. Dana. N.Y., 1889.* Глава об экспедиции написана в этой книге *Ле-Конт*. Работы *Ле-Конта* «*Evolution*», 1888 г., я не имел в руках. Он считал это главным своим трудом. О «психозойской эре» он указывает в своей книге «*Elements of geology*» (5-th. ed., 1915, p. 293, 629). Его автобиография издана в 1903 г.: *W. Armes (Ed.) The Autobiography of Josef Leconte. Биография и список трудов — см.: H. Fairchild. Bull. Geol. Soc. America, 26, 1915, p. 53.* Именно эти отчеты о путешествиях русских, изданные на немецком языке, заставили американца *Джона Рейнольдса* (адвоката) добиться организации такой же американской первой морской научной экспедиции. Он начал добиваться этого в 1827 г., когда появилось описание экспедиции *Крузенштерна* на немецком языке. Только в 1838 г., через одиннадцать лет, благодаря его настойчивости эта экспедиция состоялась. Это была экспедиция *Уилькиса* (*Wilkes*), окончательно доказавшая существование Антарктики. О *Рейнольдсе* см. указатель юбилейного издания «*Centenary Celebration the Wilkes Exploring Expedition of the Unit. Stat. Navy 1838-1842*» (*Proc. Amer. Philos. Soc. 1940, 82. n. 5*) К сожалению, наши экспедиции первой половины XIX столетия в Тихом океане надолго прекратились — почти до самой революции — после императора *Александра I* (1777-1825) и графа *Н. П. Румянцева* (1754-1826), замечательного русского культурного деятеля, который на свой счет снарядил экспедицию на «*Рюрик*» (1815-1818). В советское время можно назвать экспедицию *К.М. Дерюгина* (1878-1936), драгоценные и научно важные материалы которой до сих пор только частью обработаны и совершенно не изданы. Они должны быть закончены. Такое отношение к работе недопустимо. Зоологический институт Академии наук СССР должен исполнить этот свой научно-гражданский долг.

² *D. Gilman, 1. c., p. 255.*

Исходя из геологической роли человека, геолог *А.П. Павлов* (1854-1929) в последние годы своей жизни говорил об *антропогенной эре*, нами теперь переживаемой. Он не учитывал возможности тех разрушений духовных и материальных ценностей, которые мы сейчас переживаем вследствие варварского нашествия немцев и их союзников, через десять с небольшим лет после его смерти, но он правильно, подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей. Эта геологическая сила сложилась геологически длительно, для человека совершенно незаметно. С этим совпало изменение (материальное прежде всего) положения человека на нашей планете. В XX в. впервые в истории Земли человек узнал и охватил всю биосферу, закончил географическую карту планеты Земля, расселился по всей ее поверхности. *Человечество своей жизнью стало единым целым*. Нет ни одного клочка Земли, где бы человек не мог прожить, если бы это было ему нужно. Наше пребывание в 1937-1938 гг. на плавучих льдах Северного полюса это ярко доказало. И одновременно с этим благодаря мощной технике и успехам научного мышления, благодаря радио и телевидению человек может мгновенно говорить в любой точке нашей планеты с кем угодно. Перелеты и перевозки достигли скорости нескольких сотен километров в час, и на этом они еще не остановились. Все это результат «цефализации», роста человеческого мозга и направляемого им его труда.

В ярком образе экономист *Л. Брентано* иллюстрировал планетную значимость этого явления. Он подсчитал, что, если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли оставалась бы пустой от человека. Таким образом, все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом. В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

Геологический эволюционный процесс отвечает биологическому единству и равенству всех людей — *Homo sapiens* и его геологических предков *Sinanthropus* и др., потомство которых для белых, красных, желтых и черных рас — любимым образом среди них всех — развивается безостановочно в бесчисленных поколениях¹. Это закон природы. В историческом состязании, например в войне такого масштаба, как нынешняя, в конце концов побеждает тот, кто этому закону следует. Нельзя безнаказанно идти против принципа единства всех людей как закона природы. Я употребляю здесь понятие «закон природы», как это теперь все больше входит в жизнь в области физико-химических наук как точно установленное эмпирическое обобщение.

¹ Я и мои современники незаметно пережили резкое изменение в понимании окружающего нас мира. В молодости как мне, так и другим казалось — и мы в этом не сомневались, — что человек переживает только историческое время — в пределах немногих тысяч лет, в крайнем случае десятков тысяч лет. Сейчас мы знаем, что человек сознательно переживал десятки миллионов лет. Он пережил сознательно ледниковый период Евразии и Северной Америки, образование Восточных Гималаев и т.д. Деление на историческое и геологическое время для нас сейчас сглаживается.

Исторический процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс, с одной стороны, и свободной мысли личности — с другой, определяют жизнь человечества, являются мерилем его представлений о справедливости. Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос *о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого*. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть *ноосфера*.

В 1922-1923 гг. на лекциях в Сорбонне в Париже я принял как основу биосферы *биогеохимические явления*. Часть этих лекций была напечатана в моей книге «Очерки геохимии», которая впервые была издана на французском языке в 1924 г., а затем в 1926 г. — в русском переводе¹. Приняв установленную мною биогеохимическую основу биосферы за исходное, французский математик и философ бергсонианец *Е. Ле-Руа* в своих лекциях в Коллеж де Франс в Париже ввел в 1927 г. понятие ноосферы² как современной стадии, геологически переживаемой биосферой. Он подчеркивал при этом, что он пришел к такому представлению вместе со своим другом, крупнейшим геологом и палеонтологом *Тейьяром де Шарденом*, работающим теперь в Китае.

Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится *крупнейшей геологической силой*. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение наших внуков уже приблизится к их расцвету.

Здесь перед нами встала новая загадка. *Мысль не есть форма энергии*. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен. Его поставил впервые, сколько я знаю, американский ученый, родившийся во Львове, математик и биофизик *Альфред Лотка*³. Но решить его он не мог. Как правильно сказал некогда *Гёте* (1749-1832), не только великий поэт, но и великий ученый, в науке мы можем знать только, *как* произошло что-нибудь, а *не почему*. Что касается наступления ноосферы, то эмпирические результаты такого «непонятного» процесса мы видим кругом нас на каждом шагу. Минералогическая редкость — самородное железо вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в любых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному

¹ В 1934 г. вышло последнее переработанное издание «Очерков геохимии». В 1926 г. появилось русское издание «Биосферы», в 1929 г. — ее французское издание. В 1940 г. вышли мои «Биохимические очерки» (сокращенный перевод на английский язык II части опубликован под редакцией Дж.Э. Хатчинсона в «Trans. Conn. Acad. Arts Sci» Vol. 35, 1944, а с 1934 г. выходят в свет «Проблемы биогеохимии»). Третий выпуск «Проблем биогеохимии» сдан в печать в этом году. «Очерки геохимии» переведены на немецкий и японский языки.

² Лекции Ле-Руа вышли тогда же по-французски в виде книги: E. le Roy. L'exigence idéaliste et le fait d'évolution. P., 1927, p. 196.

³ A. Lotka. Elements of physical biology. Bait., 1925, p.406, foll.

множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных «культурных» минералов), Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Все *стратегическое сырье* относится сюда. Лик планеты — биосфера — химически резко меняется человеком сознательно, и главным образом бессознательно. Меняется, человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды. В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться прибрежные моря и части океана. Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства. Сверх того человеком создаются новые виды и расы животных и растений. В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти за пределы своей планеты в космическое пространство! И, вероятно, выйдет.

В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы интуитивно пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере. Я говорю «интуитивно», поскольку вся история человечества развивается в этом направлении. Историк и государственный деятель только подходят к охвату явлений природы с этой точки зрения. Очень интересен в этом отношении подход к этой проблеме как историка и государственного деятеля Уинстона Черчилля (1932)¹.

Ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нам выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах. Приведу несколько примеров. Пятьсот миллионов лет тому назад, в кембрийской геологической эре, впервые в биосфере появились богатые кальцием скелетные образования животных, а растений — больше двух миллиардов лет тому назад. Эта кальциевая функция живого вещества, ныне мощно развитая, была одной из важнейших эволюционных стадий геологического изменения биосферы². Не менее важное изменение биосферы произошло 70-110 млн лет тому назад, во время меловой системы, и особенно третичной. В эту эпоху впервые создались в биосфере наши зеленые леса, всем нам родные и близкие. Это другая большая эволюционная стадия, аналогичная ноосфере. Вероятно, в этих лесах эволюционным путем появился человек около 15-20 млн лет тому назад.

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее — в новый стихийный геологический процесс — в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны. Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере. Можно смотреть поэтому наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим.

22 июля, Боровое—15 декабря 1944., Москва

¹ *W.S. Churchill*. Amid these storms. Thoughts and adventures. 1932, p. 274. Я вернусь к этому вопросу в другом месте.

² Вопрос о биогеохимических функциях организма я излагаю во второй части своей книги «О химическом строении биосферы».

О БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЖИЗНИ¹

1. Новые теории, относящиеся к структуре атомов и строению атомных решеток твердых тел, подтвержденные множеством опытных фактов и эмпирическими обобщениями в геохимии, должны, как мне кажется, коренным образом сказаться на нашей концепции жизни.

И если в настоящее время биологи почти не придают этому значения, то такое состояние умов не может удерживаться долго. В этой короткой заметке я остановлюсь только на одной из многочисленных проблем, которые возникают в биологии вследствие прогресса геологических и физических наук.

2. Всегда ли атомы химических элементов живого вещества² идентичны тем, которые обнаруживаются в явлениях косной материи? Нет ли у живого вещества средств выбирать изотопы химических элементов из их смесей в окружающей среде, с которой оно неразрывно³ связано?

До настоящего времени мы не располагали необходимыми эмпирическими данными для возможных ответов на эти вопросы. К тому же они могут быть решены только в условиях организованной работы, в условиях, которые превосходят возможности отдельного исследователя и требуют больших средств⁴.

Новые факты, установленные недавно в исследованиях, совершенно, казалось бы, чуждых биологическим проблемам, заставляют думать, что жизнь может воздействовать на симметрию атомов. Иначе говоря, атомы, которые входят в состав живого вещества, могут представлять свойства и изотопические комбинации, отличные от тех, которые строят косную материю.

¹ Опубликовано в: *Природа*. 1988. №3. С. 34-38. Печатается по изданию: *Живое вещество и биосфера* /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

² *Vernadsky W. La géochimie*. P., 1924. P 54 [См. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. С. 58. — Ред. издания *Живое вещество и биосфера* /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.

³ *Vernadsky W. Los. cit.* P. 44. [Там же. С. 52. — Ред. издания *Живое вещество и биосфера* /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]

⁴ Такая задача может быть поставлена только перед большими лабораториями, которыми человечество сейчас не располагает. Наше общественное устройство не способствует прогрессу науки в широких масштабах. В 1924 г. Я предложил эту проблему как первоочередную одной из таких крупных организаций — Институту Рокфеллера в Рочестере.

3. В 1924 г. почти одновременно и независимо в трех странах — Германии¹, Англии² и Франции³ — удалось определить строение кристаллической решетки графита. Все исследователи пришли к одним и тем же выводам и к почти одинаковым численным результатам. Таким образом, представление об этой решетке не вызывает больше никакого сомнения.

На основании этого факта давно известная теоретическая концепция различия по «форме» углеродных атомов в алмазе и графите получила мощное эмпирическое подтверждение. Такой вывод был незамедлительно сделан У. Бреггом⁴ и Дж. Берналом.

В исследованиях подобного рода лучше говорить не о полиэдрической форме атомов, но об их симметрии. Это понятие — значительно более общее — вполне охватывает все следствия, которые мы можем вывести из наблюдаемых фактов. И в то же время оно совершенно не зависит от моделей, при помощи которых мы представляем материю и окружающую среду в целом.

4. Таким образом, в атомах углерода не только возможно, но и необходимо различать атомы с двумя разными симметриями. С одной стороны, это атомы углерода в алмазе с 4 идентичными валентностями; эти последние соответствуют в пространстве векторам, которые охватывают атомы с минимально возможными промежутками в решетке алмаза. Атомы в алмазе имеют симметрию тетраэдра, и векторы к наиболее близким атомам лежат на пространственных плоскостях только в двух направлениях.

С другой стороны, для атомов углерода в графите характерна единственная ось симметрии третьего или шестого порядка; наиболее близкие атомы располагаются в плоскостях пространства по трем векторам.

Минимальные расстояния между этими атомами близки по значению, но различны: для атомов алмаза $1,54 \cdot 10^{-8}$ см и для атомов графита $1,45 \cdot 10^{-8}$ см.

5. Эти два порядка расположения атомов существуют не только в структуре свободного углерода, но и в его соединениях.

«Алмазные» атомы (*atomes diamantins*) соответствуют углероду в алифатических соединениях, «графитные» атомы (*atomes grafitiques*) — углероду в ароматических соединениях. Конечно, подобное представление очень упрощенное; естественное явление значительно сложнее. Этот вывод можно с большой достоверностью сделать для такого факта, например, что разделение органических соединений на два больших класса — соединения ароматические и соединения

¹ *Hassel O., Mark H. // Z. Phys. 1924. Bd. XXV. S. 317.*

² *Barnal J. // Proc. Roy. Soc. A. 1924. Vol. CVI. P. 749: [Джон Бернал (1901—1971) — английский кристаллограф, биолог, химик, выполнивший фундаментальные исследования кристаллических структур (прежде всего графита) и строения органических соединений. Весьма плодотворно занимался также проблемами биологической химии и происхождения жизни. — Ред. издания Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]*

³ *Mauguin M. Ch. Communication a la Société Française de Mineralogie. P., 1924.*

⁴ *Bragg W. // Nature. 1924. Vol. CXIV. P. 863. [Уильям Брэгг (1862—1942) — английский физик, кристаллограф, один из пионеров рентгеноструктурного исследования кристаллов (Нобелевская премия 1915 г.). Разшифровал структуры многих неорганических и органических соединений — Ред. издания Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]*

алифатические — не может быть применено с такой же уверенностью ко всей совокупности известных соединений: существуют вещества со смешанным строением и с углеродными кольцами, которые, вероятно, показывают новую структуру их атомов, другую симметрию. Находят даже признаки существования атомов углерода с иной валентностью, чем в алифатических и ароматических соединениях.

Но реальное или возможное существование этих веществ с атомом углерода другой симметрии вовсе не нарушает точность наших выводов: алифатические и ароматические вещества существуют, свойства их хорошо известны, и именно эти вещества наиболее распространены в продуктах живой и косной материи в земной коре.

6. В 1912 г. У. Брэгг воспользовался дедуктивными выводами химиков, которые появились за несколько десятилетий¹ до великого открытия рентгенограмм кристаллов, совершенного М. фон Лауэ, П. фон Гротом, П. Книппингом и В. Фридрихом в 1912 г. Он пытался найти соединения графитных атомов (т.е. свойства графита) в кристаллах ароматических соединений. Во всех исследованных случаях эти выводы блестяще подтвердились. В последующих работах появились новые доказательства, подтверждающие эти представления².

Конечно, в строении кристаллических решеток этих соединений, принадлежащих к кристаллическим двухосным системам, еще много неясного, и исследование их с помощью рентгеновских лучей представляет трудности, не решенные до сих пор.

Однако большая логическая ценность этого вывода, взятого в качестве исходного, доказывается самой возможностью провести успешное изучение двухосных кристаллов этих сложных веществ. Опыты У. Брэгга надежно доказывают, что в изученных ароматических соединениях есть атомы углерода той же симметрии, что и в графитных атомах.

7. В то же время понятия химиков относительно структуры алифатических веществ вполне соответствуют симметрии алмазных атомов.

Углерод с тетраэдрической валентностью (как его понимают химики) есть алмазный углерод.

Совокупность эмпирических фактов, которыми располагает стереохимия, находится в замечательном согласии с симметрией этих атомов.

8. Эти вновь обретенные знания, естественно, нашли свое отражение в области геохимии.

При каких условиях появляются в земной коре алмазные атомы и графитные атомы? Изучение этого вопроса открывает любопытный факт. Оказывается, соединения с алмазными атомами образуются только в двух совершенно различных областях³:

¹ Суждения химиков по этой проблеме, выдвинутые до 1912 г., сегодня весьма интересны с исторической точки зрения. См., например, статью Войнич—Сяножеского в «Известиях Киевского политехнического института» за 1910 г.

² *Bragg W. // Proc. Roy. Soc. A. 1921. Vol. XXXIV. P. 33; Nature. 1924. Vol. CXIV. P. 863.*

³ Всегда следует иметь в виду, что это чисто эмпирическое обобщение и что в наших знаниях о геохимии и минералогии углерода есть пробелы. См.: *Vernadsky W. Loc. cit. P. 223.*

1) в термодинамических полях коры с огромным давлением и относительно высокой температурой;

2) в живом веществе биосферы.

9. Минералов, которые отвечали бы по структуре алмазным атомам, немного; с этой точки зрения наиболее изучен алмаз.

Он не принадлежит непременно к термодинамическому полю углерода с обычным давлением: устойчив в этом поле именно графит. Алмаз образуется в коре в месторождениях различного происхождения, всегда связанных с магмой, но не обязательно с очень высокой температурой. Все, однако, указывает на то, что его происхождение всегда связано с громадным давлением.

Очевидно, что он выделяется в глубоких основных магмах, на глубине 20–30 км, что соответствует давлению 6000–9000 кг/см². Температура при этом, по видимому, не превышает 1000–1200 °С¹.

Менее ясен генезис алмаза в связи с пегматитовыми фациями гранитных пород. Температура его образования в этих условиях не может превышать 570 °С и, несомненно, должна быть на несколько сот градусов ниже. Это, однако, пневматолитические реакции, всегда связанные с большими давлениями.

В этих условиях графитные атомы углерода должны снова приобретать симметрию алмазных атомов, устойчивых в термодинамических полях.

10. В число соединений алмазных атомов из этих областей земной коры входят также угольная кислота и ее производные, метан, формальдегид.

Без связи с живым веществом все эти соединения образуются только в глубоких слоях земной коры, в ходе газовых реакций, связанных с высокой температурой и большим давлением².

Они же образуются в живом веществе при низкой температуре и низком давлении, обычных в биосфере, или при метаморфизме продуктов жизни в более глубоких земных оболочках.

11. Обычно все остальные углеродные соединения — минералы — образуются в земной коре только в генетической прямой или косвенной связи с жизнью, живым веществом. Они всегда являются производными продуктами биохимических процессов или продуктами их изменения.

Все эти углеродные вещества рано или поздно трансформируются в земной коре в графит или угольную кислоту и ее производные.

Но, кажется, только графит — находящийся в дисперсном состоянии (аморфный углерод) или расположенный в кристаллической решетке — будет иметь самую устойчивую форму проявлений углерода не только в биосфере, но и в верхней оболочке земной коры в целом. В этих оболочках термодинамическое поле косной материи является полем стабильности для графитных атомов.

Если бы живое вещество не существовало и не вступало непрестанно в ци-

¹ См.: *Tammann G.* // *Z. anorgan. Chem.* 1921. Bd. CXV. S. 155; *Dupark L., Kovaleff P.* // *Compt. rend. Soc. phys. de Geneve.* 1924. T. XVI. P. 108.

² *Vernadsky W.* *Loc. cit.* P. 225, 231. [См.: Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. С. 178, 182. — Ред.]

клические равновесия, характерные для химии земной коры, то графитные атомы были бы единственно существующими, так как угольная кислота образуется только благодаря существованию свободного кислорода, который формируется только в биосфере и всегда является прямым продуктом процесса жизни¹.

12. Совсем по-другому выглядит история атомов углерода в живом веществе биосферы.

В нем образуются и трансформируются бесчисленные углеродные соединения. Алмазные атомы в живом веществе устойчивы; если в них беспрестанно восстанавливается симметрия графитных атомов, то и обратный процесс не менее обычен, поэтому алмазные атомы всегда преобладают.

Таким образом, свойства нашего термодинамического поля различаются в живом веществе и в косной материи.

Атомы алмаза, которые не образуются в этом поле косной материи, находят условия, пригодные для существования, в таком же поле живого вещества.

13. Причину этого явления следует искать только в воздействии живой материи.

Нам давно известно, что живое вещество обладает мощными средствами для полного изменения термодинамического поля биосферы в отношении происходящих в ней химических реакций.

Используя лучистую энергию Солнца посредством механизма, суть которого нам до сих пор непонятна², именно живое вещество при обычных температурах и давлении производит химические изменения, которые в наших лабораториях или в областях нашей планеты, лишенных жизни, достигаются только при огромных давлениях и повышенных температурах.

14. Устойчивость и генезис алмазных атомов углерода в живом веществе возобновляются в известной последовательности бесчисленных биохимических процессов, которые на каждом шагу происходят в организме.

Это — неизвестное ранее выражение великого феномена истории биосферы.

Вся ее химия изменилась под действием свойства живой материи при низких температуре и давлении расщеплять полностью молекулы воды, угольной кислоты и алюмосиликатов с каолиновым ядром³. Вне живой материи эти вещества расщепляются только в слоях земной коры с повышенными температурой и давлением.

Воздействие живого вещества на симметрию атомов углерода указывает, что его геохимическое влияние еще более обширно, чем мы могли думать.

15. Ибо это неизвестное ранее проявление жизни является еще более глубоким, совсем нового порядка.

¹ Vernadsky W. Loc. cit. P. 48, 329.

² Все указывает на то, что здесь не новая форма энергии. В то же живое вещество в самых различных своих проявлениях — например, мыслительной деятельности, воли, раз ума человечества — резко изменяет течение природных энергетических явлений.

³ Vernadsky W. Loc. cit. P. 203. [См.: Вернадский В.И. Очерки геохимии. С. 166. — Ред. издания Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]

Это воздействие обнаруживается не в молекулярной области окружающей среды, а на атомном уровне¹.

Влияние жизни на симметрию атомов приводит к тому, что живое вещество меняет все свойства материи; оно само себе готовит совершенно особую «космическую среду» (принимая этот термин в том смысле, который придал ему К. Бернар²).

16. До каких пределов простирается это воздействие? Проявляется ли оно исключительно для атомов углерода?

Маловероятно, чтобы это было так.

По аналогии (которая кажется в данном случае очень основательной) с биохимическими явлениями следует ожидать, что в них нашли свое выражение более общие закономерности.

Отсюда логически можно заключить, что воздействие жизни на симметрию атомов может простираться и на другие биогенные химические элементы.

В таком случае это будет главным фактором проявления жизни.

17. Из этого следует, что проблема воздействия жизни на изотопы и их смеси в косной материи превращается в первоочередную для разрешения.

Следует учесть, что алмазные атомы и графитные атомы не являются изотопами углерода. Но они принадлежат к явлениям того же порядка.

В настоящее время можно различить по меньшей мере три модификации атомов одного и того же химического элемента: 1) изотопы, которые имеют одинаковый атомный номер, но различаются по симметрии и атомному весу; 2) изобары, которые имеют один и тот же атомный вес, но различаются по симметрии и атомному номеру³; 3) наиболее тонкие модификации⁴, которые различаются только симметрией, а вес и номер остаются теми же.

18. Мы видим, что признаки существования изобаротопических модификаций нового типа возникают в этом бесконечном мире атомов всегда более часто. Эти модификации могут быть скоропреходящими или устойчивыми, как в случае углерода, но они, конечно же, согласуются с глубокими и важными свойствами атомов.

Две модификации атомов гелия представляют собой один из самых известных случаев⁵.

¹ Тем не менее становится все более очевидным, что в крупном обобщении Пастера о влиянии организмов на образование асимметричных химических структур следует видеть явление того же порядка. Речь здесь идет о симметрии поля электронов и атомов, а не о молекулярных явлениях. См.: *Jagger F. Lectures on the Principle, of Symmetry. L., 1920; Idem // Bull. Soc. chim. France. 1923. T. 33. P. 887.* [Вернадский говорит об открытии Л. Пастером (1822—1895) явления синтеза в живых организмах асимметричных молекул органических соединений — только правых или, чаще, только левых форм в отличие от абиогенного синтеза, который ведет к образованию одновременно обеих форм соединений. — Ред. издания Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]

² *Bernard C. Lecons sur les phenomenes de la vie. P., 1878. T. 1. P. 675.* [Назвав среду жизни «космической», К. Бернар (1813—1878) подчеркнул точку зрения о независимости условий среды существования организмов от их жизнедеятельности, широко распространенную среди биологов прошлого. — Ред. издания Живое вещество и биосфера /В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1994. 672 с.]

³ *Aston F. Les isotopes. P., 1923. P. 14.*

⁴ Их можно назвать изобаротопами.

⁵ Об этом Дж. Мак-Леннан и Э. Резерфорд сообщили Британской ассоциации содействия развитию наук в 1923 г.

Возможно, окажется, что эти модификации принадлежат к разным классам, но нас в данной проблеме интересует само их существование, теперь уже несомненное.

Можно представить эти системы различным образом, можно изучить их статистику и говорить об их симметрии, а также можно выразить их в виде динамических моделей.

Следуя по пути, открытому Э. Резерфордом и Н. Бором, именно последним способом можно представить модификации гелия. Дж. Бернал в процитированной выше работе пытается таким же образом представить графитные атомы.

19. В настоящее время внимание ученых особенно привлекают изотопы. Это наиболее известные модификации. Иногда их можно получить в весомом количестве, и мы обладаем всеми средствами их точного различения.

История изотопов в живом веществе полностью неизвестна. Однако серьезных препятствий для ее изучения нет: речь идет только об организации исследовательской работы, а это вопрос времени и средств.

И кто знает, какие горизонты откроет нам подобное изучение, какие последствия оно будет иметь для блага и могущества человека?

С научной точки зрения даже отрицательный результат может иметь большое значение, так как он позволит нам более точно понимать проявления жизни.

КОММЕНТАРИИ

Г.Г. ПОЛИКАРПОВ

**УЧЕНИЕ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО О ЖИВОМ
ВЕЩЕСТВЕ В БИОСФЕРЕ И НООСФЕРЕ —
ОСНОВА РАДИОЭКОЛОГИИ,
ЭКЗОБИОЛОГИИ И ЭКОЭТИКИ**

ВВЕДЕНИЕ

Многогранное и обширное научное наследие академика В.И. Вернадского, гения в области естествознания, послужило основой для создания многих современных научных областей, в том числе радиоэкологии, экзобиологии и экоэтики (Поликарпов, 2010; Polikarpov, 2008). После открытия в 1896 г. А. Беккерелем явления естественной радиоактивности (Adloff, 1997) последовали не только медицинские и физиологические работы по биологическому действию ионизирующих излучений радия и других природных радиоэлементов, но и биогеохимические исследования нахождения, распределения и миграции этих радиоэлементов в природе — на суше, в морях и океанах (Поликарпов, 1999, 2005).

В России и Украине — С.-Петербурге, Москве, Киеве, Симферополе — В.И. Вернадский был первым из ученых, кто находился и активно действовал у самых истоков ядерных наук. Именно благодаря, прежде всего, В.И. Вернадскому, в связи с его научными контактами и его прямым сотрудничеством в Париже с Пьером и Марией Кюри, Россия и Украина оперативно включились в разработку, начатую учеными Франции, проблем радиоактивности, охватывающих также исследования радиоактивности окружающей природной среды (Polikarpov, 1997). Науке России и Украины, а также бывшего СССР в целом (1918-1991 гг.), необычайно повезло в том отношении, что молодой, 25-летний, разносторонне одаренный естествоиспытатель В.И. Вернадский, хранитель Минералогического кабинета С.-Петербургского университета, весьма продуктивно осуществил уже в 1888-1890 гг. продолжительную научную командировку-экспедицию в Западную Европу (Германию, Швейцарию, Францию и Англию). Во время этой миссии и своих исследований в Англии (в 1889 г.) молодой ученый был удостоен избрания его членом-корреспондентом Британской ассоциации наук. Широко известно, что впоследствии он был избран академиком Российской, Украинской, Французской и других академий наук. В 1916-1923 гг. [курсив наш — ГП] «... я ни одного дня не терял, охваченной этой идеей [«... выразить в единой формуле биогеохимическую энергию роста и размножения организмов, общую для всех организмов, и связать ее с их заселением планеты» (Вернадский, 1965, с. 292)] в моих переездах из тогдашнего Петрограда в Полтаву, Киев, Ростов-на-Дону, Новочеркасск (тогдашний Екатеринодар), Ялту, Севастополь, Симферополь, Москву, Брно, Париж» (Вернадский, 1965, с. 293).

Идеи В.И. Вернадского, как всегда, остаются весьма перспективными, животрепещущими и стимулирующими поиски в науке. Более полувека (1956-

2010 гг.) его идеи посылно разрабатываются и служат научным ориентиром в исследованиях отдела радиационной и химической биологии ИнБЮМ НАН Украины. Ниже приводятся и обсуждаются некоторые из его основных идей.

I. ИСТОКИ И ОСНОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭКОЛОГИИ И РАДИАЦИОННОЙ ЭКОЛОГИИ В ТРУДАХ В.И. ВЕРНАДСКОГО

I.1. ФУНДАМЕНТ ДЛЯ РАДИОЭКОЛОГИИ

Своими пионерскими работами (Вернадский, 1910, 1921, 1932, 1933, 1940) в области созданных им морской радиогеологии и морской биогеохимии радиоэлементов, изучающих естественные радиоэлементы и их биогенную миграцию, В.И. Вернадский сформировал научный фундамент для современной радиоэкологии и радиационной биогеоценологии (Кузин, Передельский, 1956; Тимофеев-Ресовский, 1957, 2009). А на примере изучения радия и двух видов ряски в Киевских прудах им введена в науку мера накопительной (в отношении радиоэлемента) способности гидробионтов, выраженная соотношением концентраций радиоэлемента в водном организме и окружающей его водной среде (Вернадский, 1929, 1930). Это соотношение впоследствии нашло широчайшее применение в радиационной гидробиологии, пресноводной и морской радиоэкологии, получив название *коэффициента накопления (concentration factor)* радионуклидов, а также их изотопных и неизотопных носителей (Тимофеев-Ресовский, 1957, 2009; Тимофеева-Ресовская, Попова, Поликарпов, 1958; Поликарпов, 1964; Polikarpov, 1966).

На Урале в лаборатории Н.В. Тимофеева-Ресовского с 1947 г. использовался термин «радиационная биогеоценология», предложенный им еще ранее — в его работах 1941 и 1942 гг. в Берлин-Бухе (Тимофеев-Ресовский, 2009). В обширной американской сводке — книге “Radioactivity and Health: A History” (Stannard, 1988) сообщается: «1950 год — начинает употребляться термин «радиоэкология»» (с. 751), а также: «Термин радиоэкология или радиационная экология вошел в употребление независимо и одновременно в Соединенных Штатах и в Советском Союзе (Whicker and Schultz 1982, Vol. I)» (Stannard, 1988, p. 790).

Как известно, В.И. Вернадский ввел понятие «концентрационных функций» живого вещества: «Концентрационной функцией живого вещества я называю те процессы живого организма, которые сводятся к избирательному выбору организмом из окружающей среды определенных химических элементов. Концентрационными функциями первого рода я называю захват живым веществом тех химических элементов, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов. Концентрационные функции второго рода характеризуют некоторые определенные группы живых веществ, а в других могут совсем не находиться. Концентрация организмами — выбор из окружающей среды процессами жизни — определенных элементов, составляющих тело и ткани животных и растений, бросается в глаза и есть наиболее яркое проявление вещественного харак-

тера в явлениях жизни. Она создает совокупность живых организмов, т.е. живое вещество» (Вернадский, 1965, с. 247)». В.И. Вернадский (1965, с. 273) говорит также о биогенной миграции 3-го рода, вызываемой человеческим разумом и трудом, резко отделяющим *Homo sapiens* от всего живого вещества. Разумеется, этими функциями вместе охватываются, наряду с химическими элементами, их изотопы, нуклиды, включая радиоизотопы и радионуклиды, а также радиоэлементы. Так выявляется роль живого вещества в миграции и распределении радиоэлементов в биосфере, происходит изменение живым веществом физико-химической формы и состояния радионуклидов в природных средах.

Нельзя не отметить здесь труднейшую проблему, поставленную В.И. Вернадским на дальнейшую перспективу, а именно: «В радиогеологических и биогеохимических процессах, связанных с живым веществом, мы ясно видим, что живое вещество может выбирать из них определенные изотопы, т.е. различать атомы разного строения и веса в одном и том же химическом элементе. Мы выходим здесь из мира химических явлений и переходим в мир атомов — радиогеологических и радиохимических явлений» (Вернадский, 1965, с. 318).

Один из моих учителей-последователей В.И. Вернадского — Н.В. Тимофеев-Ресовский весьма точно и емко назвал все громадное научное наследие В.И. Вернадского *вернадскологией*.

В отделе радиационной и химической биологии Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины изначально, с 1956 г. (в то время это была Севастопольская биологическая станция им. А.О. Ковалевского Академии наук СССР), на самом высоком почетном месте всегда находится портрет академика В.И. Вернадского, а под ним — портреты его современников, сторонников и последователей — моих учителей: профессоров В.С. Елпатьевского (Саратов), Б.Н. Тарусова (Москва), Н.В. Тимофеева-Ресовского и Е.А. Тимофеевой-Ресовской (Урал), И.Н. Верховской (Москва). Продолжая и разрабатывая идеи В.И. Вернадского и его последователя Н.В. Тимофеева-Ресовского, автор этих строк организовал в 1956-57 гг. первую на Черном море (и одну из первых в мире) лабораторию морской радиобиологии и сформировал в самом начале 1960-х гг. морскую радиоэкологию — новую научную дисциплину (Поликарпов, 1964; Polikarpov, 1966), ставшую приоритетом науки бывшего СССР и его составной части — Украинской ССР. А недавно большой коллектив названного выше отдела, руководимого в настоящее время д.б.н. С.Б. Гулиным, опубликовал крупную монографию «Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию» (Поликарпов и Егоров, ред., 2008). Во всех работах этого отдела красной нитью и последовательно проходят имя и научные идеи академика В.И. Вернадского.

Современную радиоэкологию мы рассматриваем как научную дисциплину, изучающую закономерности взаимодействия между живым веществом и радионуклидами (включая их ионизирующие излучения) в условиях биосферы и ноосферы. В этом процессе *живое вещество* (наряду с биокосным и косным веществом), выступает в качестве *объекта*, накапливающего и перено-

сящего (вместе с физическими факторами: гравитацией, течениями и т.п.), а также трансформирующего радионуклиды (при участии и химических факторов). При этом *радионуклиды* выступают в качестве *субъекта*, накапливаемого, переносимого и трансформируемого живым, биокосным и косным веществом, физическими и химическими факторами. С другой стороны, *живое вещество* — одновременно *субъект* действия *ионизирующих излучений радионуклидов*, а *радионуклиды* — *объект*, действующий на *живое вещество ионизирующими излучениями*. Иными словами, происходит непрерывный двусторонний процесс взаимодействия *живого вещества и радионуклидов* (с участием и их ионизирующих излучений).

В связи с этим, по аналогии с радиохимией и радиационной химией, вслед за А. Ааркромгом (Aarkrog, Polikarpov, 1996) мы предлагаем различать в *общей радиоэкологии*: (1) собственно *радиоэкологию*, занимающуюся изучением процессов воздействия живого вещества на радионуклиды, т.е. их накоплением, миграцией и трансформацией, и (2) *радиационную экологию*, исследующую действие ионизирующей радиации радионуклидов на живое вещество (Поликарпов, 2005).

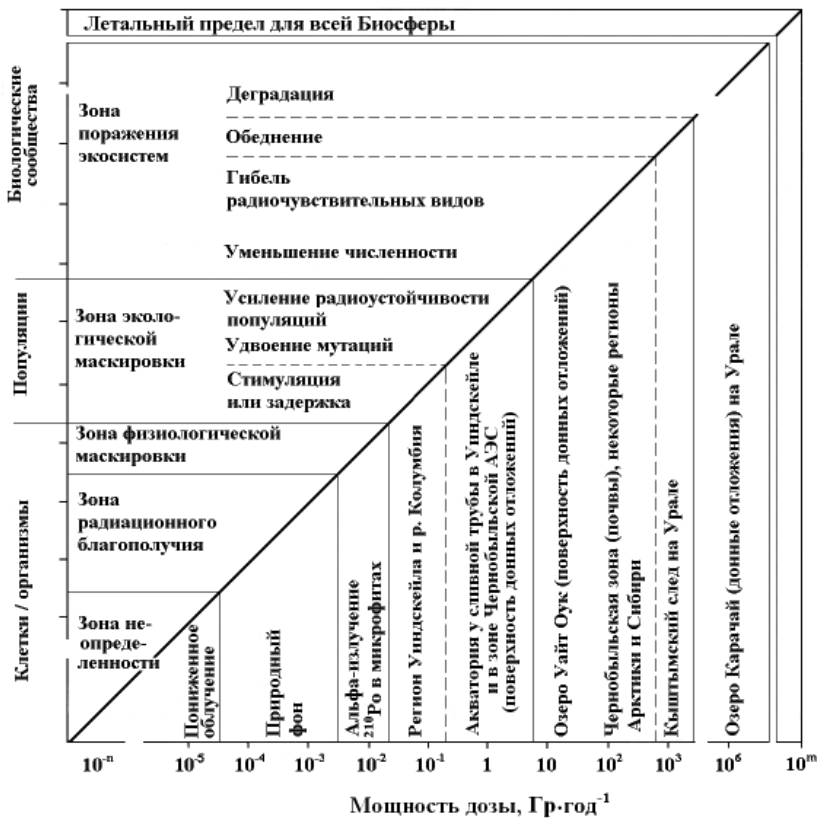


Рис. 1. Зоны мощностей доз ионизирующих излучений и их действие в биосфере (Polikarpov, 1998).

І.2. РАДІАЦІОННА ЕКОЛОГІЯ

В.И. Вернадский прозорливо уделая особое внимание роли «естественной радиоактивной энергии» в жизнедеятельности организмов: «... биологи не учитывают всюду присутствующий источник энергии во всех организмах, для каждого из них характерный по величине продукт, который не принимается биологами во внимание. Это радиоактивная энергия, характерная для каждого организма, как показали работы Биогеохимической лаборатории. ... Дело ближайшего будущего выяснить значение для организмов этой формы энергии. Какое ее проявление? В физиологии животных и растений эта энергия не учитывается и все эксперименты поставлены в такие условия, что она всегда присутствует и, очевидно, проявляется. Как — мы не знаем. Эту поправку нужно вносить во все опыты физиологов» (Вернадский, 1965, с. 233).

Впоследствии были предприняты дорогостоящие попытки учеными разных стран и, в особенности, французскими учеными, по выявлению биологической роли натурального космического фона и, более того, значительно более низких, чем натуральный фон, мощностей доз проникающей радиации в условиях защиты от космических лучей в толще низкорadioактивных горных пород, а также поставлены опыты с уменьшенным содержанием ^{40}K в мышцах. Результаты оказались неопределенными. Поэтому в сводках на эту тему (Поликарпов, 1964, 2008; Polikarpov, 1978, 1998) мы предложили, при описании нашей концептуальной модели хронического действия различных мощностей ионизирующих излучений от наименьших до максимальных в биосфере (рис. 1), назвать *зоной неопределенности* зону действия самых низких мощностей доз, которые значительно ниже естественного фона, а зону этого фона — *зоной радиационного благополучия*.

В отделе радиационной и химической биологии ИнБЮМ НАН Украины весомый вклад в изучение зон *физиологической маскировки, экологической маскировки и поражения экосистем* в условиях аварии на ЧАЭС внес большой коллектив ученых, в том числе В.Г. Цыцугина, Н.Н. Терещенко, Н.Ю. Мирзоева и многие другие (Поликарпов Г.Г. и Егоров В.Н., ред., 2008).

На этом рисунке величина мощности дозы альфа-излучения ^{210}Po оценена с учетом коэффициента качества, равного 20. На Черном море в названном выше отделе ИнБЮМ НАН Украины ведутся приоритетные многолетние и всесторонние исследования накопления и миграции ^{210}Po в морских экосистемах, а также дается оценка радиобиологическому действию альфа-излучения этого наибольшего дозообразователя среди всех естественных радиоактивных веществ (Лазоренко, 2008; Lazorenko, Polikarpov, Osvath, 2003).

Таким образом, в развитие идеи В.И. Вернадского о возможном влиянии ионизирующего излучения природной радиоактивности на живые организмы создана на основе достижений современной радиационной экологии концептуальная модель хронического действия ионизирующего излучения во всем возможном диапазоне доз, создаваемых источниками ионизирующего излучения как природного, так и антропогенного происхождения (Polikarpov, 1998). Она позволяет в различных ситуациях оперативно анализировать материалы по радиационной

обстановке и определять или прогнозировать степень радиационной опасности для живых организмов и их сообществ в условиях постоянного (хронического) их облучении. Эта концептуальная модель служит также научно-теоретической базой для дальнейшего развития *эвидозиметрии* ионизирующих излучений и всех других повреждающих факторов физической, химической и биологической природы (Поликарпов и Егоров, ред., 2006; Fuma & Polikarpov, 2010).

II. ФУНДАМЕНТ И ПЕРСПЕКТИВА ДЛЯ ЭКЗОБИОЛОГИИ

Академик В.И. Вернадский обогатил науку разработкой таких важнейших обобщающих идей, как идея о *геологической вечности жизни* на Земле, а также на других планетах и в Космосе, и идея о *всюдности жизни* с учетом *предела жизни в биосфере*. «Весьма возможно, все как будто на это указывает, что в древних каустобиолитах сохраняются способные к возобновлению споры в латентном состоянии в течение миллионов и сотен тысяч лет. Я ставлю эту проблему как таковую; требуется экспериментальная проверка» (Вернадский, 1965, с. 220). *Всюдность жизни* прослеживается во всех природных средах на Земле от любых низких до биологически переносимых высоких температур. Давление жизни, обеспечивающее постоянно предельную заполненность живым веществом всех жидких и твердых сред (и, тем самым, постоянство массы живого вещества на протяжении всей истории Земли) на поверхности и на всех глубинах нашей планеты при всех низких (вплоть до абсолютного нуля) и высоких, но биологически переносимых, температурах и при любом газовом составе сред. «*Стратисфера* — осадочная оболочка — образуется главным образом морскими и океаническими отложениями» (Вернадский, 1965, с. 85). «*Стратисфера* — оболочка осадочных пород — в значительной мере явно биогенного происхождения и находится очень часто, может быть, всегда, в верхней своей части в области подземного, живого вещества (частью в форме латентной жизни), т. е. в биосфере» (Вернадский, 1965, с. 83). Физическими факторами (высоким давлением, высокой температурой, горячими газами и т.д.) «... неизбежно создается нижняя граница стратисферы. Стратисфера переходит в метаморфическую оболочку» (Вернадский, 1965, с. 84). Уже на небольшой относительно глубине [«Средний термический градиент — 1° на 30 м ...» (Вернадский, 1965, с. 94)] температура приближается к 100°C, при которой живые вещества неизбежно отсутствуют (Вернадский, 1965, с. 84). По-видимому, *предел жизни в биосфере*, в ее глубинах кладет высокая температура и переход воды в горячие пары (Вернадский, 1965, с. 79). В.И. Вернадский вводит понятия *кислородной поверхности* окислительной биосферы и *нижней границы биосферы вообще*, т.е. включая восстановительную биосферу. «Удобно называть нижнюю границу свободного кислорода — O₂ — *кислородной поверхностью*. Ниже ее резко меняется живое вещество» (Вернадский, 1965, с. 76). «Неизбежно

существует *нижняя граница биосферы* в области, в которой по условиям температуры, химической активности и физического состояния вещества явления жизни иметь место не могут» (Вернадский, 1965, с. 83).

В.И. Вернадский настойчиво повторяет идею большого принципиального значения в науке — идею о возможности неопределенно долгой латентной жизни спор на больших глубинах нашей планеты (курсив наш — Г.П.): «Так как с углублением к центру планеты температура понижается [... но это наблюдается ниже биосферы ...]» (Вернадский, 1965, с. 83)], возможно, что так называемая *латентная жизнь спор* может сохраняться на больших глубинах *неопределенно долгое время*» (Вернадский, 1965, с. 83).

В связи с этим, из числа наших работ, непосредственно разрабатывающих идеи В.И. Вернадского, а именно: о всюдности жизни и давлении жизни — приведем кратко результаты наших совместных работ двух коллективов ИнБЮМ НАН Украины — его отдела радиационной и химической биологии (Севастополь) и его Одесского Филиала (Зайцев и др., 2007, 2008; Zaitsev & Polikarpov, 2008).

В наших исследованиях найдены в глубоководных сероводородных илах Черного моря покоившиеся там в течение заметного времени споры аэробов — сухопутных, пресноводных и морских растений. Возраст донных осадочных слоев (мощностью в 1,5-5 см), в которых покоились споры, определен С.Б. Гулиным, ОРХБ ИнБЮМ, и составил 25-50 лет. В ОФ ИнБЮМ НАН Украины под руководством ак. НАН Украины Ю.П. Зайцева были пророщены споры 14 видов одноклеточных водорослей (морских, пресноводных, убиквистов), принадлежащих к отделам Bacillariophyta, Dinophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta и Silicoflagellata, также 7 видов грибов (в том числе, наземных) отдела Ascomycota и формальной группы Anamorphic Fungi. Эти споры проросли в адекватной им аэробной и освещаемой (для фотосинтетиков) питательной среде (Зайцев и др., 2008; Zaitsev & Polikarpov, 2008). Приведенные выше факты говорят о том, что правило всюдности жизни на нашей планете в отношении именно аэробов связано с их покоящимися спорами и цистами, способными весьма длительное или, по выражению В.И. Вернадского (1965), «неопределенно долгое время» (Вернадский, 1965, с. 83) переносить самые неблагоприятные условия (предельно низкие температуры, агрессивную среду) в состоянии анабиоза в «ожидании своего часа» — условий, необходимых для активной жизнедеятельности аэробов. В нашем случае принцип «всюдности» проявился в *латентной жизни* — выживании аэробов, благодаря анабиозу, в совершенно непригодных условиях для их активной жизни и размножения.

Что касается давления жизни со стороны аэробов, представленных в рассматриваемых условиях сероводородных глубин Черного моря только жизнеспособными покоящимися спорами и цистами, то, очевидно, что оно там равно нулю в связи с их недеятельным состоянием. Любое количество «спящих» спор и цист не меняет состояния отсутствия давления жизни с их стороны. Поэтому там нет освоения, колонизации, чуждой среды, непригодной для обитания животных и растений-аэробов. Однако, разумеется, там существует предельно сильное конкурентное давление жизни со стороны эволюционно более древних форм жизни —

анаэробов — друг на друга. Таким образом, речь идет о геологической вечности жизни для *свободно живущих аэробов* только в аэробной среде, а для аэробов, находящихся на стадии *покоящихся спор и цист*, — и в анаэробной среде.

Кстати, в одном из недавних изданий обратило на себя внимание утверждение (курсив наш — Г.П.), что «... в донных відкладах Чорного моря на глибинах 600-2250 метрів...» «... *сірководневий шар населений різноманітною і переважно ендемічною фауною*» (Біологія, 2008, с. 446). Учитывая то обстоятельство, что науке не известны факты такого рода (Fenchel & Finlay, 1995; Sorokin, 2002), мы выполнили плановые экспедиционные исследования, включающие в себя поиски *фауны* — живых животных в *сероводородных глубинах Черного моря*. Принцип *всюдности* активной размножающейся жизни, возможной **только** в адекватных условиях обитания, и правило *давления жизни* В.И. Вернадского подтвердились и в этом случае, а именно: в полном соответствии со средой обитания — отсутствием кислорода и агрессивностью среды для животных — в названных выше сероводородных глубинах нами зарегистрированы: (а) **только осевшие из верхних кислородсодержащих слоев («дождь трупов») безжизненные останки представителей аллохтонной фауны**, а кроме них — (б) только автохтонные микробы-анаэробы, жизнеспособные и размножающиеся в своей среде обитания (Зайцев и др., 2007). Иными словами, как это и было известно уже давно, в Черном море аэробы живут и размножаются в аэробной среде (Зернов, 1934; Константинов, 1986; Groves & Hint, 1980). Короче говоря, процитированное выше чисто умозрительное представление, что в глубинах Черного моря якобы «... *сірководневий шар населений ... фауною*» (Біологія, 2008, с. 446), **потеряло свою эмпирическую опору в данных** (Sorokin, 2002; Зайцев и др. 2007, 2008) и основанных на них научных представлениях (Zaitsev & Polikarpov, 2008). Как отмечалось выше, по обобщению В.И. Вернадского, во всей истории Земли не было периодов полного отсутствия жизни (Вернадский, 1965). Рассматриваемые в этом разделе вопросы, связаны с *экзобиологией*, изучающей поведение живого вещества в неадекватных земных (например, сероводородных глубинах Черного моря для аэробов) и в космических условиях. Сероводородная глубоководная котловина Черного моря предложена нами в качестве перспективного полигона для научных исследований в области экзобиологии и глубоководной радиохемозкологии (Поликарпов, 2010). Одной из проблем экзобиологии, как известно, служит «... определение пределов и изучение механизмов выживаемости земных организмов в экстремальных условиях окружающей среды...» (Рубин, 1978). Экстремальные условия для аэробов имеются в обширной сероводородной зоне Черного моря, справедливо считающейся мертвой зоной для обитания и размножения свободно живущих животных, растений и микробов-аэробов. Как уже указывалось, за всю историю исследований не было случаев нахождения в сероводородной толще и донных отложениях батиаля Черного моря населяющих их живых животных и живых растений (Зайцев, Поликарпов, Егоров и др., 2007, 2008).

Приведенные материалы, а также работы по глубоководной радиохемозкологии (Поликарпов, 1987, Поликарпов и Егоров, ред., 2008), позволяют реко-

мендовать батиналь Черного моря в качестве полигона для дальнейшего изучения радиохемозкологии и экзобиологии аэробов с учетом как геологической продолжительности и сохранности их покоящихся стадий, так и возраста «захороняющих» их донных отложений. Наряду с ценностью этих сведений для космической биологии, они важны также для понимания и предвидения возможных процессов массового (пусть крайне редкого, но вероятного на масштабе геологической истории Земли) возвращения в окислительную среду биосферы многих видов после их длительных периодов анабиоза на стадии спор (и цист). Представляет принципиальный интерес оценить значение явления долговременных огромных фондов спор и цист для динамики биосферы и ее частей, а также сформулировать возможные геологические, гидрофизические или иные механизмы возвращения из этих фондов «захороненных» спор (и цист) в окислительную биосферу и их последствия для эволюционного процесса на нашей планете. Здесь отметим лишь, что, кроме землетрясений, такую роль в Черном море могут играть попадания в него астероидов (Schuiling, Cathcart & Badescu, 2007).

Что касается зоопаразитов-«анаэробов» и их дыхания, то все известные зоопаразиты-«анаэробы» входят в состав внутренней среды свободноживущих дышащих кислородом хозяев-аэробов. Гибнет от кислородного удушья хозяин-аэроб — погибает и полностью зависящий от кислородного дыхания этого хозяина-аэроба его не дышащий непосредственно кислородом паразит-«анаэроб». Поэтому по отношению к кислороду корректнее рассматривать **единую аэробную систему**: хозяин-аэроб **вместе** с его «анаэробным» зоопаразитом, абсолютно зависимым от хозяина-аэроба во всем, включая дыхание хозяина-аэроба кислородом. Обнаруженное итальянскими и датскими учеными (Danovaro, Dell'Anno, Pusceddu, Gamby, Heiner, Kristensen, 2010) кажущееся исключение в отношении Metazoa (3 вида рода *Logicifera*), обитающих в бескислородной среде в глубинах Средиземного моря, лишь подтверждает общее правило. Дело в том, что найденные ими Metazoa-«анаэробы» **лишены митохондрий**, вместо которых функционируют гидрогеносомнообразные органеллы, ассоциированные с *анаэробами прокариотами-эндосимбионтами*. Иными словами, перед нами не отдельные, самостоятельные, виды Metazoa, а эволюционно слаженные **надорганизменные анаэробные системы**, включающие в себя как доминирующих в них в энергетическом отношении прокариотов-анаэробов, так и «модифицированных» организмов Metazoa.

В.И. Вернадский вносит полную ясность и в этот вопрос, считая независимыми от свободного кислорода только анаэробных микробов, бактерий и грибов: «Независимо от хлорофильных растений, от свободного кислорода существует мир *микробов и бактерий, грибов*, которые являются или паразитами хлорофильного или животного вещества, или используют энергию биогенных минералов и горных пород, например, нефтей (Вернадский, 1956).

Предвидение В.И. Вернадского способности живого вещества, в частности, микроорганизмов, неопределенно долго пребывать в покоящемся состоянии в виде спор в неблагоприятных условиях блестяще подтвердили недавние исследования университета Ньюкастл (Hubert et al., 2010). В вечной мерзлоте донных от-

ложений на морском дне близ Шпицбергена были найдены споры термофильных бактерий — предположительно обитателей нефтяных пластов или теплых обедненных кислородом грунтов на дне глубин океанов, которые, будучи, вероятно, занесены течениями, пролежали здесь 100 миллионов лет, и, после нагревания до требуемых ими 50° С, возвратились к активной жизни. С учетом стадии покоящихся спор, эти бактерии оказались организмами с самым длительным жизненным циклом среди всех организмов на нашей планете, изученных до сих пор. Таким образом, внесен значительный вклад в современную экзобиологию бактерий.

III. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ЭКОЦЕНТРИЗМА И ЭКОЭТИКИ

Гений академика В.И. Вернадского обогатил науку идеями о *ноосфере* (Вернадский, 1965, с.323-330). Мощно звучит его научно обоснованное предсказание и призыв к человечеству: «В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, *если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление*» (Вернадский, 1965, с. 327). Он воздавал должное разуму и труду человека (полужирный шрифт наш — Г.П.): «... все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. **Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом трудом**» (Вернадский, 1965, с. 237). И подчеркивал, что «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой» (Вернадский, 1965, с. 328) и что «... человеческий разум и воля способны целиком переработать всю окружающую его природу» (Вернадский, 1965, с. 272). И он же предостерегал от недалековидного применения разрушительной мощи техники и химии в биосфере. Исторически «Первым явилось открытие пороха еще в XIV веке, чрезвычайно увеличивавшее силу цивилизованного человечества и положившее конец подчинению его жизни опасностям диких зверей. Человек почувствовал себя царем природы» (Вернадский, 1965, с. 275). «Сейчас, когда **человек захватил весь земной шар**, приходится регулировать улов, так как **средства истребления превышают прирост**. Так же, как и на суше, но в меньшем масштабе, меняется видовой состав нужных человеку форм природы» (Вернадский, 1965, с. 221). «**Фактом является вмешательство организованного человеческого разума**, направляющего силу человека и его знания в эту сторону и этим **нарушающего энергетический характер окружающего, в данном случае планеты**» (Вернадский, 1965, с. 274). «**Лик планеты — биосфера — химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно**» (Вернадский, 1965, с. 328).

Таким образом, ноосфера в настоящее время нам представляется, как сфера обладающих разумом (видовоцентрических, т.е. эгоистичных по отношению к другим видам в природе) живых существ — человечества. Оно ничтожно мало по общей массе по сравнению с другими компонентами живого вещества биосферы, однако стало грозной геологической силой, сопоставимой по его воздействию на

биосферу с самыми грандиозными силами природы. Видовоцентричность вида *Человек разумный* оправдывала себя, как оправдывает остальных живых существ, в борьбе за существование до той поры, пока человечество не стало оказывать неадекватное негативное воздействие на природу с применением техники. Биосфера стала преобразовываться им в Ноосферу. «В ноосфере геологическая роль человека ведущая» (Вернадский, 1965). «Братья наши меньшие» — растения и животные — становились и все более становятся лишними на своих территориях и в акваториях. Но с их вытеснением из природы в биосфере нарастает дальнейшее нарушение экологического равновесия. *H. sapiens* является неотъемлемой частью природы, а не ее царем. Встает вопрос об ответственности *H. sapiens* перед живой природой. В деградирующей природе человечество само неизбежно обречено на вымирание.

Животные имеют свои отшлифованные естественным отбором правила поведения с особями внутри своего вида, группы, стаи и т.п. на основе инстинкта и зачатков сознательной деятельности, т.е. своего рода этику сложных взаимоотношений. Человек, как существо животного происхождения, — из высокоразвитого отряда приматов класса млекопитающих — тем более вооружен этическими правилами поведения внутри своего вида, племени, рода, государства и т.д. Только в ноосфере, благодаря развитию разума, и в связи с осознанием

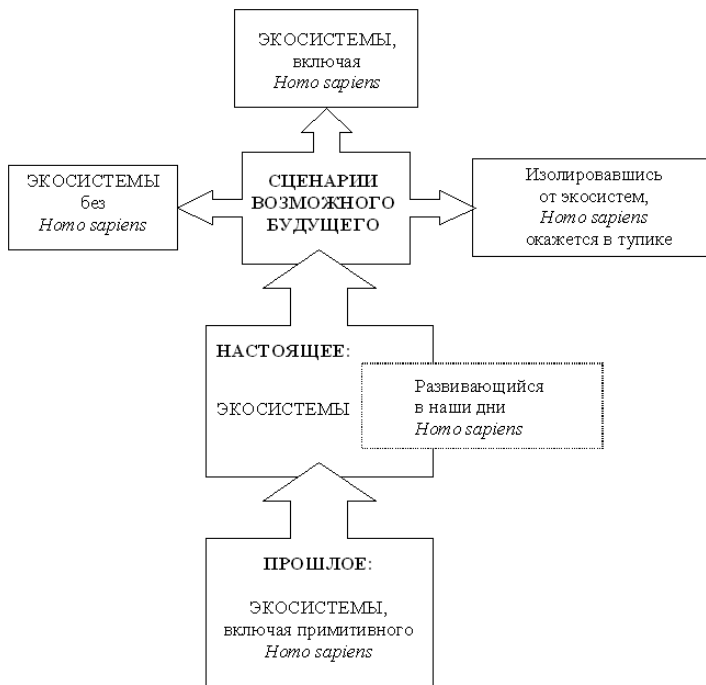


Рис. 2. Прошлое, настоящее и альтернативы будущего развития *H. sapiens* (вне экосистем или вернувшегося в экосистемы) (Поликарпов, 2006)

людьми своей грозной разрушительной силы общебиосферного значения, а также в значительной степени на основании идей В.И. Вернадского, появляется необходимость в эгоцентрическом сознании роли человечества, имя которому дано в самом конце прошлого века профессором Отто Кинне (Kinne, 1997) — *экологическая этика (экоэтика)*, для гармонизации отношений биосферы, как целого, и человечества, как его неотъемлемой части (Кинне, 2002; Кинне, 2003; Полікарпов, Терещенко, 2008).

В случае игнорирования человечеством экологической этики его будущие поколения окажутся под нарастающей угрозой экологического наказания вплоть до исчезновения вида *H. sapiens* (Рис. 2).

Отсылая читателя к литературе о Международном Союзе Экоэтики (МСЭЭ), который возглавляют его президент проф. О. Кинне, вице-президент ак. НАН Украины Г.Г. Поликарпов, второй вице-президент по работе с молодежью Л.П. Марчукова и координатор МСЭЭ в Украине к.б.н. Н.Н. Терещенко, о его принципах, задачах и его глобальной роли, отметим здесь, что в качестве EEIU Fellows (действительных членов МСЭЭ) из Украины в состав действующего на всех континентах МССЭ, входят члены НАН Украины: академики НАН Украины Д.М. Гродзинский (Киев), В.Н. Еремеев (Севастополь), Ю.П. Зайцев (Одесса) и А.А. Созинов (Киев); члены-корреспонденты НАН Украины И.А. Акимов (Киев), В.Н. Егоров (Севастополь), В.Е. Заика, (Севастополь), А.П. Травлеев (Днепропетровск) и Г.Е. Шульман (Севастополь). В Украине МСЭЭ составляет мощный отряд профессоров, докторов и кандидатов наук, видных деятелей сферы охраны природы, просвещения и средств массовой информации: В.Е. Борейко (Киев), В.С. Давыдчук (Киев), В.Н. Грищенко (Канев), В.Б. Иванов (Севастополь), Ю.А. Кутлахмедов (Киев), В.А. Литвинов (Киев), Л.П. Марчукова (Севастополь), И.Г. Поликарпов (Севастополь-Кувейт), Н.Н. Терещенко (Севастополь), В.Г. Цыцугина (Севастополь), Л.Г. Чесанов (Днепропетровск), Е.Г. Юрздицкая (Севастополь). Председателями отделений и филиалов МСЭЭ состоят профессора, доктора и кандидаты наук, научные сотрудники и предприниматель: в Алуште — А.В. Паршинцев, Днепропетровске — Л.Г. Чесанов, Запорожье — А.С. Левин, Киеве — В.Е. Борейко, С.М. Федорик и Ю.А. Кутлахмедов, Крыму — С.А. Хворов, Миргороде — Е.И. Ивлева, Николаеве — В. В. Шаганов, Одессе — Б.Г. Александров, Севастополе — Н.Г. Бова и Т.А. Острожко, Тернополе — Л.Р. Грыцак, Херсоне — Ольга Пономарь, Чорткове — Александр Степаненко (Полікарпов, Терещенко, 2008).

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

В заключение полагаю уместным привести слова о значении личности, идей и работ великого ученого — академика В.И. Вернадского, сказанные автором данной публикации при получении награды имени В.И. Вернадского «В признание выдающегося вклада в развитие и распространение Радиоэкологии» и Золотой медали В.И. Вернадского «За наибольший вклад в радиоэкологию» на Генеральной ассамблее Международного союза радиоэкологии в Бергене, Норвегия,

18 июня 2008 г. (Алексахин, 2009; Информация, 2009; Международная конференция, 2008; Хроника и информация, 2008): «Все, связанное с именем Владимира И. Вернадского — одного из наиболее выдающихся естествоиспытателей, учителя моих учителей, вызывает во мне глубочайшее уважение. Как и многие его последователи, я горжусь тем, что принадлежу к его крупнейшей международной научной школе. Всю мою жизнь я имею честь работать в Национальной академии наук Украины, созданной ее первым Президентом — Владимиром Ивановичем Вернадским 27 ноября 1918 г. и которую в настоящее время успешно возглавляет ее Президент Борис Евгеньевич Патон, оказывающий большую поддержку радиоэкологии» (Хроника и информация, 2008)».

**ПРИЛОЖЕНИЕ:
МЫСЛИ В.И. ВЕРНАДСКОГО (1965) О ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ
И БИОСФЕРЕ**

Ниже приводится краткий перечень выдвинутых В.И. Вернадским (1965) крупнейших идей и полученных им убедительных материалов о живом веществе и роли последнего в биосфере и ноосфере. Этот перечень, формировавшийся нами изначально, вошел в сферу наибольших научных интересов и исходных данных названного выше отдела ИнБЮМ:

« ”Живое вещество” есть совокупность живых организмов» (с. 324). «... живое вещество в биосфере играет основную активную роль и по своей мощности ни с чем, ни с какой геологической силой не может даже быть сравнимо по своей интенсивности и непрерывности во времени. В сущности, оно определяет все основные химические закономерности в биосфере. Структура биосферы, точно функционирующая в течение не менее двух миллиардов лет, очень закономерна...» (с. 236). «Жизнь, живое вещество, как бы само создает себе область жизни» (с. 241). «Эволюционный процесс присущ только живому веществу» (с. 325). «... в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало» (с. 286). «В 1927 г., по моим подсчетам, вес живого вещества представлялся как много гексалионов граммов (10^{21} г). Вес биосферы — несколько окталионов граммов (10^{27} г). Живое вещество, таким образом, отвечает, по крайней мере, сотым или десятым процента всей массы биосферы» (с. 296). «Биолог должен считаться с тем, что на нашей планете в биосфере существует не жизнь, от окружения независимая, а живое вещество, т.е. совокупность живых организмов, теснейшим образом связанная с окружающей ее средой биосферы — мощным геологическим фактором, от биосферы неотделимым» (с. 290). «Живое вещество есть, прежде всего, планетное явление и не может быть оторвано от биосферы, геологической функцией которой оно является» (с. 290). «Жизнь неотделима от биосферы, и живое вещество является его функцией» (с. 291). «Весь животный мир, и человек в том числе, взятый в целом, требующий для своей жизни сво-

бодного кислорода, являются придатком хлорофильных организмов. Без них он не мог бы существовать. Хлорофильные растения являются автотрофным живым веществом»; «Независимо от хлорофильных растений, от свободного кислорода существует мир микробов и бактерий, грибов, которые являются или паразитами хлорофильного или животного вещества, или используют энергию биогенных минералов и горных пород, например, нефти. По-видимому, этот мир как раз существует на Венере и Марсе ...» (с. 239).

- Алексахин Р.М.* Золотая медаль имени В.И. Вернадского — Г.Г. Поликарпову // *Новости науки. Организация науки. Экология // Природа.* — 2008. — № 10. — С. 83.
- Биологія*, с.446 // *Національна Академія наук України. 1918-2008. До 90-річчя від дня заснування /* Голов. ред. Б.Є. Патон. — К.: Вид-во КММ, 2008. — 624 с.
- Вернадский В.И.* О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи. — СПб, 1910. — 54 с.
- Вернадский В.И.* О необходимости изучения явлений радиоактивности Южного берега Крыма // *Изв. Росс. Акад. наук, Сер. 6.* — 1921. — Т. 15, № 1-18. — С. 403-408.
- Вернадский В.И.* О концентрации радия живыми организмами // *Докл. АН СССР.* — 1929. — Сер. А, № 2. — С. 33-34.
- Вернадский В.И.* Торий или мезоторий в морской воде // *Природа.* — 1932. — № 5. — С. 413-426.
- Вернадский В.И.* Геохимия, биогеохимия и радиология на новом этапе. Извлечение из отчета о заграничной командировке 1932 г. // *Вестник АН СССР.* — 1933. — № 11. — С. 17-24.
- Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. 1922-1932 гг. — М.: Изд. АН СССР, 1940. — 249 с.
- Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Изд-во «Наука», 1965. — 374 с.
- Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Александров Б.Г., Гаркуша О.П., Копытина Н.И., Курилов А.В., Нестерова Д.А., Нидзвецкая Л.М., Никонова С.Е., Поликарпов И.Г., Поповичев В.Н., Руснак Е.М., Стокозов Н.А., Теплинская Н.Г., Теренько Л.М.* Средоточие останков оксибионтов и банк живых спор высших грибов и диатомовых в донных отложениях сероводородной батиали Черного моря // *Доповіді НАН України.* — 2007. — № 7. — С. 159-164.
- Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Копытина Н.И., Курилов А.В., Нестерова Д.А., Нидзвецкая Л.М., Поликарпов И.Г., Стокозов Н.А., Теплинская Н.Г., Теренько Л.М.* Биологическое разнообразие оксибионтов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробиионтов в донных осадках сероводородной батиали Черного моря // *Доповіді НАН України.* — 2008. — № 5. — С. 168-173.
- Информации.* О награждении Г.Г. Поликарпова золотой медалью В.И. Вернадского. Речь Геннадия Григорьевича Поликарпова при вручении ему золотой медали В.И. Вернадского Международного Союза Радиоэкологии (Перевод с английского языка Г.Г. Поликарпова) // *Биология моря.* — 2009. — Т. 35, № 1. — С. 80-82.
- Кинне О. (Kinne O.)* // *Международный союз экоэтики. Дополненный и заново отредатированный текст по экоэтике, 01.05.2002. Перевод на русский язык с английского И.Г. Поликарпова (Крымское Отделение ЕЕИУ) // ЕЕИУ Brochure. — Russian Translation. — Oldendorf/Luhe: Inter-Research, 2003. — 8 р.*
- Кинне О. (Kinne O.)* // *Міжнародна спілка екологічної етики. Доповнений текст по екоетиці: 01.05.2002. Переклад на українську мову з англійської Терещенко Н.Н. (Севастополь, ЕЕИУ) // ЕЕИУ Brochure. Ukrainian Translation. — Inter-Research. — Oldendorf/Luhe. — 2002. — 8 р.*
- Кузин А.М., Передельский А.А.* Охрана природы и некоторые вопросы радиоактивно-экологических связей // *Охрана природы и заповедное дело в СССР.* — Бюлл. 1. — М.: Изд-во «Наука», 1956. — С. 65-78.

- Лазоренко Г.Е.* Распределение природного радионуклида ^{210}Po в компонентах экосистемы Черного моря // Радиоэкологический отклик Черного моря на Чернобыльскую аварию / Под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. — Гл. 4. — С. 311-337.
- Международная конференция.* Речь Г.Г. Поликарпова при вручении ему золотой медали имени В.И. Вернадского Международного союза радиоэкологии (18 июня 2008 г., Берген, Норвегия) // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2008. — Т. 48. № 5. — С. 635-637.
- Поликарпов Г.Г.* Радиоэкология морских организмов / Под ред. В.П. Шведова. — М.: Атомиздат, 1964. — 295 с.
- Поликарпов Г.Г.* Необходимость формирования глубоководной морской радиоэкологии и развития радиоэкологических исследований в промежуточной зоне река-море // Информ. Бюлл. Научного Совета АН СССР по проблеме радиобиологии. — 1987. — № 34. — С. 18-21.
- Поликарпов Г.Г.* Морская радиоэкология в академиях наук России и Украины (1896-2004 гг.) // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин — Екатеринбург: ИЭРЖ УрО РАН, 2005. — Вып. 6. — С. 4-23.
- Поликарпов Г.Г.* Радиационная экология как научная основа радиационной защиты биосферы и человечества // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. — Екатеринбург: ИЭРЖ УрО РАН, 2006. — Вып.8. — С. 3-28.
- Поликарпов Г.Г.* Перспективный полигон экзобиологических и радиохемозекологических исследований в батии Черного моря (Тезисы) // Радиационная биология. Радиоэкология, 2010 (в печати).
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., ред.* // Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Стокозов Н.А., Лазоренко Г.Е., Мирзоева Н.Ю., Терещенко Н.Н., Цыцугина В.Г., Кулебакина Л.Г., Поповичев В.Н., Коротков А.А., Евтушенко Д.Б., Н.В. Жерко. — Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. — 666 с.
- Поликарпов Г., Терещенко Н.* Міжнародна спілка екологічної етики: перший ювілей і підсумки діяльності // Вісник НАН України. — 2008. — № 5. — С. 52-53.
- Рубин А.Б.* Экзобиология // БСЭ, Т. 29. — М., Изд-во «Советская Энциклопедия», 1978. — С. 591.
- Тимофеев-Ресовский Н.В.* Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии // Ботан. журн. — 1957. — Т. 42, № 2. — С. 161-194.
- Тимофеев-Ресовский Н.В.* Избранные труды / Под ред. О.Г. Газенко и В.И. Иванова. — М.: Наука, 2009. — 211 с.
- Тимофеева-Ресовская Е.А., Попова Э.И., Поликарпов Г.Г.* О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов. I. Концентрация радиоактивных изотопов фосфора, цинка, стронция, рутения, цезия и церия различными видами пресноводных моллюсков // Бюлл. МОИП, Отд. Биологии. — 1958. — Т. 63. — С. 65-78.
- Хроника и информация.* Золотая медаль им. В. И. Вернадского Международного союза радиоэкологии присуждена академику Г.Г. Поликарпову. Short oration by Gennady G. Polikarpov during receiving the V. I. Vernadsky IUR Award: Gold medal & Diploma (Bergen, Norway, 18 June 2008 // Морський екологічний журнал. — 2008. — Т. VII, № 3. — С. 97-98.
- Aarkrog A., Polikarpov G.G.* Development of radioecology in East and West // Radioecology and the Restoration of Radioactive-Contaminated Sites / NATO ASI, Ser. 2. — Environment. — 1996. — Vol. 13. — P. 17-29.
- Adloff J.P.* The centennial of the discovery of radioactivity // Proc. Intern. Symp. «Radionuclides in the Oceans» RADOC 96-97 (Cherbourg-Octeville, (France), 7-11 Oct. 1996). — Part 1: Inventories, behaviour and processes / Eds. P. Germain, J.C. Guary, P. Guéguéniat, H. Métivier. — Radioprotection-Colloques. — 1997. — Vol. 32, C2. — P C2-3 — C2-11.
- Danovaro R., Dell'Anno A., Pusceddu A., Gambi C., Heiner I. & Kristensen R.M.* The first metazoan living in permanently anoxic conditions // BMC Biology. 2010. — Vol. 8, # 30. — 27 p. Article URL <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/8/30>.
- Fenchel T. & Finlay B.J.* Ecology and Evolution in Anoxic Worlds. — Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press, 1995. — 276 p.
- Fuma S. & Polikarpov G.G.* Comparative Risk Assessment Between Ionising Radiation and Other Stres-

- sors. Working Group under the chairmanship of the IUR President Dr. F. Brechignac, International Union of Radioecology, France, 2010. — P. 8.
- Hubert C., Arnosti C., Brüchert V., Loy A., Vandieken V., Jørgensen B. B.* Thermophilic anaerobes in Arctic marine sediments induced to mineralize complex organic matter at high temperature // *Environmental Microbiology*. April 2010. — Vol. 12, Issue 4, P. 1089 — 1104.
- Kinne O.* Eco-Ethics International Union. Eco-ethics further developed text 01.05.2002. English // EEIU Brochure. — Oldendorf/Luhe: Inter-Research. — 2002. — P. 1 — 6.
- Lazorenko G.E., Polikarpov G., Osvath I.* Doses to the Black Sea fishes and mussels from naturally occurring radionuclide ^{210}Po // Intern. Conf. on Protection of the Environment from Effects of Ionizing radiation (Stockholm (Sweden), 6-10 Oct. 2003): Contributed papers. — Stockholm: IAEA-IUR, 2003. — P. 242 — 244.
- Polikarpov G.G.* Radioecology of Aquatic Organisms / Eds. V. Schultz, A. Klement, Jr. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co. — New York: Reinhold Book Div., 1966. — 314 p.
- Polikarpov G.G., H. Becquerel — P. & M. Curie — V. Vernadsky* and marine radioecology studies in Russia and Ukraine // Proc. Intern. Symp. «Radionuclides in the Oceans» RADOC 96-97 (Cherbourg-Octeville, (France), 7-11 Oct. 1996). — Part 1: Inventories, behaviour and processes / Eds. P. Germain, J.C. Guary, P. Guéguéniat, H. Métivier. — Radioprotection—Colloques. — 1997. — Vol. 32, C2. — P. C2-13.
- Polikarpov G.G.* Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionizing radiation in the environment // *Radiation Protection Dosimetry*. — 1998. — V. 75, Iss. 1-4. — P. 181-185.
- Polikarpov G.G.* The future of radioecology: in partnership with chemo-ecology and eco-ethics // *J. Environ. Radioactivity*. — 2001. — Vol. 53, № 1. — P. 5-8.
- Schuiling R.D., Cathcart R.B. & Badescu V.* Asteroid impact in the Black Sea: a black scenario // In: S.J. Rzoska and V.A. Mazur (eds.), *Soft Matter under Exogenic Impacts*. — 2007. — Springer. — P. 1-8.
- Sorokin Y.I.* The Black Sea: Ecology and Oceanology. — Leiden: Backhyns Publishers. — 2002. — 875 p.
- Stannard J.N.* Radioactivity and Health: A History. Ed. by R.W. Baalman, Jr. — DE88013791 (DOE/RL/01830-T59), National Technical Information Service, Battelle Memorial Institute. — Springfield, Virginia. — 1988. — 1963 p.
- Whicker F.W. & Schultz V.* Radioecology: Nuclear energy and the environment, Vol. I. — Boca Raton, Fla: CRC Press, Inc. — 1982. — 212 p.
- Zaitsev Yu.P., Polikarpov G.G.* Recently discovered new biospheric pelocontour function in the Black Sea reductive bathyal zone // *J. Black Sea/Mediterranean Environ.* — 2008. — Vol. 14, № 3. — P. 151-165.

В.Н.ЕГОРОВ

**УЧЕНИЕ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО
О ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ В БИОСФЕРЕ И ПРОБЛЕМА
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ
ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Научное наследие академика Владимира Ивановича Вернадского настолько велико, что до сих пор продолжается осмысливание его монографических трудов «О химическом строении Земли и ее окружения» (1965 г), о «Живом веществе» (1978 г) и о «Живом веществе и биосфере» (1994 г). Его геохимические концепции внесли важный вклад и в разработку проблемы устойчивого развития морских акваторий в условиях их антропогенного радиоактивного и химического загрязнения.

В последние десятилетия антропогенное поступление в окружающую среду химических элементов и соединений, в том числе и радионуклидов, в ряде случаев превысило потоки их естественной ассимиляции в геологических депо, что привело к повышению концентраций этих веществ в морской среде до уровней, при которых они стали оказывать негативное воздействие на морские ресурсы. Проблема загрязнения морей и океанов впервые остро обсуждалась на конференции ООН по окружающей человека среде в Стокгольме в 1972. г. Объединенной группой экспертов по научным аспектам загрязнения морской среды (ИМКО, 1977) была принята формулировка «Загрязнение означает внесение человеком прямо или косвенно веществ или энергии в морскую среду (включая эстуарии), в результате чего возникают такие пагубные последствия, как ущерб живым ресурсам, опасность для здоровья человека, помехи для морской деятельности, включая рыболовство, ухудшение качества потребляемой морской воды и эстетических благ», которая охватила все множество негативных проявлений воздействия этого фактора. В последующие годы в основных океанографических научных центрах мира были развернуты исследования разнообразных видов загрязнений и их воздействие на морскую среду и ее население. Эта деятельность координировалась множеством региональных и международных программ и перед наукой встала задача определения способности гидросферы, как и биосферы в целом,

выдерживать антропогенный пресс, который в ряде случаев уже превзошел масштабы природных геохимических явлений.

В решении поставленной проблемы огромное влияние оказали идеи академика В.И.Вернадского о биосфере земли. Он писал: — «В науке нет до сих пор ясного сознания, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, то есть планетарной точки зрения, являются проявлениями единого процесса» (Вернадский, 1994, с.12). Главенствующее значение в протекании геохимических процессов он отводил живому веществу. Он называл «живым веществом» совокупность всех живых организмов, включая человека, участвующих в геохимических процессах (Вернадский, 1965а, с. 324; 1977, с. 217) К нему от также относил заведомо безжизненную материю, трупы, отбросы, выделения, экскременты, прилегающие части воздуха, воды и почвы (Вернадский, 1977, с. 178). Он отмечал: «В живой материи как бы подготавливается их судьба в будущем в земной коре» (Вернадский, 1965, с.61). «Живые организмы непрерывно извлекают химические элементы из земной коры и возвращают их в нее вновь, до известной степени превращая их в новые соединения, неустойчивые вне среды их образования. Это производится организмами двояким путем — частью путем природного обмена, когда организмы проводят химические элементы через свои тела, частью путем изменения природных соединений без проведения их через собственные тела. Это последнее явление очень ярко представлено в геохимической работе человечества — таковой является вся его техническая деятельность, создающая современную цивилизацию» (Вернадский, 1978, с. 136). «Влияние человечества отличается, во-первых, интенсивностью все увеличивающегося с ходом времени своего геологического эффекта и, во-вторых, тем влиянием, которое он производит на все живые вещества» (Вернадский, 1978, с.46).

Учение В.И.Вернадского оказало большое влияние на исследования сотрудников Отдела радиационной и химической биологии имени академика А.О.Ковалевского Института биологии южных морей. В первую очередь, оно разрабатывалось применительно к проблеме взаимодействия между радиоактивной средой и живыми организмами. Здесь существенное влияние оказали идеи В.Н.Вернадского о концентрирующей роли живых организмов (Вернадский, 1929) и их радиоизотопному обмену. В результате этих работ была создана новая область науки «Морская радиоэкология» (Поликарпов, 1964; Polikarpov, 1966).

Идеи академика В.Н.Вернадского нашли широкое применение при изучении биогеохимических циклов. На основе его представлений, круговорот химических веществ в биосфере определяется их поступлением из геологических депо в результате выветривания из земной коры и добычи полезных ископаемых, трансформацией физико-химических форм под воздействием природных факторов и технологической деятельности человечества, синтезом не существующих в природе химических соединений и их техническим и бытовым использованием, депонированием в формируемых на суше геологических структурах и поступлением в моря и океаны. В морской среде они претерпевают превращения в таком высокоактивном физико-химическом реакторе, каковым является морская вода,

мигрируют по акваториям в результате гидрофизических процессов, сорбируются и поглощаются живым и косным веществом и многократно переносятся по трофическим цепям. В конечном итоге, глобальный биогеохимический цикл завершается их поступлением в геологические депо в составе донных осадков.

По современным представлениям биогеохимические циклы химических элементов в морской среде формируются за счет механизмов, представленных на рис. 1.



Рис.1. Факторы формирования биогеохимического цикла химических веществ в морской среде (Поликарпов, Егоров, 1986).

Изучение влияния отмеченных абийотических и биотических факторов является центральной задачей практически всех профильных океано-графических учреждений. Прогресс в этой области связан с применением современных технических средств изучения морской среды, использования аналитических методов и балансового моделирования. Разрабатываются радиотрассерные методы изучения биоке-анографических характеристик акваторий. Интенсивность вертикального водообмена при крупномасштабном осреднении определялась по изменению в 1987-2000 гг профилей распределения постчернобыльских радио-

нуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде (Egorov et al., 2001). Для определения скорости изотопического обмена нашел применение уран-ториевый метод (Gulin S., 2000). Для определения скорости осадконакопления, датировки донных осадков на полувековом масштабе времени и оценки потоков загрязняющих веществ в толщу донных отложений были разработаны так называемые «геохимические часы» (Gulin S., 2000a). Сущность этого метода заключается в том, что измеряются вертикальные профили изменения концентрации в ^{137}Cs в толще донных отложениях и в них определяются пики, связанные с повышенным поступлением этого радионуклида в донные осадки в период максимальных атмосферных выпадений в 1964 г. в результате испытаний ядерного оружия, а также после аварии на Чернобыльской атомной радиостанции в 1986 г.

Для изучения динамических характеристик биотических взаимодействий между живым веществом и радиоактивными и химическими компонентами морской среды нашли широкое применение балансовые методы, базирующиеся на использовании данных природных наблюдений, результатов экспериментов с радиоактивной меткой, а также методов математического моделирования (Поликарпов, Егоров, 1986).. Генеральная концепция этих работ вытекает из высказанной академиком В.Н.Вернадским гипотезы о том, что: — «Жизнь, живое вещество, как бы само создает себе область жизни» (Вернадский, 1965а, с. 241). Поэтому основной целью этих исследований была задача проверки его гипотезы о том, что в процессе воспроизводства живого вещества воспроизводятся и условия его обитания. В.Н.Вернадский отмечал, что: «живое вещество действует в геохимических процессах земной коры своей массой, своим химическим составом и своей энергией» (Вернадский, 1978, с.289). Поэтому для количественной реализации его гипотезы потребовалось создание основанной на результатах наблюдений полуэмпирической теории, описывающей кинетические характеристики минерального и радиоизотопного обмена морских организмов и косного вещества в морской среде в масштабе времени протекания метаболических, сорбционных процессов и трофических взаимодействий, совместимой параметрически с современными теориями описания баланса вещества и энергии в морских экосистемах.

При разработке этой теории (Поликарпов, Егоров, 1986) были определены многие закономерности геохимических взаимодействий морских организмов в морской среде которые или вытекали из идей, или были предсказаны академиком В.И.Вернадским. Было установлено, что метаболическое поглощение химических элементов и их изотопных и неизотопных носителей гидробионтами непосредственно из водной среды осуществляется в соответствии метаболическими реакциями первого или нулевого порядков и описывается уравнением Михаэлиса — Ментен (Паттон, 1967), и а поглощение элементов — химических аналогов, например Sr и Ca, а также Cs и K, идет пропорционально показателям их геохимического сходства (Егоров и др., 1989). Определено, что при значительном превышении концентрации изотопных и неизотопных носителей в водной среде сверх уровня, характеризуемого константой Михаэлиса — Ментен, метаболические реакции концентрирования изменяются с первого порядка на нулевой (Поликарпов,

Егоров, 1986). Стационарные уровни сорбционного концентрирования элементов гидробионтами и косным веществом определяются в соответствии с уравнением Ленгмюра (Несмеянов, 1978). При пищевом пути минерального питания гидробионтов усвоение химических элементов пропорционально их биологической значимости и составляет только часть от количества вещества пищи, используемого на соматический и генеративный рост организмов (Поликарпов, Егоров, 1986). Химическое лимитирование процессов роста и размножения морских организмов разных таксономических групп и трофических уровней идет в соответствии с уравнениями Дагдейла (Dugdale 1967) и Друпа (Droop, 1974). Изучение в опытах с радиоактивной меткой кинетических характеристик прижизненного выделения химических веществ гидробионтами показало, что их выведение морскими организмами идет в соответствии с метаболическими реакциями первого порядка, а значения показателей скорости не зависят от пути поступления изотопных и неизотопных носителей в гидробионты, а также от их содержания в водной среде (Поликарпов, Егоров, 1986). Недавно был обнаружен механизм регулирования обмена бурых водорослей применительно к условиям фосфатной гиперэвтрофикации морской среды, заключающийся в повышении деэвтрофирующей способности водорослей по мере увеличения степени фосфорной гиперэвтрофикации вод (Поповичев, Егоров, 2009).

При изучении поглощения и выведения меченых ^{131}I иодидов и иодатов зелеными водорослями получено, что они по-разному накапливали одновалентную и пятивалентную физико-химические формы йода, а выводили их в одновалентной форме, то есть в процессе йодного обмена водорослями происходило уменьшение валентности продуктов их метаболизма (Поликарпов, Егоров и др., 1985). Этим самым, была подтверждена выдвинутая академиком В.И.Вернадским гипотеза о возможности биотического изменения физико-химических форм пребывания химических элементов в морской среде (Вернадский, 1994, с.58-59).

За последние десятилетия были экспериментально определены константы скоростей обмена ^{22}Na , ^{32}P , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{86}Rb , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{109}Cd , ^{131}I , ^{144}Cr , ^{137}Cs , и ^{203}Hg рядом видов бактерий, водорослей, животных планктонного комплекса, моллюсков и рыб экосистем Средиземноморского бассейна, а также Тихого, Индийского и Атлантического океанов. Для ряда элементов различной биологической значимости были определены параметры уравнений Михаэлиса-Ментен и Ленгмюра, а также зависимости их параметров от удельной поверхности, размерных характеристик морских организмов и концентрации элементов — химических аналогов в водной среде (Поликарпов, Егоров, 1986). Это позволило приступить к этапу исследований, связанному с изучением на математических моделях взаимодействия живого вещества радиоактивными и химическим загрязнением морской среды на популяционном и экосистемном уровнях.

Структура модели экосистемы фотического слоя показана на рис. 2. Взаимодействие между ее компонентами ее структуры было описано балансовыми равенствами по веществу, энергии, лимитирующим биогенным элементам и загрязнителям водной среды с использованием современных представлений о

минеральном и радиоизотопном обмене и трофодинамике морских организмов, сорбционных взаимоотношениях между живым и косным веществом, а также с учетом интенсивности седиментационных и гидродинамических процессов. В целом в данной модели учитывались 1-3 и 5 абиотические и 9-10 и 12-13 факторы (рис.1) формирования биогеохимических циклов.

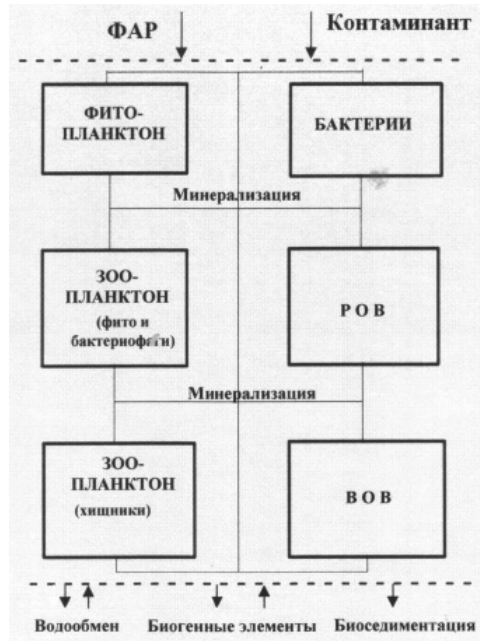


Рис. 2. Структура модели взаимодействия фотического слоя с радиоактивными и химическими веществами в морской среде (Поликарпов, Егоров, 1986).

Численные эксперименты на модели показали, что при низких уровнях концентрирующей способности гидробионтов содержание загрязнителя в воде фотического слоя (Q) лимитировалось только его водообменом с подстилающими водами и в целом линейно росло во времени (рис.3, 1). При относительно значимых (рис.3, 2), или высоких (рис.3, 3) значениях коэффициентов накопления загрязнителя гидробионтами все параметры модели с течением времени выходили на стационарные или автоколебательные режимы (Поликарпов, Егоров, 1986). При этом наблюдались режимы биотического кондиционирования водной среды в отношении содержания загрязнителя за счет его биоседиментационного выноса из фотического слоя. **Это однозначно подтвердило блестящее предвидение академика В.И.Вернадского (Вернадский, 1965, с 241) о том, что в процессе воспроизводства живого вещества могут воспроизводиться и условия его обитания.**

Понимание этого обстоятельства открыло пути к поиску методов определения способности морской среды к самоочищению и к началу восьмидесятых годов были приняты термины для ее оценки, такие, как ассимиляционная (National,

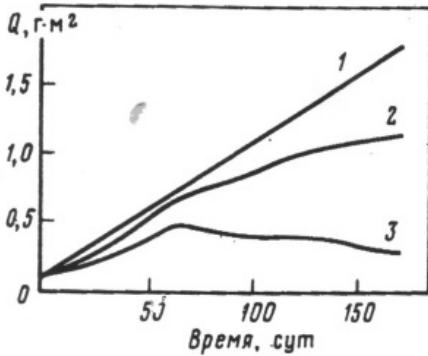


Рис. 3. Изменение количества загрязнителя в воде фотического слоя Q (г м^{-2}) при относительно низких (1), средних (2) и высоких (3) коэффициентах накопления загрязнителя компонентами экосистемы.

1979; Израэль, Цыбань, 1983) или экологическая (Поликарпов, Егоров, 1981) емкость, количественной мерой которых был поток, который может изыматься из пространственно ограниченной части морской экосистемы в результате гидродинамических и биогеохимических взаимодействий.

Анализ численных экспериментов на модели (рис. 2) также показал, (Поликарпов, Егоров, 1896) что применительно к различным условиям биологической продуктивности экосистемы и воздействия потоков загрязняющих веществ наблюдались различные стационарные состояния системы биоседиментационного кондиционирования фотического слоя (рис. 4 а). Интервалу относительно низких потоков антропогенного загрязнения вод соответствовала зона биотического кондиционирования морской среды, а потокам более интенсивного загрязнения — зона потери устойчивости системы биотического самоочищения вод (рис. 4 а). Интервалу относительно низких потоков антропогенного загрязнения вод соответствовала зона биотического кондиционирования морской среды, а потокам более интенсивного загрязнения — зона потери устойчивости системы биотического самоочищения вод (рис. 4 а). На представленных рисунках видно, что в зоне биотического кондиционирования морской среды предельные значения коэффициентов накопления гидробионтами не изменялись (рис. 4b), а концентрация загрязнителя в них росла пропорционально увеличению его содержания в воде (рис. 4c). В зоне потери устойчивости биотического самоочищения вод стационарные значения коэффициентов накопления снижались (рис 4b), а концентрация загрязнителя в гидробионтах достигла предельного уровня (рис. 4c).

С точки зрения современных биофизических представлений о кинетических закономерностях минерального обмена (Паттон, 1968), интервалу изменения значений концентрации загрязнителя в воде, в пределах которого коэффициент накопления постоянен, а содержание загрязнителя в организмах изменяется пропорционально изменению концентрации загрязнителя в воде, соответствует первый порядок метаболических реакций, а интервалу изменения концентрации загрязнителя в воде, в пределах которого коэффициент накопления гидробионтов снижается, а концентрация загрязнителя не изменяется, соответствует нулевой порядок метаболических реакций. Отсюда следует, что зоне потери устойчивости

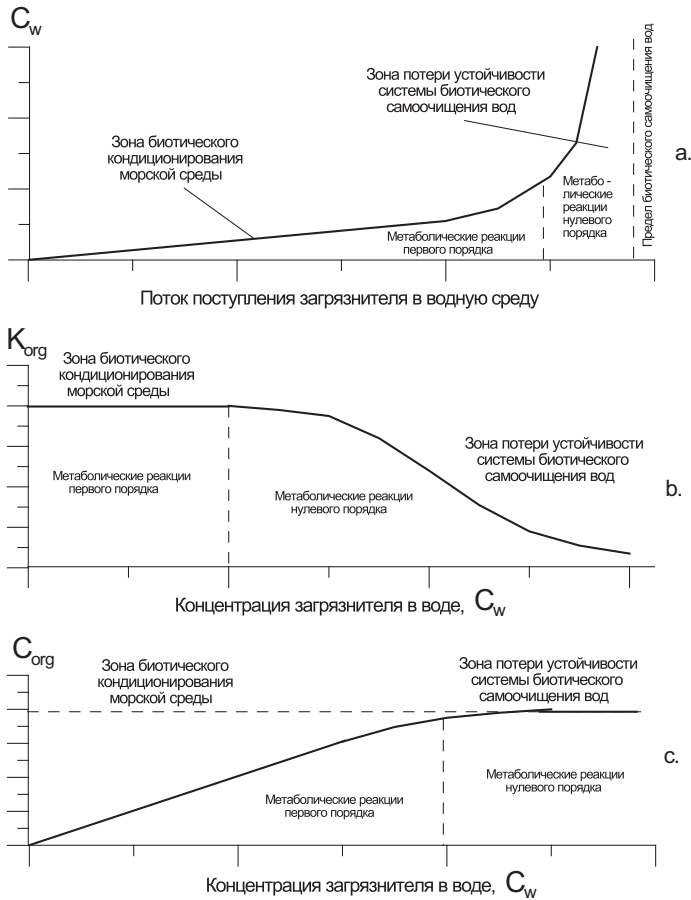


Рис. 4. Изменение стационарных уровней концентрации загрязнителя в воде фотического слоя C_w (a), коэффициентов накопления (b) и концентрации загрязнителя в гидробионтах (c) в результате функционирования экосистемы фотического слоя в условиях воздействия потока антропогенного загрязнения вод.

системы биотического кондиционирования вод соответствует изменение метаболических реакций морских организмов в отношении поглощения и выведения загрязнителя с первого на нулевой. Представленные на рис. 3 и 4 материалы в целом показывают, что **критерии для определения допустимого антропогенного пресса должны охватывать как санитарные нормы предельно допустимого загрязнения гидробионтов, так и биопродукционные, трофические и метаболические характеристики компонентов морских экосистем.**

Известно, что основным требованием устойчивого развития регионов является необходимость поддержания равновесия между использованием и воспроизводством их ресурсов. Применительно к решению проблемы устойчивого развития морским акваторий в условиях антропогенного загрязнения вод с учетом смысла, вкладываемого в термин «Загрязнение», основные критерии должны нормировать

предельно допустимые потоки так, чтобы они компенсировались потоками гидродинамического и биогеохимического самоочищения морской среды, а концентрация загрязняющих веществ во всех компонентах экосистем, включая население, не превышала санитарных норм и рекреационных качеств территорий. Если обратиться к данным, представленным рис. 4, то можно в качестве процедуры нормирования для экосистемы с известными биопродукционными характеристиками, выбрать на рис. 4с в зоне биотического кондиционирования такой уровень концентрации загрязнителя в гидробионтах, который бы не превышал санитарной нормы ПДК и при котором одновременно обеспечивался бы первый порядок метаболических реакций гидробионтов. Тогда отложив это значение на оси ординат рис. 4а, можно на оси абсцисс определить поток биотического самоочищения вод.

По оценкам ведущих специалистов (Зайцев, Поликарпов, 2002), наиболее неблагоприятная экологическая обстановка в Черном море зафиксирована в так называемых критических зонах, экологические процессы в которых протекают в условиях, когда антропогенный пресс превышает биотическое кондиционирование морской среды в результате протекания природных биогеохимических циклов. В результате содержание в них загрязняющих веществ превышает природные уровни и в критических зонах могут проявляться вызванные этим негативные экологические последствия. Акватории критических зон расположены в приустьевых участках впадающих в море рек, в районах сброса технических и сточных вод, рядом с расположенными на берегах крупными населенными пунктами и, как правило, совпадают по терминологии академика В.И.Вернадского с зонами сгущений живого вещества (Вернадский, 1994, с. 388). Поэтому меры по поддержанию устойчивого развития критических зон должны в значительной степени базироваться на биогеохимических критериях нормирования потоков антропогенного загрязнения вод. Исследования, выполненные на концептуальной базе представлений В.И.Вернадского (Вернадский, 1994, с. 414) о геохимической роли живого вещества в морской среде позволили разработать биогеохимические критерии для определения периода круговорота радиоактивных и химических загрязнений в морской среде, оценки радиоемкости донных осадков, расчета пределов интенсивности биотической трансформации физико-химических форм неорганических загрязнений в водной среде и определения предельных потоков седиментационного депонирования загрязняющих веществ в толще донных отложений (Егоров, 2001).

Применимость такого подхода можно проиллюстрировать на примере нормирования потока ртути в акватории севастопольских бухт (рис. 5-7). На рис. 5а показаны результаты многолетних наблюдений содержания ртути в воде Северной бухты Севастополя. На графике видно, что в 1988-1990 гг концентрация Hg в воде превышала санитарно допустимую норму (ПДК). В 1991 г было отмечено резкое снижение концентрации Hg, связанное со снижением промышленной активности в регионе, которая была отслежена также и 1998 г. На рис. 5а, 5b и 5с видно, что концентрация ртути в мидиях и донных отложениях зависела от ее концентрации в воде. Проведенная на рис. 6 сплошной линией аппроксимационная кривая свидетельствовала, что зависимость между концентрацией ртути в донных осадках и воде с достаточной степенью

адекватности описывалась уравнением Ленгмюра, указывающей, что при концентрации ртути в воде свыше уровня 50 нг л^{-1} достигалось сорбционное насыщение ($C_{\text{насыщ}}$) донных осадков ртутью, что ограничивала максимальный поток седиментационного самоочищения севастопольской бухты от этого высокотоксичного загрязнителя вод. Это легко проследить по данным, представленным на рис. 7. Расчеты показали, что при концентрации ртути в поверхностном слое донных осадков севастопольской бухты в 1999 г., равной 369 нг г^{-1} (Костова и др., 2001), и скорости седиментации донных отложений 0.24 см год^{-1} , или $607 \text{ г грунта м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ (Жерко, Гулин С. И др., 2001) поток депонирования ртути в этом году составил $224 \text{ мкг м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. При сорбционном насыщении донных осадков до уровня $C_{\text{насыщ}} = 2740 \text{ нг г}^{-1}$ предельный поток элиминации ртути из вод севастопольской бухты был равен $1660 \text{ мкг м}^{-2} \text{ год}^{-1}$, что явилось практически первой пригодной для биогеохимического нормирования оценкой максимально возможного самоочищения вод.

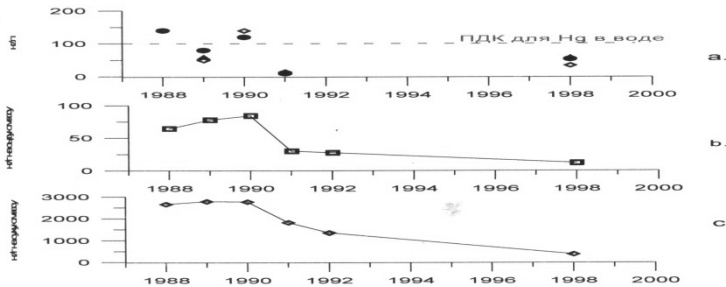


Рис. 5. Изменение концентрации Hg в воде (а), мидиях (б) и поверхностном слое донных отложений (с) Севастопольской бухты (Костова и др., 2001).

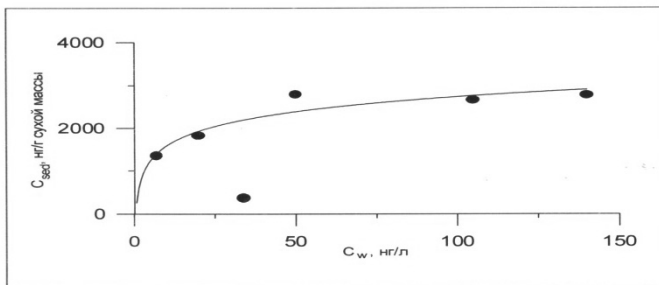


Рис. 6. Зависимость изменения концентрации Hg в донных отложениях (C_{sed}) от концентрации ртути в воде (C_w) Севастопольской бухты (Егоров, 2001).

Продемонстрированные материалы в целом позволяют заключить, что учение академика В. И. Вернадского о живом веществе в биосфере оказало определяющее влияние на решение проблем устойчивого развития морских акваторий при антропогенном воздействии загрязняющих веществ. Их развитие на концептуальной базе представлений В.И.Вернадского позволило разработать примени-

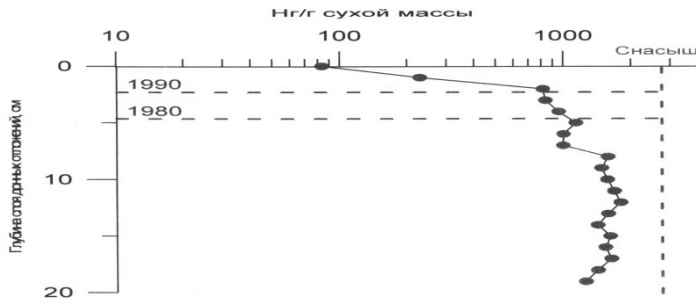


Рис. 7. Изменение концентрации Hg в толще донных отложений по глубине (Егоров, 2001).

мые для практических целей биогеохимические критерии нормирования потоков антропогенного загрязнения морской среды. Исследования, связанные с созданием новой области науки — морской радиоэкологии, а также разработка полупирической теории минерального обмена морских организмов и количественная реализация концепции академика В.И.Вернадского о единстве процессов воспроизводства живого вещества и условий его обитания вошли в цикл работ Института биологии южных морей, удостоенных государственной премии Украины в области науки и техники за 2007 г. (Витяг, 2007).

Вернадский В.И. О концентрации радия живыми организмами // Докл. АН СССР. — 1929. — Сер. А, № 2. — С. 33-34.

Вернадский В.И. Химическое строение земли и ее окружения. — М. Наука, 1965. -175 с.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М. Наука, 1965а. — 374 с.

Вернадский В.И. Живое вещество. — М. Наука, 1978. -358 с.

Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. — М. Наука, 1994. — 672 с.

Витяг з Указу Президента України від 10 грудня 2007 року №1191/2007.

Егоров В.Н., Демина Н.В., Кулебакина Л.Г. Математическое описание кинетики обмена элементов — химических аналогов морскими макрофитами. Изв. АН СССР. Сер. Биол.1989. — № 1. — С.79-87.

Егоров В.Н. Нормирование потоков антропогенного загрязнения черноморских регионов по биогеохимическим критериям // Экология моря. — 2001.- Вып. 57. — С. 75-84.

Жерко Н.В., Гулин С.Б., Егоров В. Н., Малахова Л.В. Полихлорбифенилы в компонентах экосистемы Севастопольской бухты. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч.тр.- Севастополь: ЭКОСИ- Гидрофизика, 2001. — С.153-158.

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Об ассимиляционной емкости Мирового океана. — Океанология, 1983, Т. 272, № 3, с. 703-705.

Костова С.К., Поповичев В.Н., Егоров В.Н. Многолетние исследования загрязнения ртутью сева-стопольских бухт (Черное море). Экология моря. — 2001. — Вып.56. — С. 99-103.

Несмеянов А.Н. Радиохимия. — М.: Химия, 1978. — 560 с.

Паттон А. Энергетика и кинетика биохимических процессов. — М.: Мир, 1968. — 159 с.

Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов // Под ред. В.П. Шведова. — М.: Атомиздат, 1964. — 295 с.

Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Здатність морських екосистем до відалення радіоактивних і хімічних забруднень з фотичного шару. Вісн.АН УРСР. — 1981. — № 2. — С.73-81.

Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Зесенко А.Я., Светашева С.К. Количественная оценка трансформации химических форм йода массовыми морскими водорослями. Вісник АН УРСР, № 11 1985. С. 32-38.

- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Морская динамическая радиохемиэкология. М., 1986. — 177 с.
- Поликарпов Г.Г., Лазоренко Г.Е., Егоров В.Н., Кулев Ю.Д. Математическое описание кинетики взаимодействий поверхностного слоя донных отложений с радионуклидами в водной среде. Доклады НАНУ. — 1995. — № 5 — С.148-152.
- Поповичев В. Н., Егоров В. Н. Кинетические закономерности фосфорного обмена черноморской бурой водоросли *Cystoseira barbata*. МЭЖ, 2009. — Т. 3 — № 1. — С.55-66.
- Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. Экологические процессы в критических зонах Черного моря: синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков // Морской экологический журнал, № 1, Т. 1, 2002. С. 33- 55.
- Droop M.R. The nutrients status of algae cells in continuous culture. — Journ. Mar. Biol. Ass. UK., 1974, v 55, N2, p. 541-545.
- Dugdale R.C. Nutrients limitation in the sea: dynamics, identification and significance. — Limnol. Oceanogr., 1967, N 12, P. 685-695.
- Egorov V.N., Stokozov N.A., Mirzoyeva N.Yu. Long-term post-chernobyl ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs profiles as the indicators of the large scale vertical mixing in the Black Sea // Intern. Conf. IAEA, Vienna, Austria, 23-27 April, 2001. — P. 182-184.
- Gulin S.B. (2000). Recent changes of biogenic carbonate deposition in anoxic sediments of the Black Sea: sedimentary record and climatic implication. *Marine Environmental Research*, 49/4, pp. 319-328.
- Gulin S.B. (2000a). Seasonal changes of ²³⁴Th scavenging in surface water across the western Black Sea: an implication the cyclonic circulation patterns. *Journal of Environmental Radioactivity*, 51/3, pp. 335-347.
- IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine pollution (GESAMP). Reports and Studies, N 7. United Nations, New York, 1977. — 35 p.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. Capacity of U — S . coastal waters for pollutants. Proc. of Workshop at Crystal Mountains, Wash., July 29 — August 4, 1979.
- Polikarpov G.G. Radioecology of Aquatic Organisms / Eds. V. Schultz, A. Klement, Jr. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co. — New York: Reinhold Book Div., 1966. — 314 p.

Г.Е. ШУЛЬМАН

К ВОПРОСУ О МЕСТЕ ВИДОВ В БИОСФЕРЕ

К многочисленным достоинствам учения В.И. Вернадского о биосфере следует отнести четкое понимание места видов в этой экологической системе высшего порядка. В экологии представление о виде носит несколько абстрактный характер. В основополагающей книге Ю.Одума «Основы экологии» (перевод с 3-го английского издания), издательство «Мир», Москва, 1975 – на стр. 12 приведен рис.2 «Спектр уровней организации», где виду вообще не отводится места. Здесь перечисляются: гены → клетки → органы → организмы → популяции → сообщества (следовало бы еще добавить «экосистемы → биосфера»). От экологов часто приходится слышать: в экосистеме существуют реальные популяции, а не абстрактные виды. И, в самом деле, один и тот же вид может существовать в разных экосистемах, в разных (иногда разорванных) географических зонах и т.д. **И только в биосфере он выступает как реальная категория, занимающая только ему свойственное место в этой экологической системе высшего порядка.** Э.Майр («Принципы зоологической систематики», перевод с английского, издательство «Мир», Москва, 1971) назвал вид «**уникальной приспособленностью**» (я бы добавил еще и «многогранной» -- Г.Ш.). Это означает, что в биосферу он включается как компонент, имеющий специфические особенности, отличающие его от других видов. Каждый вид вносит свой свойственный только ему весомый вклад в структуру и функционирование биосферы. Известный писатель – фантаст Р. Брэдбери в рассказе «Охота на динозавров» в несколько гипертрофированном виде заостряет внимание на исключительном значении каждой особи (читай – вида) в существовании и эволюции Природы.

Следует подчеркнуть, что эта «уникальная приспособленность» не является «абсолютной», как считал Г.В. Никольский («Экология рыб», издание «Высшая школа», Москва, 1974). В процессе эволюции биосферы разные виды испытывают на себе разное воздействие экологических факторов. Одни адаптируются к ним скорее, другие медленнее, а некоторые вообще переходят в угнетенное состояние и даже вымирают. На этом основаны «биологический прогресс», по А.Н. Северцеву («Главные тенденции в эволюции. Морфобиологическая теория эволюции. Биомедгиз, Москва - Ленинград, 1934) и биоразнообразию в Природе.

Такие мысли и суждения вызвала у меня гениальная книга В.И. Вернадского «Биосфера» и статьи в ее развитие, написанные задолго до того, как сформировались современные представления известных экологов.

Э.В. СОБОТОВИЧ, В.В. ДОЛИН

ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

Ноосфера — биосфера, переработанная научной мыслью, подготовлявшаяся шедшим сотни миллионов, может быть, миллиарды лет процессом, создавшим *Homo Sapiens Faber*, — не есть кратковременное и преходящее геологическое явление.

В.И.Вернадский

Эволюция биосферы является, пожалуй, ключевой проблемой, нашедшей отражение в большинстве работ В.И. Вернадского, и трансформированной в его позднем творчестве в естественно-философское мировоззрение. Наблюдая современное глобальное преобразование окружающей среды, анализируя последствия антропогенной трансформации нашей планеты, в поиске путей преодоления противоречий между человеком и биосферой, мы все чаще обращаемся к трудам этого великого ученого — натуралиста и философа, где обнаруживаем гениальные предвидения происходящих сегодня процессов.

Происхождение термина «биосфера» до сих пор вызывает дискуссии в научных кругах. В.И. Вернадский писал: «Понятие «биосферы», т. е. «области жизни», введено было в биологию Ламарком (1744-1829) в Париже в начале XIX в., а в геологию Э. Зюссом (1831-1914) в Вене в конце того же века.» (Вернадский, 1944). Авторство Ламарка по ссылке на статью А.Л. Яншина «Живое вещество и биосфера в трудах В.И. Вернадского» (Вернадский, 1944) опровергает А.М. Гиляров: «Очевидно, что термин «биосфера» Ламарк не использовал (по крайней мере, в “*Hydrogéologie*, на которую ссылался Яншин)...» (Гиляров, 2011). Вероятно, эта дискуссия связана с неоднозначностью содержания понятия биосферы. Первоначально биосферами называли гипотетические глобулы (видимо под влиянием идей французских учёных XVIII века П.Л. Мопертюи и особенно Ж.Л. Бюффона о бессмертных органических молекулах), якобы составляющих живую основу всех организмов. Такое понимание продержалось во Франции до середины века (Камшилов, 1979). И хотя в электронном издании “*Hydrogéologie*” (Lamarck, 1802) этот термин действительно не встречается, Ж.-Б. Ламарком впервые сделана попытка естественнонаучного описания жизни в качестве планетарного явления, т.е. он вплотную подошел к современному пониманию биосферы.

Предтечей естественно-научного подхода в описании биосферы по праву

может считаться и А. Гумбольдт — один из крупнейших естествоиспытателей XIX века. И в своих ранних работах, и в позднем синтетическом произведении «Космос» он обобщил понимание того, что «...живое вещество есть неразрывная и закономерная часть поверхности планеты, неотделимая от ее химической среды» (Семи́н, 2008).

На последних страницах книги «Происхождение Альп» Э. Зюсс впервые представляет глобальное видение Земли, состоящей из взаимосвязанных оболочек, окружающих ядро и мантию: атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. «Единственное, что выглядит чужеродным на этом большом построенном из сфер небесном теле — это, собственно говоря, органическая жизнь. Эта жизнь ограничивается одной определенной зоной — поверхностью литосферы. Растения, чьи корни в поисках питания проникают в почву и одновременно, дыша, устремляются в воздух, — великолепная иллюстрация местоположения жизни в области взаимодействия высших сфер и литосферы. И таким образом на поверхности земной тверди необходимо вычлени́ть независимую Биосферу. Она простирается над сушей и изрезанной [гидросетью] поверхностью, но последовательность развития жабр и легких свидетельствует о том, что именно эта покрытая водой поверхность была первичной средой [обитания организмов]. Жабры на шее человеческого эмбриона — это одно из проявлений следов отдаленного времени, когда эта поверхность [покрытая водой] имела значительно большие размеры и жизнь еще не вышла на сушу. Возникновение и распространение органической жизни в высокой степени зависело от формирования поверхностного образа литосферы» (Suess, 1875) — *перевод Н.Н. Григолинской*. В дальнейшем он понимал под биосферой (синоним — Лик Земли) тонкую пленку жизни на земной поверхности: «совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли» (Suess, 1909).

Такой подход является наиболее распространённым, и вместе с тем наиболее однобоким. В нем биосфера представляется только как современная живая плёнка (условно — оболочка) планеты, т.е. достаточно автономная совокупность всех организмов (животных, растений, бактерий), населяющих поверхность Земли и её гидросферу и проникающих в той или иной мере в приповерхностные зоны атмосферы и литосферы. Такая биосфера сложным образом соотносится с другими геосферами Земли, что лишь усиливает иллюзию её автономности. Биосфера Вернадского имеет неизмеримо большую глубину и характеризуется большим количеством основополагающих параметров. «Э. Зюсс (1831–1914) и геологи того времени могли смотреть и на проявление жизни и на Лик Земли, как на независимые друг от друга явления. Сейчас для нас ясно, что Лик Земли не является результатом «случайных явлений», а отвечает определённой резко ограниченной геологической земной оболочке — биосфере — одной из многих других, имеющих определённую структуру, характерную для земных планет» (Вернадский, 2001).

В работе «Очерки геохимии» В.И. Вернадский пишет: «Живое вещество более или менее непрерывно распространено на земной поверхности, оно образует

на ней тонкий, но сплошной покров, в котором концентрирована свободная химическая энергия, выработанная им из энергии Солнца. Этот слой есть земная оболочка, которую знаменитый австрийский геолог Э.Зюсс назвал биосферой и которая представляет одну из самых характерных черт организованности нашей планеты. Только в ней сосредоточена та особая форма нахождения химических элементов, которую мы назвали живым веществом» (Вернадский, 1954).

Возможность абиогенетического формирования биосферы В.И. Вернадский связывает с периодом образования Луны из земного вещества. Основываясь на открытии дисимметрии органических молекул Пастером и сформулированном П. Кюри принципе: «Дисимметрия может возникнуть только под влиянием причины, обладающей такой же дисимметрией», он предполагает, что такие условия могли возникнуть на поверхности нашей планеты, «если Луна образовалась из Земли» (по Д. Дарвину). «Ибо отделение Луны было связано со спиральным — вихревым движением земного вещества (должно быть, правым), вторично не повторявшимся» (Вернадский, 1931). Вероятно это произошло на ранней догеологической стадии развития Земли, поскольку современные оценки ее возраста изотопными методами находятся в пределах 4,54–4,55 млрд. лет (Dalrymple, 1991), абсолютный возраст Луны оценивается в 4,53 млрд. лет (Touboul et al., 2009). Древнейшая датировка дивергенции органического вещества, основанная на находках биомаркеров, соответствует 3,97 млрд. лет (Федонкин, 2006, Heges and Kumar, 2003). Если следовать теории абиогенеза, то процесс образования биосферы длился более полумиллиарда лет после возникновения условий дисимметрии.

При этом В.И. Вернадский, не отвергая Дарвина, основываясь на принципе Реди «Все живое происходит от живого», приходит к космогенной теории образования жизни. «Признавая биогенез, согласно научному наблюдению, за единственную форму зарождения живого, неизбежно приходится допустить, что начала жизни в том космосе, какой мы наблюдаем, не было, поскольку не было начала этого космоса. Жизнь вечна постольку, поскольку вечен космос, и передавалась всегда биогенезом. То, что верно для десятков и сотен миллионов лет, протекших от архейской эры до наших дней, верно и для всего бесчисленного хода времени космических периодов истории Земли. Верно и для всей Вселенной» (Вернадский, 1922).

В представлении В.И. Вернадского «земная оболочка, биосфера, обнимающая весь земной шар, имеет резко обособленные размеры; в значительной мере она обуславливается существованием в ней живого вещества — им *заселена*. Между ее косной безжизненной частью, ее косными природными телами и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости *равновесием*. Оно пронизывает всю биосферу, и этот *биогенный ток атомов* в значительной степени ее создает. Так неотделимо и неразрывно биосфера на всем протяжении геологического времени связана с живым заселяющим ее веществом... *Живое вещество биосферы есть совокупность живых организмов, в ней живущих*» (Вернадский, 1991).

Строение биосферы характеризуется существенной физико-химической, геометрической и пространственно-временной разнородностью. Она состоит из живого и косного вещества, разделенных между собой «резкой непроходимой гранью». Масса живого вещества в биосфере едва ли составляет несколько сотых долей процента. И одновременно оно является наиболее мощной геологической силой биосферы, определяющей циклический биогенный ток атомов, в процессе которого выделяется огромная свободная энергия. Процессы деятельности живого вещества происходят в *историческом* времени, превращения неживой природы — в масштабе *геологического* времени.

В современном понимании биосфера — оболочка Земли, заселённая живыми организмами и преобразуемая ими. Она располагается на пересечении верхней части литосферы, нижней части атмосферы и занимает почти всю гидросферу. Ее верхняя граница в атмосфере (15–20 км) определяется озоновым слоем, задерживающим коротковолновое ультрафиолетовое излучение, губительное для живых организмов. Нижняя граница в литосфере (3,5–7,5 км) определяется температурой перехода воды в пар и температурой денатурации белков. Основная масса живых организмов суши обитает в пределах нескольких метров от поверхности земли. Граница биосферы в гидросфере (10–11 км) определяется дном Мирового Океана, включая донные отложения.

Биосфера населена множеством живых организмов. В ней обитает более 3 000 000 видов растений, животных, грибов, бактерий и насекомых. Человек тоже является частью биосферы. «Человечество, как живое вещество, неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки земли — с *ее биосферой*. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту» (Вернадский, 1944) «Человек... не есть случайное, независимое от окружающего (биосферы или ноосферы) свободно действующее природное явление. Он составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течение по крайней мере двух миллиардов лет.» (Вернадский, 1991).

Эволюция биосферы неразрывно связана с эволюцией живого вещества. В ходе геологического времени возрастает степень его влияния (воздействия) на косное вещество биосферы. Одновременно в процессе биологической эволюции происходит изменение самих живых природных тел. Процесс биологической эволюции переносится в природные биокосные и биогенные тела, играющие основную роль в биосфере. «*Эволюция видов переходит в эволюцию биосферы*» (Вернадский, 1991). При этом эволюционный процесс создает новую геологическую силу — «научную мысль социального человечества», — под влиянием которой в сочетании с человеческим трудом происходит эволюция биосферы в ноосферу. «Человеческий разум меняет ход природных процессов в такой же степени, как меняют их и другие известные нам проявления энергии...»

В.И. Вернадский собирался разработать учение о ноосфере более подробно, но не успел этого сделать. В статье «Несколько слов о ноосфере» и посмертно изданных монографиях содержатся условия, необходимые для перехода биосферы в

ноосферу, которые выбраны из этих трудов и опубликованы Ф.Т. Яншиной (Яншина, 1996, Юсфин и др., 2002):

Заселение человеком всей планеты

Резкое преобразование средств связи и обмена между различными странами

Усиление связей, в том числе политических, между всеми государствами Земли.

Преобладание геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере.

Расширение границ биосферы и выход человека в космос.

Освоение новых мощных источников энергии.

Равенство людей всех стран и религий.

Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики.

Свобода научной мысли и научного изыскания от давления религиозных, философских и политических построений и создание в общественном государственном слое условий, благоприятных для свободной научной мысли.

Подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания, голода, нищеты и ослабить влияние болезней.

Разумное преобразование природы Земли с целью сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно растущего человечества

Исключение войн из жизни общества.

К концу прошлого — началу нынешнего столетия, в основном, эти предпосылки были выполнены, либо находились в стадии активной реализации. В частности, «преобладание геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере», то есть, оправдывая прогнозы В.И. Вернадского, человек в настоящее время является главной геологической силой нашей планеты.

1. ТЕХНОСФЕРА — СОВРЕМЕННОЕ ЭВОЛЮЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОСФЕРЫ

В.И. Вернадский не употреблял термины «техногенез» и «техносфера». Они появились уже после смерти ученого. Однако в своем творчестве он вплотную подошел к описанию тех процессов эволюции, которые мы наблюдаем сегодня.

Сопряжение «геометрического» (биологического) и «арифметического» (геохимического) подходов к описанию явлений жизни и эволюции видов положено В.И. Вернадским в основу нового научного направления — биогеохимии, на представлениях которого базируется теория эволюции биосферы. В течение геологического времени «в сложной организованности биосферы происходили в пределах живого вещества только перегруппировки химических элементов, а не коренные изменения их состава и количества — перегруппировки, не отражающиеся на постоянстве и неизменности геологических — в данном случае геохимических — процессов, в которых эти живые вещества принимали участие»

(Вернадский, 1928). К основным факторам биогенной миграции, связанным с веществом живого организма, ученый относил:

генетические свойства живого организма, интенсивность биогенного тока атомов, технику жизни живых организмов, а также изменения в положении атомов вследствие внесения в биосферу новых соединений.

Последний по своему эффекту является наиболее мощным фактором биогенной миграции, который впоследствии был положен А.Е. Ферсманом в основу теории техногенеза (Ферсман, 1958).

Миллиарды лет развивающаяся биосфера в течение последних нескольких тысячелетий подвергалась процессу техногенеза, заключающемся в антропогенном преобразовании окружающей среды с целью создания материальных условий (благ) для развития цивилизации. Переход человека к скотоводству и земледелию вызвал изменение состава растительного покрова, а последующее развитие промышленности и, соответственно, энергетики — к образованию мощных техногенных потоков химических элементов в литосфере, гидросфере и атмосфере. Вся история человечества сопровождается концентрированием одних и рассеиванием других химических элементов в окружающей среде.

Основные потоки техногенных веществ возникают в результате хозяйственной деятельности человека. Отторжение естественных угодий ведет к формированию новых агробиогеоценозов, облик ландшафтов изменяется под влиянием горной и металлургической промышленности. Развитие промышленности приводит к возрастанию энергопотребления и необходимости наращивания энергетических мощностей, требует новых, все более мощных, источников энергии.

Зона техногенеза кратко характеризуется следующим образом (Ермаков, 2003). Её мощность достигает 7,5 км, что практически соответствует нижней границе биосферы в литосфере. Перемещение и переотложение относительно пустых пород в верхней части гидролитосферы в 8,1 раза превышает интенсивность осадкоотложения в фанерозое — 2,3 млрд. т. × год⁻¹. Поступление отходов промышленного и сельскохозяйственного производств, включая удобрения и пестициды, превосходит по массе осадконакопления в фанерозое в 3,2 раза (Тютюнова, 1987) Ежегодно на каждого человека планеты добывается около 20 т полезных ископаемых. Превышение техногенной эмиссии ряда элементов над природной составляет один-два порядка и более (табл. 1). Человек использует более 10 % общего речного стока и около 11 % территории суши (Ковда, 1976). В пределах землепользования существуют участки максимального скопления населения (крупные города), к которым, как правило, привязаны мощные промышленные и энергетические объекты.

Главной чертой минувшего столетия является развитие энергоёмких технологий, что привело к бурному развитию энергетики. В результате антропогенеза был создан ряд веществ (искусственных изотопов и органических соединений), не существующих в природе либо не присущих геохимической среде. Антропогенный фактор привел к определенным изменениям биосферы, как глобальным, например климатическим, так и локальным — появлению новых либо мутации существующих биологических видов. Опыт минувших исследований показал,

что поведение химических элементов техногенного происхождения в окружающей среде коренным образом отличается от их естественных аналогов, что привело к образованию техногенных аномалий (Глазовская, 1988).

К концу прошлого — началу нынешнего столетия прогнозы В.И. Вернадского оправдались: антропогенное преобразование биосферы по своей интенсивности сравнялось, а в некоторых случаях — превышает мощность естественных геологических процессов. Ученый не успел раскрыть до конца понятие ноосферы как сферы разума, но, вероятно, он полагал, что ноосфера — это не только область проникновения в суть природы через ее познание, и не только область деятельности человека во взаимодействии с природой, но и направленная также на ее сохранение. Наверняка он полагал, что человечеству хватит разума бережно относиться к дому, в котором оно живет: «Научное знание, проявляющееся как геологическая сила, создающая ноосферу, не может приводить к результатам, противоречащим тому геологическому процессу, созданием которого она является» (Вернадский, 1991). Мы же сегодня пожираем несущие конструкции своего дома ради необходимой нам жизненной энергии, и, в конечном итоге, продуцируем отходы. В процессе техногенеза сформировался ряд проблем (Соботович, Олыштынский, 1991):

Отравление воздуха, воды и почвы отходами промышленности и сельского хозяйства, отсюда недостаток чистой пресной воды, а, возможно, и кислорода воздуха, отсутствие экологически чистых территорий на Земле.

Недостаток продуктов питания вследствие перенаселения планеты, истощения и эрозии почв.

Истощение минеральных ресурсов и энергетический голод.

Нарушение геологического, геохимического, биологического и климатического равновесий в природе.

Тепловое загрязнение планеты.

Техногенез, движущей силой которого является антропогенный фактор, ведет к трансформации биосферы в техносферу. В процессе эволюции биосферы вследствие антропогенной деятельности наблюдается нарушение одного из основных геохимических принципов — о неизменности биосферы и геохимических циклов химических элементов, сформировавшихся в течение геологического времени. Таким образом, современный период антропогенной эволюции биосферы определяется интенсивным развитием техносферы, которая является промежуточной стадией между биосферой и ноосферой:

Биосфера — ^{техногенез} → *Техносфера* — ^{ноогенез} → *Ноосфера*

Человечество не может существовать без невосполнимых изъятий из природы того, что дает ему энергию. Лозунг Мичурина: «Мы не должны ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача!» понимался слишком буквально. Нужна электроэнергия — построили Днепрогэс, а затем и целый каскад ГЭС на Днепре. Исчерпали Шебелинку «до дна», — уничтожаем черноземы ради угля, руды и т.д. Если развитие техногенеза будет продолжаться в соответствии с этим лозунгом, то человечество приговорено к уничтожению.

Таблиця 1.

Глобальная эмиссия химических элементов (по Ермаков, 2003, Расуна, 1992, Норе, 1994, Mukherjee, 2001)

Элемент	Эмиссия, тыс.т×год ⁻¹		Соотношение, раз
	Природная	Техногенная	
Cd	0,1-3,9	5,6-37,7	9,7-56
Cr	4,5-83	30,5-1310	6,8-16
Cu	2,2-53,8	35,4-1403	16-26
Hg	0,16-4,9	1,6-15	3,1-10
Mn	51,5-582	516-2633	4,5-10
Ni	2,9-56,8	55,7-494	8,7-19
Pb	0,9-23,5	332-1039	44-369
Zn	4,0-86	132-1954	23-33
V	66,1-70	86-138	1,3-2,0
As	1,1-23,5	18,8-111,6	4,7-17
Se	0,4	3,8-76,5	9,5-191
F	2,8-8,8	6,8	2,4

Научная общественность ясно осознала угрозу существования человечества около 40 лет тому назад: в 1970 г. Римский клуб выпустил книгу «Пределы роста». В последние годы уже не только ученые, но и политики забили тревогу по этому поводу.

Основные проблемы человечества — это энергия и отходы. В широком смысле отходы — это все, что является результатом нашей деятельности по производству энергии и ее использованию. Даже если бы мы не имели проблем с производством энергии и производили бы ее в неограниченных количествах, то все равно производили бы отходы в виде теплового загрязнения Земли.

Газ и нефть будут полностью исчерпаны в текущем столетии, уголь — в следующем. При сохранении современной структуры ядерной энергетики запасов урана хватит на 100 лет. Ресурсы энергии больших рек практически исчерпаны, альтернативные источники энергии — солнечная и ветровая, — никогда не смогут скомпенсировать неизбежные потери современных энергетических ресурсов. Альтернативные виды топлива, производимого из рапса или других масличных культур, также не смогут стать заменой нефти и газа.

Уже сейчас значительная часть населения Земли испытывает недостаток в продуктах питания, часть — прямо голодает. Ежегодные потери ресурсов плодородных почв в мире составляет 16 млн. га.

Обращение с отходами — это вторая мировая проблема после энергетической. В настоящее время только в Украине накоплено около 2,5 млрд. т отходов (Національна доповідь, 2005). Уменьшение объемов отходов сопровождается увеличением затрат энергии. Однако уменьшение объемов отходов не может быть беспредельным, сколько бы энергии мы на это не затрачивали. Стало быть,

нужно стремиться пользоваться такими источниками энергии, отходы которых в наименьшей степени влияют на состояние биосферы.

Таким образом, переход от техногенеза к ноогенезу прежде всего определяется глобальным внедрением замкнутого безотходного производственного цикла, а также приведением уже накопленных отходов в состояние, которое вписывается в природные биогеохимические циклы.

Очевидно, назрела необходимость расширения подхода к биогеохимическим исследованиям, которые уже сегодня выходят далеко за пределы изучения влияния живого вещества на формирование химического состава земной коры, и развития нового направления научных исследований — *биогеохимии ноосферы*, изучающей взаимное влияние живого и неживого вещества на формирование химического и ценотического состава биосферы в условиях становления человека как главной геологической силы планеты.

Стратегическим заданием этого направления является определение критериев перехода количественных характеристик в качественные — отражение изменений химического состава зоны аэрации и присущих ей организмов, вызванных развитием техногенеза, — в ценотическом составе биогеоценоза. Глобальная задача современности — это определение пределов емкости биосферы к побочным продуктам техногенной деятельности, ее способности к самоочищению с учетом синергетических эффектов. В будущем — именно это будет определять жизнь Человечества на Земле.

2. КАТАСТРОФИЗМ, КАК ХАРАКТЕРНАЯ ЧЕРТА ТЕХНОГЕНЕЗА

В работе «Научная мысль, как планетарное явление» В.И. Вернадский выдвинул гипотезу об активизации геологических процессов в процессе преобразования биосферы вследствие деятельности живого вещества:

«Эволюция биосферы связана с усилением эволюционного процесса живого вещества.

В истории земной коры наблюдаются критические периоды, в которые геологическая деятельность в самых разнообразных ее проявлениях усиливается в своем темпе. Это усиление, конечно, незаметно в историческом времени и может быть научно отмечено только в масштабе времени геологического.

Можно считать эти периоды *критическими* в истории планеты, и все указывает, что они вызываются глубокими с точки зрения земной коры процессами, по всей видимости, выходящими за ее пределы. Одновременно наблюдается усиление вулканических, орогенических, ледниковых явлений, трансгрессий моря и других геологических процессов, охватывающих большую часть биосферы одновременно на всем ее протяжении. Эволюционный процесс совпадает в своем усилении, в своих самых больших изменениях с этими периодами. В эти периоды создаются важнейшие и крупные изменения структуры живого вещества, что является ярким выражением глубины геологического значения этого пластического отражения живого вещества на происходящие изменения планеты.

Пока это не сделано, мы должны отметить и учитывать, что *процесс эво-*

люции биосферы, переход ее в ноосферу, явно проявляет ускорение темпа геологических процессов (выделено авт.) Тех изменений, которые проявляются сейчас в биосфере в течение немногих тысяч лет в связи с ростом научной мысли и социальной деятельности человечества, не было в истории биосферы раньше» (Вернадский, 1991).

К сожалению, этот тезис не нашел развития ни в этой, ни в последующих работах ученого. Попытаемся проиллюстрировать его, используя статистику землетрясений по материалам Геологической Службы США¹.

С середины XVI столетия (крупнейшее землетрясение в Китае в 1556 г унесло 830 тысяч жертв) до нынешних дней произошло около 1000 землетрясений с магнитудой 6 и более баллов по шкале Рихтера. Известны и более ранние события, относящиеся к периоду до нашей эры, однако авторы решили ограничиться пятивековым периодом, в течение которого велась более или менее достоверная статистика сейсмических событий.

В последние два столетия наблюдается явная тенденция к ежегодному увеличению количества землетрясений, которая особенно остро проявляется на рубеже нынешнего тысячелетия. Лишь в период с января до октября 2011 г. произошло 55 землетрясений с магнитудой свыше 4,1 балла, а 2003 год отмечен рекордным количеством крупных сейсмических событий — 69 землетрясений с магнитудой 6 и более баллов (рис. 1 а).

Однако значительные флуктуации количества сейсмических событий не позволяют четко определить закономерности их проявления, поэтому предложено было использовать интегральный показатель общего количества крупных землетрясений (нарастающим итогом) (рис. 1 б). Каждая точка отвечает общему количеству землетрясений, произошедших в период с 1556 г. до года, соответствующего этой точке.

Экспоненциальная динамика интегрального показателя (рис. 1 б) является очевидным подтверждением тезиса В.И. Вернадского об активизации геологических процессов, связанной с «усилением эволюционного процесса живого вещества», особенно мощно проявляющегося в период техногенеза.

Не менее важным представляется анализ количества жертв вследствие землетрясений (рис. 2). Здесь также применен интегральный показатель: каждая точка характеризует общее количество жертв за период с 1556 г. до года, соответствующего этой точке. По темпам возрастания этот показатель соответствует увеличению населения Земного шара (рис. 3)². Интересно отметить несколько скачкообразных периодов, наблюдаемых на этом графике (см. рис. 2). Первый — относится к середине XIX века и растянут почти на столетие, второй — с начала до середины XX века, третий — 1980-е—2000-е годы. Похоже, что сейчас мы находимся в середине четвертого такого периода. С продвижением по шкале

¹ *US Geological Survey* [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.usgs.gov>.

² Авторы не ставили задачей настоящей работы анализ параметров приведенных экспоненциальных кривых. Графики приводятся с целью иллюстрации идей В.И. Вернадского, которые ученый не успел развить в своих работах.

времени скачкообразные периоды, характеризующиеся интегральным показателем жертв землетрясений, становятся более короткими и стремительными.

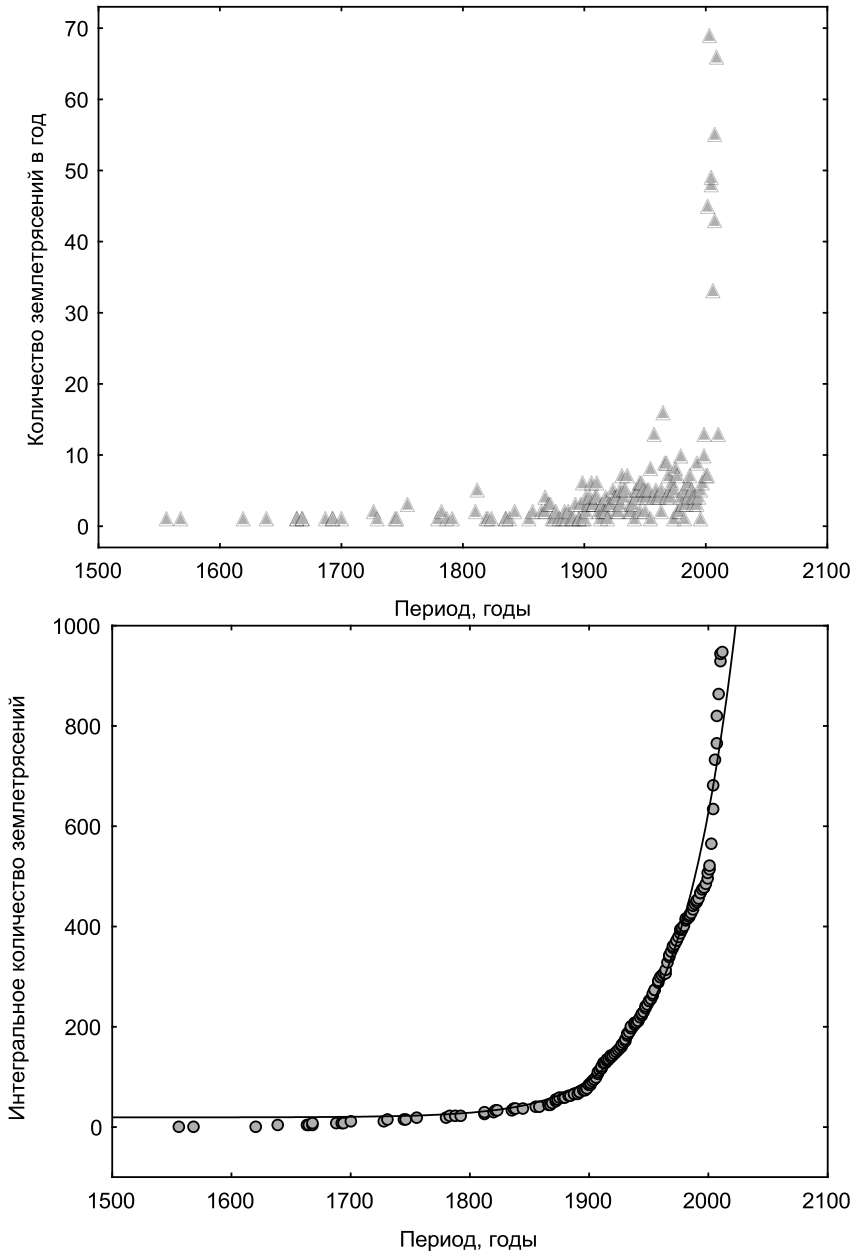


Рис. 1. Удельное (годовое) (а) и интегральное (нарастающим итогом) (б) количество крупных землетрясений с магнитудой 6 и более баллов по шкале Рихтера (построено с использованием базы данных Геологической службы США)

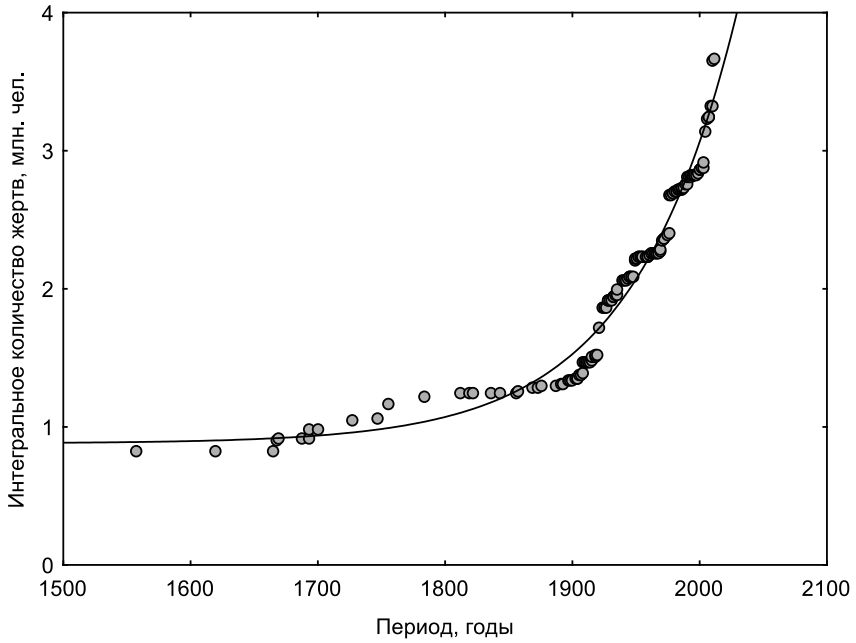


Рис. 2. Интегральное (нарастающим итогом) количество жертв землетрясений (построено с использованием базы данных Геологической службы США).

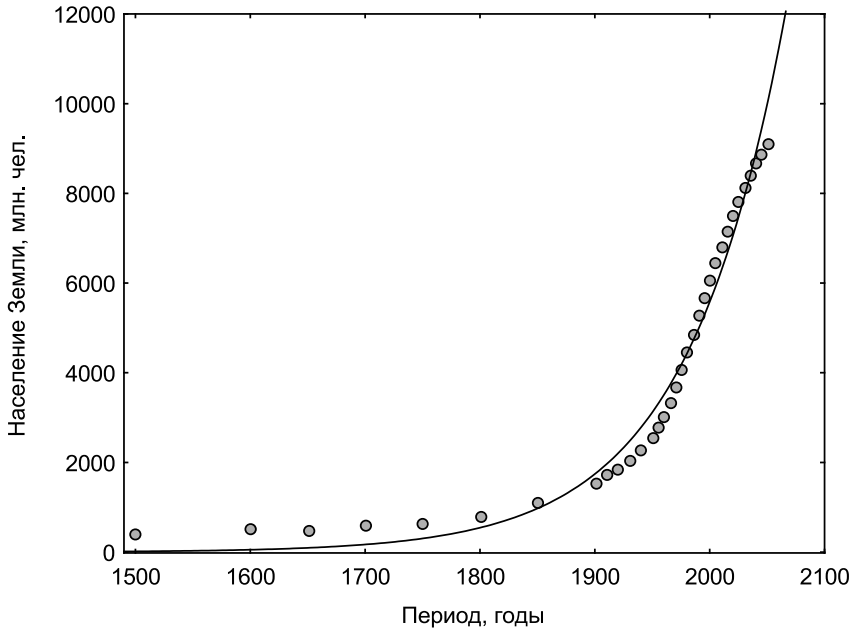


Рис. 3. Динамика изменения населения Земного шара за 500 лет (построено с использованием данных справочника «Everyday»¹).

¹ Онлайн справочник «Everyday» [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.everyday.com.ua

В последние несколько столетий наблюдается также активизация других природных катаклизмов: цунами, тайфуны, торнадо, аномальные температуры и пр. Эти природные явления усугубляются техногенным катастрофизмом.

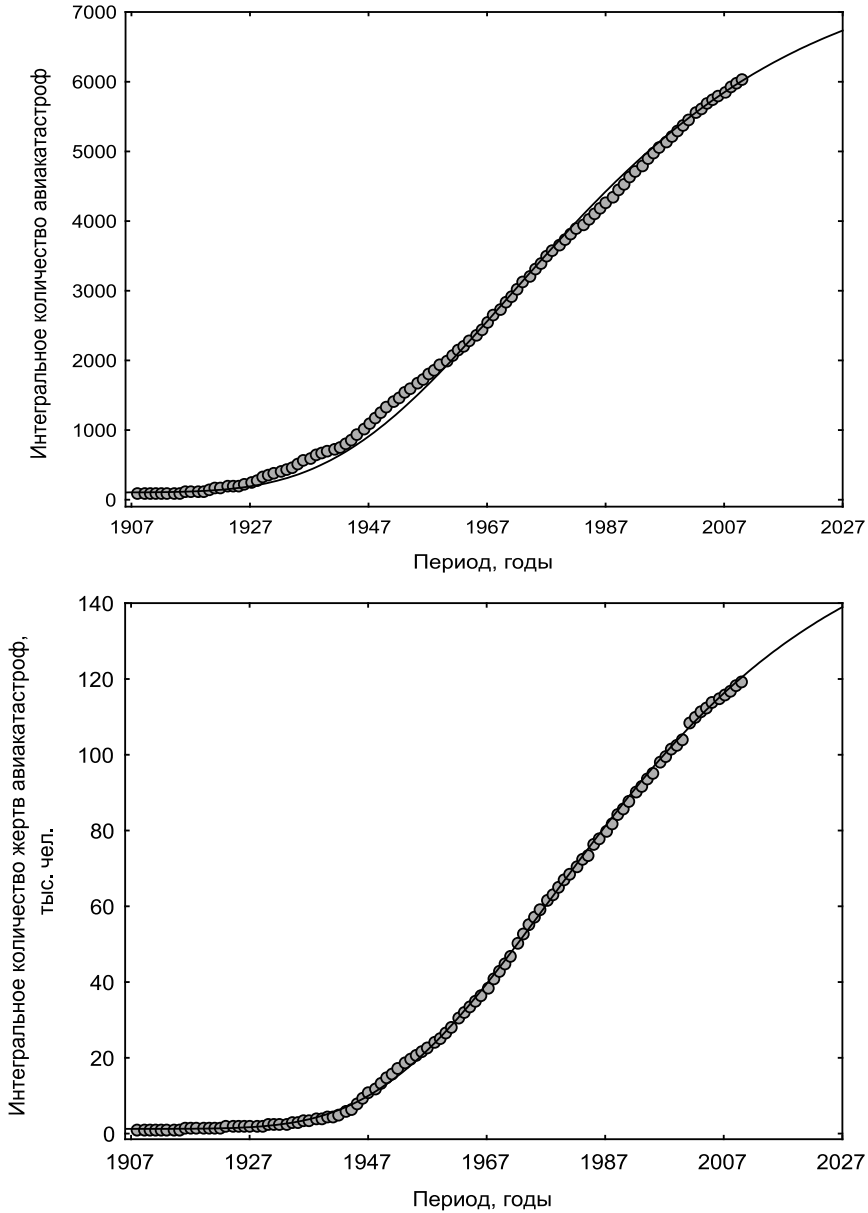


Рис. 4. Динамика интегральных показателей количества авиакатастроф (а) и числа их жертв (б). Построено с использованием базы данных Plane Crash Info¹.

¹ Plane Crash Info [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://planecrashinfo.com/>

Одним из наиболее статистически достоверных типов техногенного катастрофизма являются авиакатастрофы. Интегральные показатели количества авиакатастроф (рис. 4 а) и числа их жертв (рис. 4 б) также характеризуются экспоненциальной динамикой. С начала XX века интенсивно развивается самолетостроение, растут объемы пассажирских перевозок и экспоненциально возрастает как общее количество авиакатастроф, так и число погибших. Весьма оптимистично выглядит наблюдаемое в настоящее время выполаживание интегральных кривых, что свидетельствует о снижении темпов авиакатастрофизма и, вероятно, связано с техническим совершенствованием в области безопасности полетов.

3. ОЦЕНКА ТЕМПОВ ТЕХНОГЕНЕЗА ПО РАЗВИТИЮ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Одной из главных современных проблем человечества, как упоминалось выше, является энергетическая. Интенсивность техногенеза весьма предстательно иллюстрируется развитием энергетической отрасли, а в последние 60 лет — наращиванием мощностей ядерной энергетики (рис. 5).

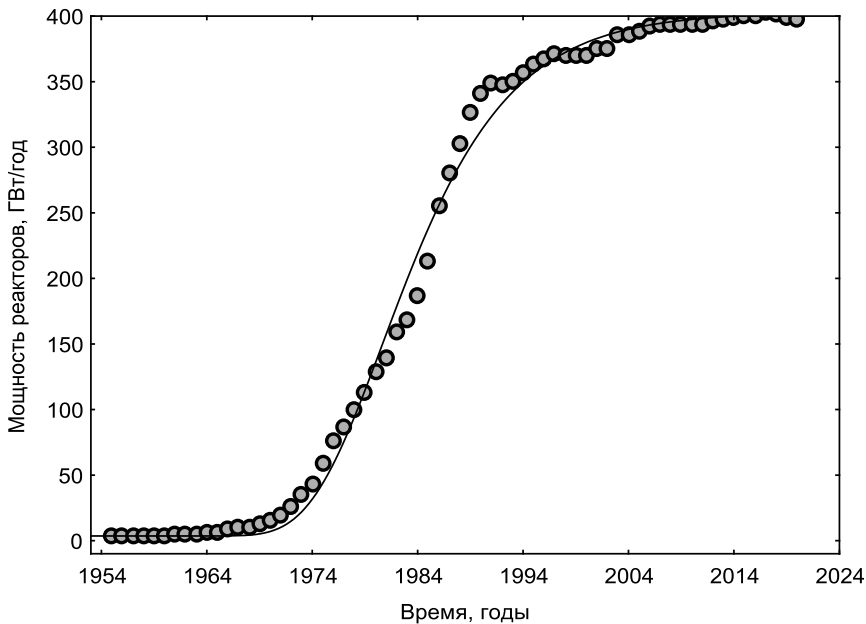


Рис. 5. Развитие ядерной энергетики мира

По данным Всемирной ядерной ассоциации¹ в начале 2011 г в мире функционировало 441 ядерных энергоблоков общей мощностью 371 ГВт(эл.)×год⁻¹, что составляет около 17% мирового производства электроэнергии. Ведущее место по

¹ World Nuclear Association: Nuclear Database [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org>.

использованию ядерной энергии занимают Франция (75%), Украина (48%), Швеция (47%), Южная Корея (43%).

Экспоненциальное наращивание мощностей ядерной энергетики в 1970–2000 гг. существенно замедляется в начале третьего тысячелетия, что свидетельствует об истощении возможностей современных технологий для удовлетворения мировых потребностей в энергии (рис. 5). С одной стороны наращивание мощностей за счет количества ядерных реакторов лимитируется социально-экологическими и экономическими факторами. С другой — как самый первый реактор в Обнинске в 1954 г., так наиболее современные строящиеся, которые планируется ввести в эксплуатацию до 2019 г. основываются на одном и том же процессе деления ядер тяжелых элементов. Форма кривой вполне соответствует законам диалектики, современным представлениям о развитии общества и фактически представляет собой линейную развертку витка спирали развития (Абдеев, 1994).

Выполаживание кривой развития ядерной энергетики в начале третьего тысячелетия ведет к выводу, что дальнейшее развитие ядерной отрасли в паритете с возрастающей потребностью в энергии возможно лишь при условии «технологического скачка».

Возможно, такой «скачок» будет сделан с введением в эксплуатацию реакторов IV поколения. Но в этом случае изменяются, главным образом, конструкционные особенности, а процесс, даже основанный на ториевом топливе, остается тот же. Вполне вероятно, что таким скачком может стать реализация проекта ИТЕР — международного экспериментального термоядерного реактора, который планируется запустить в 2019 г.

Интересно отметить, что крупнейшие ядерные аварии в Три-Майл Айленд (1979) и Чернобыле (1986) с разрушением активной зоны не привели к изменению темпов развития ядерной энергетики. Это дает основания полагать, что и катастрофа в Фукусиме (2011) существенно не изменит положение дел. Все эти аварии развивались по одному сценарию: перегрев активной зоны — образование и взрыв водорода — неконтролируемая ядерная реакция — расплавление активной зоны (мелтдаун). И лишь конструкционные особенности аварийных реакторов определяли экологические последствия аварий.

Тем не менее, Чернобыльская катастрофа кардинальным образом изменила отношение к ядерной энергетике в целом. Под давлением общественности, а также в связи с конструкционными недостатками, в мире было законсервировано строительство 55 блоков общей мощностью около 50 ГВт, в том числе в США — 19, Украине — 10 (сюда относятся также 5 и 6 блоки ЧАЭС), России — 8. Австрия, Беларусь, Куба, Италия, Северная Корея, Польша, Филиппины отказались от размещения объектов ядерной энергетики на своей территории и законсервировали начатое строительство АЭС.

Если системно рассмотреть влияние на биосферу всех ныне известных источников энергии (имеются в виду те, которые обеспечивают получение необходимого количества энергии), то, как ни парадоксально это звучит после Чернобыля, наиболее приемлема — ядерная энергетика.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями ядерного топливного цикла сравнительно малы, и, главным образом, связаны с добычей и переработкой минерального сырья. На много порядков больше объемы выбросов химических загрязнителей в процессе штатной эксплуатации тепловых электростанций: оксидов углерода, азота, серы и других веществ, многие из которых являются канцерогенами. С этим связаны экологические проблемы как региональные — ухудшение здоровья населения урбанизированных территорий, так и глобальные — изменение климата в результате парникового эффекта.

Атомная отрасль, занимающая второе место по потреблению воды, по объему загрязнения гидросферы сбросами сточных вод — занимает одно из последних мест.

Масштабы техногенного нарушения земель в атомной отрасли в результате разработки месторождений и переработки урановых руд — на порядок меньше, чем в любой другой топливно-энергетической отрасли.

Воздействие предприятий ядерного топливного цикла на окружающую среду, как правило, отождествляют с радиационным воздействием, противопоставляя ядерную энергетику другим топливно-энергетическим отраслям. Однако, радиационное воздействие вообще свойственно многим сферам деятельности, а угольная энергетика, в частности, оказывает несравненно большее радиационное воздействие на окружающую среду, чем ядерная. Рассчитанный нами по данным (Коваленко, Рудя, 2001) суммарный выброс нормируемых радионуклидов АЭС Украины составляет $(1,45-10,3) \times 10^{10}$, ТЭС — $(1,5-8,0) \times 10^{11}$ Бк \times год $^{-1}$. Причем в выбросах ТЭС преобладают долгоживущие изотопы U-Th рядов.

Деятельность предприятий ядерной энергетики как в Украине, так и в мире несравненно более строго регламентируется и контролируется, чем деятельность во всех других сферах (вероятно, только военная отрасль в этом отношении может сравниться с ядерно-энергетической).

История атомной энергетики в Украине начинается со строительства первого блока Чернобыльской АЭС с ядерным реактором РБМК-1000, который был сдан в эксплуатацию в сентябре 1977 г. В настоящее время на четырех действующих АЭС Украины эксплуатируется 15 блоков общей мощностью 13,8 ГВт (эл.) \times год $^{-1}$.

Энергетической стратегией Украины на период до 2030 г. (Энергетична стратегія, 2006) предусмотрено доведение мощности АЭС до 29,5 ГВт в результате строительства 10 новых и заменой 9 эксплуатируемых в настоящее время энергоблоков. При этом планируется строить ВВЭР того же (возможно несколько улучшенного) типа, что и ныне работающие. Предполагается создание собственного уранового топливного цикла и увеличение добычи урана. В Украине запасов ^{235}U достаточно для внутреннего использования в течение не менее 100 лет. При использовании быстрых реакторов четвертого поколения запасов ^{238}U может хватить на тысячелетия. При условии освоения ториевого цикла запасов тория в Украине (в несколько раз больше, чем урана) может хватить на многие тысячелетия. Ориентация на использование бесперспективных реакторов уходящего поколения не сулит привлекательного будущего ни ядерной энергетике, ни

экономике Украины (Патон та ін., 2010). Динамика развития ядерной энергетики мира (см. рис. 5), представленной в преобладающем большинстве легководными реакторами различных типов, свидетельствует, что такой путь развития ядерно-энергетической отрасли Украины является тупиковым.

При оценке возможных альтернатив ядерной энергетике во главу угла обычно ставят радиационное воздействие на живую природу и человека. При этом практически нет каких-либо аргументов, подтверждающих негативные последствия радиационного воздействия объектов ядерной энергетики на живое вещество, кроме последствий крупных аварий, таких, как авария на ЧАЭС 1986 года. Нисколько не умаляя трагических масштабов Чернобыльской катастрофы, проведем следующее сравнение. Вследствие облучения полностью погибло около 100 га лесонасаждений, тогда как на порядок больше ежегодно гибнет вследствие лесных пожаров. Результаты эколого-геохимических и биогеохимических исследований свидетельствуют о полном восстановлении за 20-25 лет экосистем Чернобыльской зоны отчуждения, подвергнутых летальным и сублетальным уровням облучения. Ежегодно вследствие воздействия техногенных и неблагоприятных естественных факторов гибнет около 10 тыс. га лесных насаждений (Національна доповідь, 2005). Только в Житомирской области около 15 тыс. га заповедных дубрав в настоящее время находится в стадии усыхания вследствие химического загрязнения.

Одним из альтернативных (возобновляемых) источников энергии часто называют ветровую энергетику. Одному из авторов этой работы в 2009 г. довелось побывать в устье р. Эйдер (Германия), впадающей в Северное море. По правому (северному) берегу расположен заповедник с типичными представителями северной флоры и фауны, по левому — насколько простирается взгляд — «долина» ветряков. Поражает разительный контраст между экосистемами двух противоположных берегов: под ветряками растительность представлена лишь редкой пожухлой травой. Сразу вспоминаешь слова: «Здесь птицы не поют, деревья не растут...». В качестве причин называют генерируемый шум, инфразвук, магнитное поле и т. п. Согласно статистике, лопасти каждой установленной турбины являются причиной гибели не менее 4 особей птиц в год. Однако до сих пор достоверной оценки экологической безопасности ветровой энергетики не существует.

Наиболее деликатный вопрос — о человеческих жертвах и рисках, как аргументах за и против ядерной энергетики. Преклоняясь пред памятью погибших при ликвидации Чернобыльской катастрофы и умерших от радиоактивного облучения в последующие годы, вспомним о неумолимой статистике жертв угольной отрасли...

Ядерная энергетика становится приоритетным сектором экономики Украины. Следует предусмотреть диверсификацию ядерных технологий, отдавая предпочтение тем, которые допускают эволюционный переход к технологиям четвертого поколения. Это даст возможность до 2030 г. заложить основы развития в нашей стране двухуровневой ядерной энергетики, когда энергетические реакторы работают в сопряжении с реакторами-трансмутаторами, обеспечивающими вы-

жигание нежелательных изотопов (Патон та ін., 2008), и, вероятно, может стать начальной фазой ноогенеза в энергетической отрасли.

4. ИНТЕНСИВНОСТЬ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ВЕЩЕСТВА ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Как показано выше, наиболее характерной чертой техносферы является катастрофизм. 26 апреля 2011 г. исполнилось четверть века со дня крупнейшей техногенной катастрофы на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС. Эта глобальная трагедия привела к загрязнению искусственными радионуклидами около 1,5 млн. км² земного шара, практически полностью охватив Европу; радиоактивные выпадения достигли Великой Британии, Японии, Арктики и Средиземноморья. В результате аварии из реактора было выброшено свыше $3 \cdot 10^{18}$ Бк радионуклидов, половина из которых приходится на благородные газы, до $4 \cdot 10^{17}$ — ^{131}I , $7 \cdot 10^{16}$ — ^{137}Cs , $7 \cdot 10^{15}$ — ^{90}Sr (Чернобыльская катастрофа, 1995).

По официальным данным во второй половине XX века за время «холодной войны» на пяти ядерных полигонах — Невада (США), Новая Земля (Россия), Семипалатинск (Казахстан), атолл Муруроа (Франция), Лобнор (Китай) — была произведена большая часть из 2059 ядерных взрывов, в результате которых в окружающую среду поступило $9,5 \cdot 10^{17}$ ^{137}Cs , $5,8 \cdot 10^{17}$ ^{90}Sr , $5,6 \cdot 10^{18}$ ^{131}I (Булатов, 1996).

Следует отметить, что оценки выброса радиоактивности как вследствие Чернобыльской катастрофы, так и глобальных выпадений весьма различаются (до 10 раз). Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что выброс радионуклидов вследствие Чернобыльской катастрофы составляет приблизительно десятую часть глобальных выпадений вследствие ядерных испытаний почти за 40 лет в течение 1945-1981 гг. (Последнее ядерное испытание было проведено КНДР в мае 2009 г.)

Вследствие Чернобыльской катастрофы образовалась локальная зона, объединившая в себе наиболее характерные черты техносферы, в том числе обострение главной проблемы современного периода — емкости биосферы к побочным продуктам человеческой деятельности, ее буферных, защитных свойств в условиях техногенеза.

Авария привела к радиоактивному загрязнению огромной территории: более 145 тысяч квадратных километров территории Украины, Республики Беларусь и Российской Федерации, плотность загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr которой превышает $37 \text{ кБк} \times \text{м}^{-2}$.

По уникальности структуры: пространственной, временной, профессионально-возрастной, а также по сочетанию внешнего и внутреннего облучения, Чернобыльская катастрофа не имеет аналогов во всей истории техногенных катастроф. Пострадало около 5 миллионов человек, загрязнению радиоактивными нуклидами подверглись около 5 тысяч населенных пунктов Республики Беларусь, Украины и Российской Федерации. Из них в Украине — 2218 поселков и городов с

населением около 2,4 млн. человек. Чернобыльская авария привела к беспрецедентному облучению населения вышеназванных стран.

В результате аварии образовалось огромное количество радиоактивных отходов (РАО). По состоянию на 2010 г. их общее количество в Зоне отчуждения (без объекта «Укрытие») составляет около 2,8 млн. м³. В том числе в пунктах захоронения и временной локализации РАО находится свыше 1,94 млн. м³ отходов с общей активностью около $7,25 \times 10^{15}$ Бк. Общая активность радиоактивных веществ в природных объектах Зоны отчуждения (поверхностные слои почвы, донные отложения водоемов, растительность и т.п.) составляет более $8,50 \times 10^{15}$ Бк. Общая активность радионуклидов, находящихся в объекте «Укрытие» составляет примерно $4,8 \times 10^{17}$ Бк (25 років Чорнобильської катастрофи, 2011).

Главной особенностью Чернобыльской аварии является сравнительно короткий во времени «импульсный» выброс, что оказалось особенно ценным для исследователей, поскольку с выбросом образовался искусственный временной маркер, используя который, можно оценить скорость последующих процессов. Объективность полученных результатов и возможность их обобщения для широкого спектра техногенных загрязнителей определяется фиксированной датой выпадений, чисто техногенной компонентой загрязнения, высокой чувствительностью радиометрических методов измерения, широким разнообразием ландшафтно-геохимических условий Украинского Полесья.

В классической отечественной теории геохимии ландшафтов самоочищение рассматривается как естественное разрушение загрязнителя в среде в результате природных физических, химических и биологических процессов (Реймерс, 1992) либо как элемент вторичной устойчивой необратимой техногенной трансформации ландшафта, связанный с выносом мобильных в данной обстановке техногенных веществ за его пределы (Глазовская, 1998). Аналогичный подход принят Международной организацией по стандартизации с введением терминов *естественное истощение* (*natural attenuation*) и *естественная биоремедиация* (*intrinsic bioremediation*), объединяющих все естественные процессы, включая химические, физические и биологические, ведущие к уменьшению концентрации загрязнителя в почвах или грунтовых водах (Soil quality, 1999).

Наиболее опасными в медико-биологическом отношении дозообразующими радионуклидами являются ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Единственным процессом, приводящим к полному выведению радионуклида из экосистемы, является радиоактивный распад. Поэтому естественно использовать скорость физического распада этих радионуклидов в качестве основного критерия оценки процессов самоочищения. Многолетняя динамика дозовых нагрузок на сельское население Украины свидетельствует о значительном (на порядок) превышении темпов снижения дозовых нагрузок по сравнению со скоростью физического распада дозообразующих радионуклидов (рис. 6).

Рацион сельского населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, в значительной степени состоит из продуктов питания местного производства (картофель, молоко). В формировании современных доз облучения

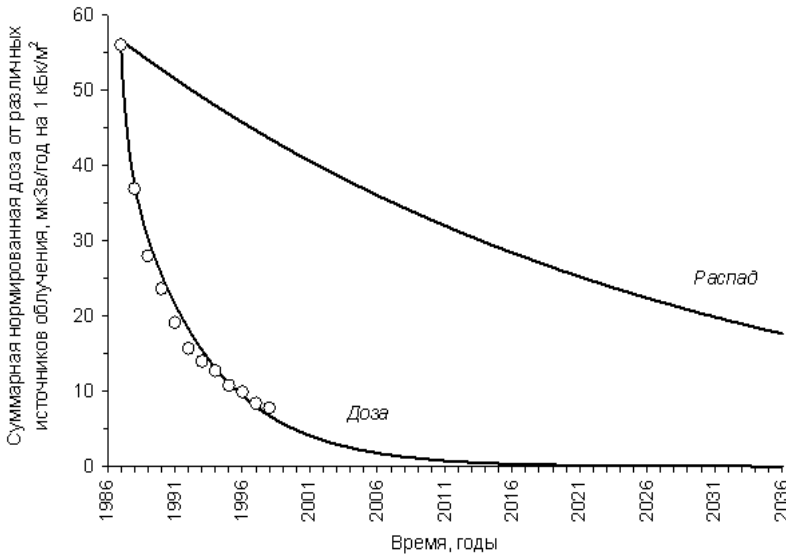


Рис. 6. Темпы снижения дозовых нагрузок на сельское население Украины: D — суммарная (от различных источников) нормированная годовая доза облучения, $\text{мкЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ на $1 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$; точками обозначены экспериментально-расчетные данные (Ретроспективні прогнози дози, 1998); верхняя кривая отражает динамику распада дозообразующих радионуклидов.

пероральное поступление радионуклидов играет ведущую роль: при значительном уменьшении годовых доз доля, приходящаяся на облучение, обусловленное пероральным поступлением, уже в 1988 г. возросла до 80 % (рис. 7). Это определяет исключительную роль трофического звена «почва–растение» в формировании дозовых нагрузок и дает основания для концептуального пересмотра понятия самоочищения экосистемы. Таким образом, с точки зрения экологической безопасности *самоочищение экосистемы* включает все те природные процессы, которые приводят к выведению загрязнителя за пределы трофической цепи. В отличие от представлений, сложившихся в геохимии, ведущую роль в самоочищении экосистем играют процессы пролонгированной фиксации загрязнителя в почвенном поглощающем комплексе, не обязательно сопровождающиеся его разрушением либо выведением за пределы ландшафта. Следовательно, изучение процессов биогенной миграции радионуклидов в экосистемах загрязненных территорий, приобретает особое значение.

После выпадения на земную поверхность радионуклиды включаются в процессы абиогенной трансформации, ведущие к образованию наиболее доступных для растительности мобильных (водорастворимых и обменных) форм (рис. 8). В процессе корневого питания в области ризосферы (около 1 мм вокруг корня растения) создается кислая среда (по некоторым данным pH достигает 3 и даже 1) (Natural Remediation of Environmental Contaminants, 2000).

Ризосфера — это зона диаметром около 1 мм (по некоторым данным — до 10 мм), не имеющая различительной кромки, вокруг сосущих корней раститель-



Рис. 7. Доля перорального поступления радионуклидов в формировании суммарной дозы облучения сельского населения Украины: рассчитано по данным И.А. Лихтарева и др. (Ретроспективні прогнози дози, 1998).

ности, в которой биологические и химические процессы определяются влиянием корневой системы. В этой зоне активизированы биохимические реакции между растительностью, почвенными микроорганизмами и, собственно, почвой. Биологическая и химическая активность в этой зоне активируется соединениями, выделяемыми корнями и микроорганизмами, питающимися этими соединениями. Корни растений и ассоциированные с ними биопленки (микроорганизмов) могут глубоко влиять на химические свойства почвы, включая pH и трансформацию азотных соединений. В процессе роста корней происходит выделение водорастворимых веществ (аминокислот, сахаров, органических кислот и пр.), обеспечивающих пищу микроорганизмам, что способствует значительно более высокой биологической активности микроорганизмов в зоне ризосферы, чем за ее пределами. С другой стороны, микроорганизмы обеспечивают питательную среду для корневого питания растений. Процессы водообмена и взаимного влияния корневой системы растений и связанных с ней микроорганизмов до сих пор изучены весьма поверхностно. Полученные к настоящему времени данные позволяют предположить наличие достаточно мощного биохимического барьера в зоне ризосферы (Lynch, 1990, Soil biological fertility, 2003).

Учитывая химические процессы, происходящие в ризосфере, в ряде работ (Горбунов, 1974, Ильин, 1991, Кураева, 1996) кислоторастворимые (0.1 М HCl) формы отнесены к подвижным, доступным для растительности. При таких значениях pH большинство тяжелых металлов, содержащихся в области ризосферы, вместе с питательными веществами достаточно быстро аккумулируются растением. Дальнейшие процессы биоаккумуляции загрязнителей определяются скоростью образования и транспорта мобильной формы в область ризосферы. Посколь-

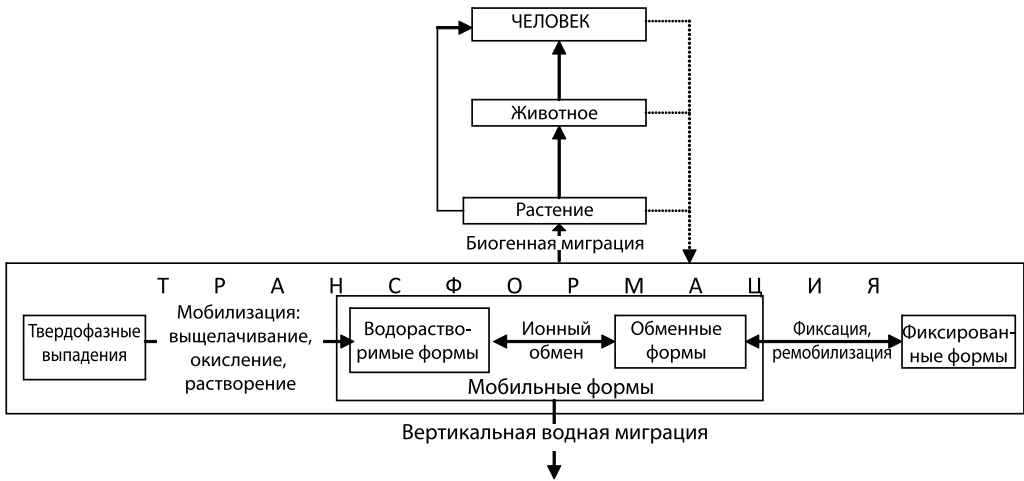


Рис. 8. Биогенные и абиогенные процессы трансформации и миграции радионуклидов

ку эта стадия является наиболее медленной, именно она определяет скорость всего миграционного цикла.

Для оценки интенсивности биогеохимического потока, представляющего собой количество вещества, проходящего за единицу времени через единицу площади условной границы раздела между биотической и абиотической составляющими экосистемы, был применен балансовый подход. В основу этого подхода положен анализ временной динамики геохимического коэффициента перехода (*ГКП*) техногенных радионуклидов, представляющего собой отношение содержания загрязнителя в растительности, собранной с 1 м² почвы (Ψ_p) к плотности загрязнения этой площади:

$$ГКП = \frac{\Psi_p [Бк \times м^{-2}]}{\Psi_n [Бк \times м^{-2}]}$$

Характеризуя поток загрязнителя на основе балансовых расчетов, эта величина автоматически учитывает продуктивность биомассы. Абсолютные значения *ГКП* радионуклидов в луговых экосистемах радиоактивно загрязненных территорий Киевского и Житомирского полесья находятся в пределах $n \times (10^{-5} - 10^{-3})$, что свидетельствует о незначительном выносе радионуклидов биогеохимическим потоком (рис. 9).

Значения *ГКП* ¹³⁷Cs возрастают с приростом биомассы и ухудшения условий дренирования для ряда почв: дерново-слабо- и среднеподзолистые супесчаные и суглинистые, торфяно- и дерново-глеевые, лугово-болотные. *ГКП* ⁹⁰Sr возрастает в обратном ряду. В этом же ряду возрастают значения отношения *ГКП* ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs от 0.23 до 25.5.

Очевидно, что интенсивность биогеохимического потока загрязнителя обратно пропорциональна скорости самоочищения экосистемы. Скорость самоочи-

щения начального звена трофической цепи в сухих лугах на дерново-подзолистых почвах в 14 раз превышает скорость физического распада ^{137}Cs , на переувлажненных лугово-болотных почвах — в 5 раз меньше (Долин и др., 2004). Для ^{90}Sr характерны противоположные тенденции. Скорость самоочистения несколько уменьшается в ряду от переувлажненных до сухих лугов.

Особый интерес вызывают противоположные тенденции в направлениях интенсивности биогеохимического потока ^{137}Cs и ^{90}Sr . Геохимический коэффициент перехода опосредованно учитывает фактор продуктивности биомассы, которая возрастает в типологическом ряду от сухих лугов на дерново-подзолистых почвах до пойменной растительности. То есть, если интенсивность биогенного потока ^{90}Sr уменьшается на порядок, то это нивелирует значение фактора продуктивности биомассы. И наоборот, увеличение в упомянутом направлении интенсивности биогеохимического потока ^{137}Cs и прироста биомассы вызывает аддитивный эффект его биологического поглощения, что наблюдается в пойменных биогеоценозах (рис. 10).

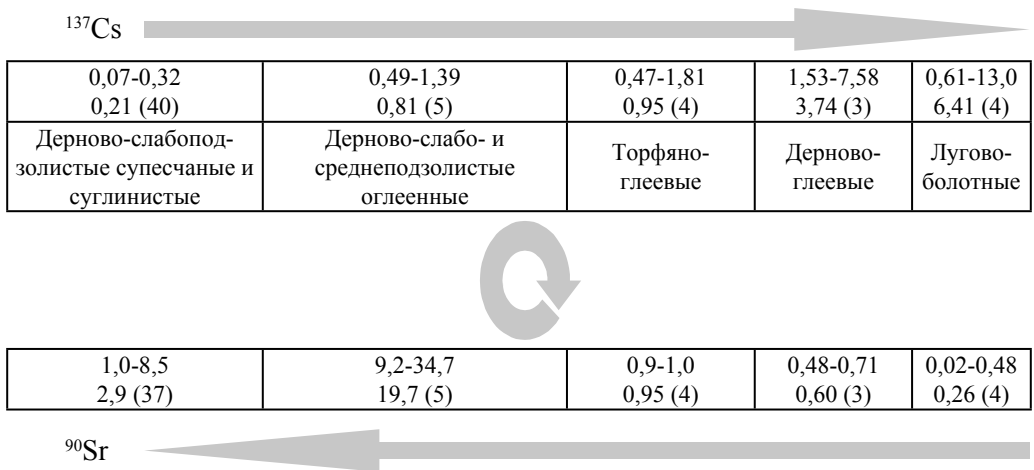


Рис. 9. Геохимический коэффициент перехода радионуклидов в луговых экосистемах Украинского Полесья: значения $ГКП$: $n \times 10^{-3}$; над чертой приведены предельные значения, под чертой — среднее арифметическое, в скобках — количество точек наблюдения.

По мере установления изотопного равновесия происходит «разбавление» нуклида в массе его стабильного (природного) аналога. Вследствие этого процессы поглощения радионуклидов и их природных аналогов со временем должны постепенно уравниваться. Стронций значительно активнее в малом биологическом кругообороте, чем цезий, соответственно, установление изотопного равновесия для него значительно ускоряется.

Вероятно, чем больше природного изотопа в почве, тем больше скорость «разбавления», и, соответственно, ниже скорость миграции искусственного изотопа в трофическую цепь. Содержание стронция и цезия в почвах геохимически сопряженных ландшафтов характеризуется закономерным уменьшением в на-

правлении от эллювиальных до аккумулятивных разностей. Относительно эллювиальных ландшафтов содержание цезия в почвах низших гипсометрических уровней увеличивается в 2,5, а стронция — в 8–22 раза. То есть, микроэлементный состав пойменных почв способствует уменьшению интенсивности биологического поглощения ^{90}Sr .

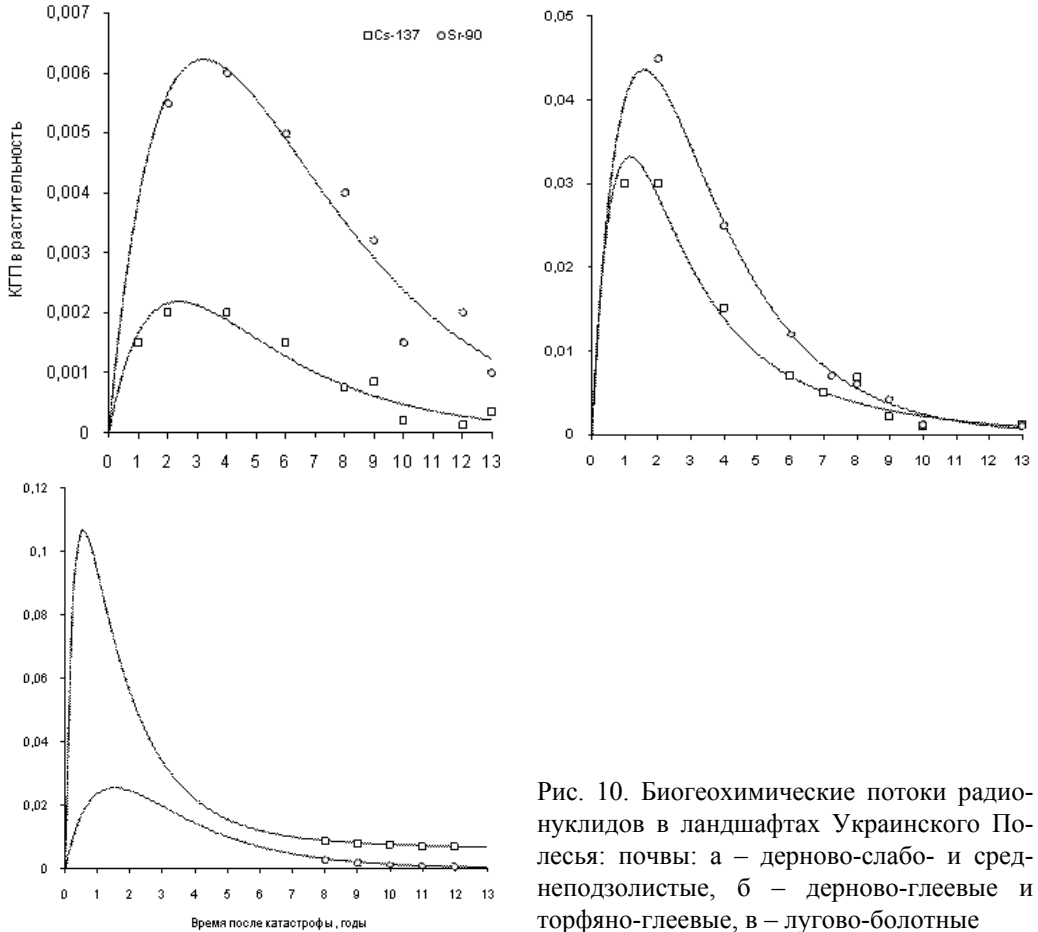


Рис. 10. Биогеохимические потоки радионуклидов в ландшафтах Украинского Полесья: почвы: а – дерново-слабо- и среднеподзолистые, б – дерново-глеевые и торфяно-глеевые, в – лугово-болотные

Биогеохимические потоки радионуклидов в лесных биогеоценозах характеризуются значительно более сложными закономерностями, что связано с многоярусным строением экосистемы, различными временными периодами, биологическими особенностями жизненных циклов растительности и т.п. Основная часть ^{137}Cs (82–97 %) в лесоболотных экосистемах Украинского Полесья содержится в минеральных слоях почвы и лесной подстилке, 0,3–16 % — в моховом, менее 0,002 % — в лишайниковом, 0,05–0,5 — в травяном и кустарниковом ярусах, 0,01–0,05 % — в ярусе микромицетов, 0,3–5 % — в древесном ярусе (Орлов, Долін, 2010). По усредненным для различных эдафотопов значениям балансового распределения ^{137}Cs в экосистемах сосны обыкновенной в ближней зоне ЧАЭС (Янов, Новошепеличи,

Толстый Лес, Копачи) около 13,5 % включено в процессы биогеохимической миграции (современный опад и древесное покрытие), более 85 % иммобилизовано в почве и разложившихся слоях лесной подстилки. В современные биогеохимические циклы в экосистеме сосны включено менее 3 % ^{241}Am (рис. 11).

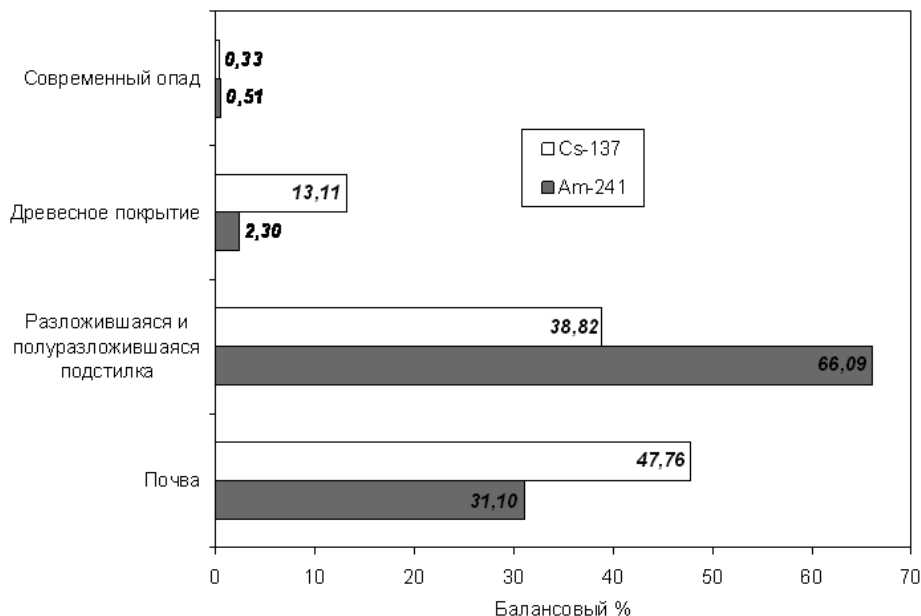


Рис. 11. Усредненные показатели балансового распределения ^{137}Cs и ^{241}Am в экосистеме сосны (*Pinus silvestris* L.) ближней зоны ЧАЭС

В процессе горения графитовой кладки аварийного энергоблока в составе аэрозолей горячих частиц и в виде газовой эмиссии было выброшено около $1,12 \times 10^{14}$ Бк радиоуглерода. В биотических ярусах сосновой экосистемы (включая разложившиеся слои подстилки) содержится около 95 % углерода, в том числе 75 % — в древесном ярусе. Балансовое распределение радиоуглерода аварийного выброса и глобальных выпадений существенно отличается. Биотические компоненты биогеоценоза обеднены радиоуглеродом глобальных выпадений: в древесном ярусе содержится менее 55 % глобального ^{14}C . Радиоуглерод аварийного выброса ЧАЭС значительно менее биодоступен: менее 30 % его содержится в древесном ярусе и до 30 % — в минеральных слоях почвы в виде горячих частиц (рис. 12). В подстилке различной степени разложения ^{14}C аварийных выпадений представлен преимущественно твердофазными выпадениями, разлагающимися в окислительных условиях при температуре свыше 900°C . Цикличность современной эмиссии $^{14}\text{CO}_2$ в экосистеме сосны ближней зоны ЧАЭС ограничена нижними ярусами лесного биогеоценоза (почва-подстилка-мох). Современное поступление ^{14}C в биотические ярусы определяется процессами корневого питания.

Вышеизложенные результаты многолетних исследований перераспреде-

ления радионуклидов в экосистемах Чернобыльской зоны отчуждения свидетельствуют о невысокой интенсивности биогеохимических потоков веществ техногенного происхождения, что обусловлено химическими свойствами форм их выпадения на земную поверхность и барьерными свойствами зоны аэрации. Совпадение динамики абиогенного формообразования искусственных радионуклидов в сухопутных и водных экосистемах (*Геохимия техногенных радионуклидов*, 2002) свидетельствует о едином геохимическом механизме миграции техногенных веществ в биосфере. Темпы самоочищения радиоактивно загрязненных экосистем (выведения радионуклидов за пределы трофической цепи) на порядок превышают скорость радиоактивного распада дозообразующих изотопов, что отражается в динамике дозовых нагрузок на сельское население Украины.

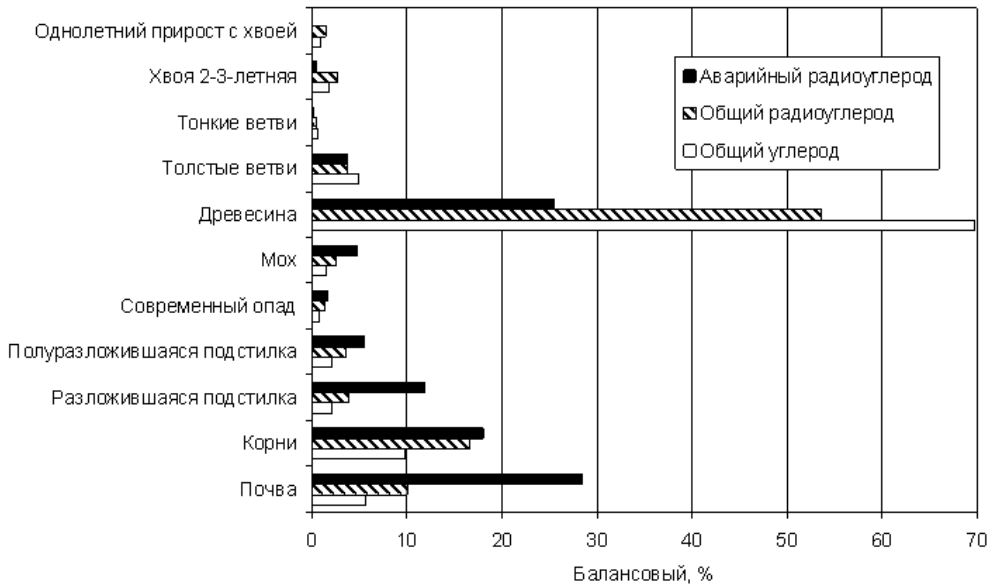


Рис. 12. Баланс изотопов углерода в экосистеме сосны ближней зоны ЧАЭС

Восстановление радиоактивно загрязненных экосистем в условиях снятия антропогенного пресса происходит значительно быстрее и глубже, чем техногенное преобразование этой территории в прошлом. Природное восстановление болотных ландшафтов сопровождается увеличением биоразнообразия.

В зоне летального поражения лиственные породы полностью восстановили свое состояние. На месте погибших насаждений образовались типичные группировки вырубки-пожарища. В зоне сублетального поражения сосны сохранились на 20-85%. По большей части здесь началось формирование самосевных популяций лиственных пород. Уцелевшие редкие экземпляры сосны имеют широкую крону, не характерную для деревьев, произрастающих в насаждениях. В последние годы на границе «Рыжего леса» между материнскими деревьями появился неравномерный самосев сосны (Бідна, 2000).

Исследования растительного покрова Зоны отчуждения, проведенные после Чернобыльской аварии, продемонстрировали значительную видовую насыщенность фитоценозов. Наблюдается увеличение флоры сосудистых растений примерно на 10%. В Зоне отчуждения успешно развиваются популяции сосудистых растений, внесенных в «Червону книгу України» (2009) (Автори реабілітаційні процеси в екосистемах, 2001). В зоне безусловного отселения Житомирской области обнаружено более 40 видов, внесенных в «Червону книгу України» (2009), выявлено 16 новых для Житомирской области видов лишайников и лишенофильных грибов (Федоренко та ін., 2006).

Как для растительного, так и для животного мира радиоактивное загрязнение не привело к сколько-нибудь заметным негативным последствиям для видового разнообразия. В то же время ограничение антропогенной деятельности стало мощным фактором увеличения не только численности видов, но и их популяций. В настоящее время в Зоне отчуждения численность популяций крупных промысловых копытных — лося, дикого кабана и косули европейской многократно превосходит доаварийные показатели. Аналогичная картина наблюдается и для зайца-русака, мышевидных грызунов, что, в свою очередь привело к увеличению численности популяций хищников, в частности волка, лисицы, рыси европейской, для которых кормовая база также значительно больше доаварийной. В последние годы с севера — из Белорусского Полесья — практически вплотную к Зоне отчуждения приблизился ареал бурого медведя. Прекращение функционирования осушительных систем и их зарастание древесно-кустарниковой растительностью в Зоне отчуждения привело к значительному увеличению численности бобра европейского, который, в свою очередь, захватывая все новые места обитания, уже является причиной зоогенных сукцессий растительного покрова вследствие затопления и подтопления территории (Гашак та ін., 2006).

Биогеохимическая барьерность зоны аэрации и существенно меньшая интенсивность вовлечения вторичных продуктов техногенной деятельности в биогеохимические циклы по сравнению с природными аналогами наблюдается в зонах влияния металлургического, машиностроительного, нефтегазового и пр. комплексов (Техногенез и биогеохимическая эволюция, 2003, Долин и др., 2011).

Таким образом, устойчивость современного состояния биосферы в условиях катастрофического развития техносферы определяется незначительным количеством вещества техногенного происхождения, вовлекаемого в биогеохимические циклы. Природа пока еще успешно противостоит человеческой деятельности по ее уничтожению. Однако вопрос пределов емкости биосферы к продуктам техногенеза остается весьма насущным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция биосферы на современном этапе определяется развитием техносферы, наиболее характерной чертой которой является катастрофизм. Техногенная эволюция биосферы сопровождается активизацией геологических процессов, возрастанием количества мощных сейсмических событий, других природных ка-

таклизмов. С развитием технических средств возрастает количество и масштабы техногенных катастроф, экономических и политических кризисов.

Приобретение человеком «главной геологической силы» нарушает термодинамическое равновесие планеты. Фанерозой длится около 570 млн. лет. Но лишь за последние несколько столетий объемы вещества литосферы, вовлеченные в процесс техногенеза, превысили осадконакопление в фанерозое почти на порядок. Природа пытается образовать человечество. Возможно, активизация геологических процессов, наблюдаемая в современный период, является одним из способов восстановления термодинамического равновесия планеты.

В.И. Вернадский, рассуждая о ноосфере, наиболее высоко ценил умственные способности человека. В 20-30-е гг. прошлого века, когда биосфера еще успешно перерабатывала продукты жизнедеятельности человечества, а научно-техническая революция (термин техногенез в то время еще не был введен) — казалась способной обеспечить комфортное проживание, — такой оптимизм В.И. Вернадского вполне был оправдан. Золотой миллиард (наиболее цивилизованная часть человечества) постепенно тает (рождаемость в европейских странах падает, в Китае — директивно ограничивается), а при этом возрастает население слабо развитых религиозно агрессивных наций. В результате нарушается принцип «равенства всех стран и религий», выдвинутый В.И. Вернадским, как одно из важнейших условий построения ноосферы. Как следствие — обнищание, голод, экстремизм (терроризм), междоусобные войны. И все это на фоне резкого усиления нестабильности биосферы — увеличение количества природных катастроф, что стимулирует катастрофы техногенные.

Тем не менее, природно-техногенный катастрофизм способствует развитию «научной мысли» в планетарном масштабе, интеграции научных направлений и технических разработок, развитию междисциплинарных отраслей науки. На современном этапе биогеохимические исследования выходят далеко за пределы изучения влияния живого вещества на формирование химического состава земной коры, и развивается новое направление в биогеохимии, изучающее взаимное влияние живого и неживого вещества на формирование химического и ценогического состава биосферы в условиях становления человека как главной геологической силы планеты.

Несмотря на катастрофическое развитие техносферы, результаты эколого-геохимических исследований позволяют сделать вывод о сравнительной устойчивости современного эволюционного состояния биосферы, что определяется стабильностью биогеохимических потоков и незначительным количеством техногенного вещества, вовлекаемого в биогеохимические циклы. Восстановление ландшафтной структуры, растительных сукцессий и животного мира на территориях, загрязненных до летальных и сублетальных уровней, происходит значительно быстрее и глубже, чем их техногенное преобразование в прошлом, что, прежде всего, обусловлено принудительным ограничением антропогенной деятельности.

«Человек, как он наблюдается в природе — как и все живые организмы, как всякое живое вещество, — есть определенная **функция биосферы**, в определен-

ном ее пространстве — времени» (Вернадский, 1991). На современном этапе эволюции, создав техносферу, человек противопоставил себя биосфере.

Как минимум дважды в истории нашей планеты, в юрском и ледниковом периодах, биосфера была большей частью уничтожена, что привело к вымиранию доминирующих видов. Вследствие бомбардировки астероидами вымерли динозавры, в период глобального похолодания — мамонты. Оправдывая прогнозы В.И. Вернадского, человек сегодня стал главной геологической силой планеты. Однако пользоваться этой силой научился не в полном объеме, что определяет угрозу деградации и возможного уничтожения цивилизации вследствие техногенной деятельности. Но, даже если мы уничтожим себя, биосфера впоследствии восстановится до стабильного состояния. Поскольку «все без исключения геохимические функции живого вещества в биосфере могут быть исполнены простейшими одноклеточными организмами» (Вернадский, 1931).

Человечество в целом всегда жило и до сих пор живет сегодняшним днем. Даже тот самый «золотой миллиард сытых», к которому вроде бы относится Украина, свое благосостояние создает путем преобразования биосферы в неорганизованную свалку мусора. Если темпы производства и накопления отходов будут сохраняться, то будущее нашей техногенной цивилизации измеряется одним-двумя столетиями. Альтернатива такому бездарному концу — в нашей действительной, а не декларативной разумности. Наша беда в том, что научный прогресс служит удовлетворению потребностей сегодняшнего дня, и мы практически ничего не предпринимаем для предотвращения трагической развязки. Главным приоритетом научных исследований должна стать экологическая стабилизация биосферы.

Основные пути преодоления противоречий между техносферой и ноосферой заключаются в глобальном внедрении замкнутого производственного цикла и доведения уже накопленных отходов до состояния, которое вписывается в природные биогеохимические циклы. Нам необходимо выиграть время до тех пор, когда мы сумеем создать безотходные технологии получения энергии. Пока что наиболее приемлемое, что у нас есть — ядерная, а в будущем — термоядерная энергетика. Они, увы, не безотходны. Развитие в Украине двухуровневой ядерной энергетике, когда энергетические реакторы будут работать в сопряжении с реакторами-трансмутаторами, обеспечивающими выжигание нежелательных изотопов, может стать начальной фазой ноогенеза в энергетической отрасли.

В.И. Вернадский искренне верил в будущее разумного человечества. «Процессы, подготовлявшиеся многие миллиарды лет, не могут быть преходящими, не могут остановиться. Отсюда следует, что биосфера неизбежно перейдет, так или иначе, рано или поздно, в ноосферу, то есть, что в истории народов, ее населяющих, произойдут события, нужные для этого, а не этому процессу противоречащие» (Вернадский, 1991). Гений великого ученого, сумевшего интегрировать науки о Земле, жизни и космосе в единое естественно-философское мировоззрение, показал нам путь дальнейшего развития. Выход из тупика техносферы и развитие ноогенеза сегодня, как и во времена В.И. Вернадского, определяется планетарной интеграцией научной мысли.

- 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: Національна доповідь України / За ред. В.І. Балоги, В.І. Холоші, О.М. Євдіна, Г.П. Перепелятнікова. — К: КіМ, 2011. — 367 с.
- Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. — М.: ВЛАДОС, 1994. — 336 с.
- Автореабілітаційні процеси в екосистемах Чорнобильської зони відчуження / За ред. Ю.О. Іванова, В.В. Доліна. — Київ, 2001. — 250 с.
- Бідна С.М. Демутаційні процеси в Чорнобильській зоні відчуження та їх використання для заліснення радіаційно забруднених територій: автореф. дис. канд. сільгосп. наук: 06.03.03. — К., 2000. — 21 с.
- Булатов В.И. Россия радиоактивная. — Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. — 272 с.
- Вернадский В.И. Начало и вечность жизни. — Петроград: Изд-во «Время», 1922. — 58 с.
- Вернадский В.И. Эволюция видов и живое вещество // Природа. — 1928. — № 3. — С. 227–250.
- Вернадский В.И. Об условиях появления жизни на Земле // Изв. Академии наук СССР. — 1931. — С. 633–653.
- Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. — 1944. — № 18, вып. 2. — С. 113–120.
- Вернадский В.И. Очерки геохимии // Избранные сочинения: Т. 1 / Под ред. А.П. Виноградова. — М.: Изд-во АН СССР, 1954. — С. 7–393.
- Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление // Отв. ред. А.Л. Яншин. — М.: Наука, 1991.
- Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера / под ред. А.Л. Яншина. — М.: Наука, 1994. — 672 с.
- Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / Под ред. Ф.Т. Яншиной, С.Н. Жидовинова. — М.: Наука, 2001. — 376 с.
- Гащак С.П., Вишневецький Д.О., Заліський О.О. Фауна хребетних тварин Чорнобильської зони відчуження (Україна) / За заг. ред. С.П. Гащака. — Славутич: Вид-во Чорнобильського центру з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології, 2006. — 100 с.
- Геохимия техногенных радионуклидов / Под ред. Э.В. Собоновича, Г.Н. Бондаренко. — К.: Наук. думка, 2002. — 332 с.
- Гиляров А.М. Ламарк и «биосфера»: Комментарий к одной академической фантазии // Троицкий вариант. Наука. — 2011. — № 6 (75). — С. 13.
- Глазковская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высшая школа, 1988. — 328 с.
- Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. — М.: Наука, 1974. — 314 с.
- Долін В.В., Бондаренко Г.М., Орлов О.О. Самоочищення природного середовища після Чорнобильської катастрофи / За ред. Е.В. Собоновича. — К.: Наукова думка, 2004. — 221 с.
- Долін В.В., Смирнов В.Н., Ищук А.А., Орлов А.А. Техногенно-экологическая безопасность биосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами / Под ред. Э.В. Собоновича. — Киев-Николаев: РАЛ-полиграфія, 2011. — 200 с.
- Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р. — К., 2006. — 129 с.
- Ермаков В.В. Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы / под ред. В.В. Ермакова. — М.: Наука, 2003. — С. 5–22.
- Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 149 с.
- Камишилов М.М. Эволюция биосферы. — М.: Наука, 1979. — 254 с.
- Коваленко Г.Д., Рудя К.Г. Радиоэкология Украины. — К.: Издательско-полиграфический центр «Київський університет», 2001. — 167 с.
- Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком // Биогеохимические циклы в биосфере. — М.: Наука, 1976. — С. 19–85.
- Кураева И.В. Основные геохимические факторы подвижности микроэлементов в почвах Украины // Минерал. журнал. — 1996. — 18, № 6. — С. 26–29.
- Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році. — К.: Мінприроди України, 2005. — 227 с.
- Орлов О.О., Долін В.В. Біогеохімія цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського Полісся / За ред. Е.В. Собоновича. — К.: Наукова думка, 2010. — 198 с.

- Патон Б.С., Бакай О.С., Бар'яхтар В.Г., Неклюдов І.М. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні. — К.: НАН України, 2008. — 61 с.
- Патон Б.С., Бакай О.С., Бар'яхтар В.Г., Неклюдов І.М. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні // Світогляд. — 2010. — № 5 (25). — С. 4–17
- Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник. — М.: Просвещение, 1992. — 320 с.
- Ретроспективно-прогнози дози опромінення населення та загальнодозиметрична паспортизація 1997 р. населених пунктів України, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської аварії. Узагальнені дані за 1986-1997 рр. Збірка 7 / Под ред. І.А.Лихгарева. — К.: МЧС України, 1998. — 155 с.
- Самин Д.К. 100 великих научных открытий. — М.: Вече, 2008. — 479 с.
- Соботович Э.В., Ольштынский С.П. Геохимия техногенеза / Отв. Ред. Г.В. Войткевич. — К.: Наук. думка, 1991. — 228 с.
- Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы / Под ред. В.В. Ермакова // Тр. биогеохимической лаборатории. М.: ГЕОХИ РАН, 2003. — Т. 24. — 351 с.
- Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. — М.: Наука, 1987. — 336 с.
- Федонкин М.А. Две летописи жизни: опыт сопоставления (палеобиология и геномика о ранних этапах эволюции биосферы) // Проблемы геологии и минералогии / Под ред. А.М.Пыстина. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. — с. 331-350.
- Федоренко Н.М., Кондратюк С.Я., Орлов О.О. Лишайники та ліхенофільні гриби Житомирської області. — Житомир: ПП «Рута», Вид-во «Волинь», 2006. — 148 с.
- Ферсман А.Е. Избранные труды. Т.4: Геохимия. — М.: Изд-во АН СССР, 1958. — 588 с.
- Чернобыльская катастрофа / В.Г. Бар'яхтар (гл.ред.) — К.: Наук. думка, 1995. — 559 с.
- Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. — 469 с.
- Янишина Ф. Т. Эволюция взглядов В. И. Вернадского на биосферу и развитие учения о ноосфере. — М.: Наука, 1996. — 222 с.
- Dalrymple G.B. The Age of the Earth. — Stanford University Press, 1991. — 492 p.
- Heges S.B., Kumar S. Genomic clocks and evolutionary timescales // Trends in Genetics. — 2003. — V. 19, № 4. — P. 200-206.
- Hope V.K. A global biogeochemical budget for vanadium // Sci. Total Environment. — 1994. — V. 141. — P. 1-10.
- Lamarck J.-B. Hydrogéologie (1802). — Paris: CRHST/CNRS, 2003. — 269 p.
- Lynch, J.M. The Rhizosphere. — John Wiley & Sons, Chichester, 1990. — 458 p.
- Mukherjee A.B. Behavior of heavy metals and their remediation in metaliferrous soils // Metals Environment / Ed.: M.N.V. Prasad. N.-Y.-Basel: Marcel Dekker Inc., 2001. — P 433-471.
- Natural Remediation of Environmental Contaminants: its Role in Ecological Risk Assessment and Risk Management / M. Swindoll, R.G. Stahl, S.J. Ells (Eds). — Pensacola-Blussels: SETAC, 2000. — 472 p.
- Pacyna J.M. Contribution of elements to the atmosphere from natural sources // Chemical climatology geomedical problems / Ed.: J. Lag. — Oslo: The Norweg. Ac. Sci. Let., 1992. — P. 91-104.
- Soil biological fertility: a key to sustainable land use in agriculture / Abbott L.K., Murphy D.V. (eds.). — Dordrecht; London: Kluwer Academic, 2003. — 654 p.
- Soil quality — Vocabulary — Part 4: Terms and definitions related to the rehabilitation of soils and sites. — Geneva, 1999. — 22 p.
- Suess E. Die Entstehung der Alpen. — Wien: W. Braunmuller, 1875. — 168 p.
- Suess E. The face of the Earth (Das Antlitz der Erde) / Translated by H.B.C. Sollas under the direction of W.J. Sollas. — Oxford Clarendon Press, 1909. — V. 4. — 673 p.
- Touboul M., Kleine T., Bourdon B. et al. Tungsten isotopes in ferroan anorthosites: implications for the age of the Moon and lifetime of its magma ocean // Icarus. — 2009. — V. 199. — P. 245–249.

Э.В. СОБОТОВИЧ, О.Б. ЛЫСЕНКО

ТРАНСФОРМАЦИЯ ИДЕЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО ОБ ИЗМЕНЕНИИ ИЗОТОПНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ

В 1936 году была опубликована статья В.И. Вернадского «О колебании атомного веса химических элементов на Земле», где была высказана мысль о том, что необходимо «стремиться к точному тщательному количественному изучению реальных отклонений от постоянства атомного веса химических элементов в земном и метеоритном веществе, исследуя по возможности все случаи их различных парагенезисов» (Вернадский, 1936).

Эта работа В.И. Вернадского поставила в науке вопрос о колебаниях атомного веса химических элементов, хотя еще в конце XIX века атомный вес был принят за основную постоянную химии, а основным признаком изотопов являлась идентичность их химических свойств. В этой же работе ученым были выделены «три разных процесса, в результате которых может наблюдаться изменение атомного веса химических элементов, а именно:

— радиоактивные изменения атома;

— изменение изотопных смесей физико-химическими процессами во время геохимической миграции элементов;

— изменение изотопных смесей при биогеохимических процессах в живом веществе, в биосфере — биогеохимические изменения элементов» (Вернадский, 1936).

Наиболее были изучены и точно установлены смеси химических элементов, образованные радиоактивным распадом, что впоследствии легло в основу всех методов ядерной геохронологии (Старик, 1961).

«Совершенно другой тип колебаний атомного веса химических элементов представляют изменения его геохимическими процессами, связанными с физико-химическими явлениями, с явлениями, в которых химическое сродство не погашает проявлений физических сил»¹. Этим путем еще в начале 30-х годов в лаборатории удалось выделить отдельные изотопы соединений, а так же «обогащать отдельными изотопическими компонентами, например дистилляцией, как это было сделано для ртути, неона, водорода, кислорода и др.» (Вернадский, 1936).

В настоящее время естественные изотопные индикаторы (особенно в случае легких элементов водород, гелий, бериллий, углерод, азот, кислород, сера) помогают вскрывать и объяснять многие и геохимические, геофизические и геологические процессы, протекающие в литосфере, гидросфере и атмосфере.

В данной статье авторы останавливаются на рассмотрении изменения изотопных смесей в биогеохимических процессах в живом веществе.

В 1933г.¹ после установления влияния тяжелой воды D₂O на биологические процессы Льюисом и другими. В.И. Вернадский говорит о том, что это явление должно иметь большое значение в геохимии и биохимии.

В 1935г. в статье Г. Юри и Грейфа (Urey and Greif) о фракционировании изотопов в реакции изотопного обмена при помощи квантово-химического рассмотрения было показано, что химические свойства изотопов не тождественны и что разделение изотопов может происходить в обычных химических процессах.

В настоящее время понятие об изотопах как атомах того или иного химического элемента, ядра которых различаются массовыми числами, дополнилось и различиями в их квантовых характеристиках. Соответственно, классические кинетические изотопные эффекты, связанные с массой ядер, дополнились эффектами, которые основаны на различии их магнитных моментов. Возникшее понятие “новая изотопия” расширяет круг реакционной способности молекул, радикалов, ион-радикалов, карбенов с магнитными и немагнитными ядрами. Именно с этими двумя принципиально различающимися свойствами атомов одних и тех же химических элементов связаны все процессы изотопного фракционирования, в том числе внутримолекулярного фракционирования изотопов в живых организмах. Различия в фундаментальных свойствах ядер изотопов может влиять как на скорость химических реакций, так и на энергетическое состояние и ядерный магнетизм реагирующих систем (Бучаченко, 2007).

Таким образом, можно предполагать, что изотопы, обладающие различными массами и магнитными моментами, совершенствуют механизмы реакционной способности природного химического элемента, уменьшая энтропию создаваемых ими химических систем, что определяется более низкими значениями необходимых энергетических затрат, увеличивая устойчивость существования самой системы в целом. Поэтому мы считаем целесообразным дополнить классическое биологическое понятие «адаптация» понятием «изотопная адаптация» — совокупность изменений внутренних соотношений стабильных изотопов биогенных элементов в клеточных биохимических реакциях вида, которые поддерживают его приспособляемость к изменяющимся условиям существования. «Изотопная адаптация» является неотъемлемой частью адаптации в целом (Соботович и др., 2009).

Эти положения являются дальнейшим развитием идеи В.И. Вернадского о том, что существует разделение изотопов, связанное с явлениями, в которых химическое средство не погашает проявления физических сил (Соботович и др., 2009).

¹ J.Lewis. Journ. Of Amer.Chem. Soc.55,3503, 1933.

В организме существуют два четких источника химической информации — макромолекулы (нуклеиновые кислоты, белки) и микромолекулы (аминокислоты, липиды, сахара, которые хорошо изучены). Эти домены хорошо изучены и формируют основу современных исследований в биохимии, молекулярной биологии, химической биологии и в последнее время в геномике, протеомике и биоинформатике. Связи между ними четко определены и в большинстве случаев не сложно идентифицировать, кому именно принадлежит определенная часть информации. Однако никакие взаимопревращения ни микро-, ни макро- молекул, не записывают влияния разных условий окружающей среды на организм в течение всей его жизни. Поэтому поиски новых источников которые несли бы эту информацию всегда были своевременны и актуальны. Общий метаболизм, как известно, оказывает существенное влияние на качественные и количественные характеристики макро- и микромолекул (Brenna, 2001).

В начале XXII века стало появляться все большее количество работ допускающих существование третьего, очень существенного по своему значению, источника химической информации в организме — естественных внутренних изотопных соотношений многих биогенных элементов, которые относятся как к микро- так и к макромолекулам и обладают многими общими характеристиками. Влияние метаболизма на него в настоящее время остается, в сущности, неизученным, хотя его большое значение в жизнедеятельности живых существ отмечал еще В.И. Вернадский (Vernadsky, 1931).

В настоящее время все большее количество ученых разных стран склоняются к той мысли, что изотопные соотношения в долгоживущих молекулах долгоживущих клеток являются составляющими многих биохимических процессов в организме и поэтому их можно считать надежными индикаторами его физиологического состояния. Поэтому изотопная информация заключенная в организмах может стать мощным новым ресурсом, который на сегодня еще недостаточно используется в биологии и медицине.

На сегодня явление метаболизма рассматривается в классическом понимании как вся совокупность биохимических реакций (главным образом, ферментативных), которые протекают в клетках и обеспечивают расщепление, синтез и взаимопревращение сложных соединений. Авторы данной статьи акцентировали свое внимание на одной из неотъемлемых составляющих общего метаболизма организма — изотопном метаболизме. Изотопный метаболизм — межмолекулярное фракционирование изотопов на отдельных стадиях биохимических реакций (расщепление, синтез и взаимопревращение сложных соединений), вызванное различиями в фундаментальных свойствах атомных ядер изотопов — массовым числом и магнитным моментом. Это понятие было введено авторами в 2002 г. (Brenna, 2001).

Относительная величина изотопных влияний и относительные скорости, связанные с биосинтезом и разложением любого соединения, определяют его внутримолекулярные изотопные соотношения. Общее (конечное) изменение изотопного соотношения в определяемом веществе можно считать связью между физиологическим состоянием и изотопными соотношениями.

Экспериментальные исследования, проводимые в Институте геохимии окружающей среды с 2007г. по настоящее время способствовали развитию в институте нового направления исследований — ядерной химии, основанной как на изучении фундаментальных свойств ядер изотопов разной четности, так и на особенностях их поведения в живых и неживых системах природы. Это направление становится актуальным для решения проблем ядерно-топливного комплекса в связи с ежегодным увеличением тритиевых и радиоуглеродных выбросов, главным образом за счет антропогенных факторов. Для медико-биологических проблем подобные исследования могут дать новые знания о механизмах метаболических преобразованиях, которые протекают в живых организмах. В области радиологии внутримолекулярные природные изотопные соотношения органических и некоторых биогенных элементов могут служить источниками информации о физиологическом состоянии организма, что может быть использовано в диагностических целях.

Современный уровень развития биологических наук и наук о Земле и о живом веществе сформировал единый мощный комплекс наук о различных проявлениях жизни и ее многообразии. Трансформация идей В.И. Вернадского, который в начале XX века, заложил основы их взаимозависимости, создают платформу для новых идей, понятий и новых направлений наук в настоящем и будущем.

Бучаченко А.Л. Новая изотопия в химии и биологии, М.: Наука, 2007, 189 стр.

Вернадский В.И. О колебании атомного веса химических элементов на Земле// Доклады АН СССР. Новая серия, 1936, Т.III (XII),№ 3(98). С.129-133.

Соботович Э.В., Скульский Н.А., Лысенко О.Б. Поведение углерода, магния и железа в биологических системах//Збірник наукових праць. Геохімія і екологія. Вип. 7, 2009, стор.27-35.

Старик И.Е. Ядерная геохронология, М.-Л. Изд-во АН СССР, 1961.

Brenna J.T. Natural intramolecular isotope measurements in physiology: elements of the case for an effort toward high-precision position-specific isotope analysis//Rapid Communicat. In Mass Spectrometry. — 2001. 15. — P.1252-1262.

Urey H.C. Greif. Isotopic exchange equilibria// Jour. Amer.Chem. Soc. 1935. Vol. 57.

Vernadsky V.I. About an influence of living organisms on isotopic mixture of chemical elements. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de l'URSS, Series A, 1931. — No.6. — P. 141-147.

И.А. АКИМОВ, А.П. КОРЖ

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ПРЕДПОСЫЛКА ДАЛЬНЕЙШЕГО СУЩЕСТВОВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

В XX веке работы В.И. Вернадского (1944, 1967, 1978, 1988, 1989 и др.) оказались одними из определяющих развитие современной научной мысли в естествознании и в первую очередь это касается проблемы взаимодействия человечества и природной среды его обитания. Именно Вернадскому принадлежит казавшаяся фантастической, но такая актуальная в наше время мысль об обязательном переходе современной биосферы в качественно новое состояние — ноосферу.

При этом многие специалисты понимают, что назрела необходимость кардинальной смены антропоцентрического мировоззрения на эгоцентрическое или даже полицентрическое. Гибель мира в результате деятельности человека предсказывалась с древних времен. И вот на пороге третьего тысячелетия перед цивилизацией встала реальная угроза глобального экологического кризиса (Краснощеков, Розенберг, 2002 и др.).

По всей видимости, XXI век станет веком экологии, что обуславливается жестокой жизненной необходимостью поиска оптимизации взаимодействия человеческого общества и природной среды. В то же время, до сих пор не утихают споры не только о содержании экологии, но даже о признании ее наукой (Голубец, Гнатив, 2007; Розенберг, 2011 и др.).

В.И. Вернадский (1978) одним из первых поднял вопрос об общепланетарном и космическом значении живого вещества. Но не меньшего внимания заслуживает и его мысль о том, что все человечество является неотъемлемой частью этого живого вещества. Как указывает ученый, измененная человеческой культурой земная поверхность не есть что-то чуждое Природе и в ней наносное, а естественное и неизбежное проявление жизни как природного явления.

Подобные взгляды значительно расходятся с нынешними устоявшимися общеэкологическими концепциями. Уже классическим считается противопоставление человека с его деятельностью естественным процессам, происходящим в природной среде (например, Розенберг, Рязанцев, 2005). Человек счита-

ется как бы внешним фактором по отношению к любой экосистеме, что исходно противопоставляет эти две категории как «искусственное» и «естественное». Н.Н. Моисеев (1990) по этому поводу замечает, что подобное противопоставление естественного, как происходящего в природе, искусственному, как созданному человеком, идет еще со времен древних греков, а может и более ранних мыслителей.

Человек, возвысив себя над природой, превратился в «универсального потребителя», выдвигая антиэкологические лозунги на подобие «Все во благо человека!». Еще в начале прошлого века не только не возникал вопрос об охране природы, но даже считалось нормой, что живая природа в конечном счете должна исчезнуть (Leopold, 1986).

Наглядным примером ограниченности подхода к проблеме «Человек — Природа» является ставшее классическим подразделение экологических факторов на три группы: абиотические, биотические и антропогенные. В этом случае возникает правомерный вопрос — человек перестал относить себя к миру живого (биотического)?

В настоящее время предлагается целая группа характеристик, отличающая воздействие человеческой деятельности на окружающую среду от действия других факторов (например, Воронков, 1999). При этом различные специалисты особое внимание уделяют специфичности экологической ниши современного человека, его социальной компоненте и качественным отличиям от остального живого мира. По мнению П. Тейяр-де-Шардена (1987), человек — самый таинственный и сбивающий с толку исследователей объект науки.

По всей видимости, именно этот подход и является одной из наиболее частых и важных ошибок в решении проблем взаимодействия человечества и биосферы. Излишняя самоуверенность человека и желание видеть себя царем природы благоприятствовала формированию определенных мифов, один из которых состоит в том, что человек как уникальное и эксклюзивное создание природы, имеет и свои уникальные проблемы, в частности — экологические, противоречащие и враждебные биосфере.

Следует отметить, что далеко не все выделяемые специфические черты антропогенных факторов являются действительно уникальными. Так, ухудшение среды обитания для собственного существования не является nonsensом для живой природы — каждый вид ухудшает условия своего существования, уменьшая количество доступных ресурсов и увеличивая количество отходов. Только в рамках экосистем, за счет жизнедеятельности других видов, становится возможной компенсация этого негативного воздействия (Наумов, 1955). Человек, выходя за рамки жизнедеятельности экосистем, нарушает закономерности существования живого вещества, формировавшиеся миллионами лет, и только в таком случае может гордиться своей «уникальностью». При этом далеко не для всех видов новые, созданные человеком в результате разрушения естественных ценозов условия неблагоприятны — прекрасными примерами являются вредители сельского и лесного хозяйства, мышевидные грызуны, тараканы и т.д.

Наиболее наглядно проблема противопоставления искусственного и естественного прослеживается в функционировании нашего сельского хозяйства. Длительное время даже понятие «агроценоз» определяли как неустойчивую, искусственно созданную и регулярно поддерживаемую экосистему культурных полей (Дедю, 1990). Даже один из ведущих экологов XX столетия Н.Ф. Реймерс (1991) определял агроценоз как созданное для получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемое человеком обычно маловидовое биотическое сообщество растений, животных, грибов и микроорганизмов...

Только в последнее время пришло понимание о необходимости изменения в понимании агроценоза. Сейчас он рассматривается как элемент определенной экосистемы, изъятый для сельскохозяйственной деятельности, который контролируется и определяется не только человеком, но также степенью сохранения экологических связей в экосистеме, сукцессионными процессами и прочим. С этой же точки зрения бессмысленным становится применение ядохимикатов, которые возвращают вредителей на начальные этапы вспышки их численности в условиях практически полного отсутствия давления среды, что способствует реализации биотического потенциала соответствующего вида (Горбачев и др., 2002).

Сельскохозяйственная деятельность наиболее ярко отражает противоречия в потребностях человека и тенденциях развития природы. Это противоречие хорошо отражено в определении Н.Ф. Реймерса (1991): агроценоз обладает плохими динамическими качествами, в том числе малой экологической надежностью, но высокой урожайностью одного или нескольких избранных видов растений или животных.

Действительно, климаксовое состояние экосистем, обладающее высокой устойчивостью и прекрасными механизмами саморегулирования, к чему и стремится биосфера в своем развитии, оказывается крайне невыгодным человеку из-за отсутствия урожая. Поэтому человечество стремится перевести природные экосистемы к состоянию начальных этапов сукцессий, имеющих наиболее высокую продуктивность.

Конечно, подобные влияния на экосистемы не оказываются безболезненными для их дальнейшего существования. Одним из результатов становится утрата механизмов саморегуляции и поддержания гомеостаза. В экосистемах начинают действовать механизмы позитивной обратной связи, приводящие к их кардинальным перестройкам. Наиболее наглядными последствиями подобных перестроек могут быть пустыни, появившиеся вследствие человеческой деятельности. В частности, пустыня Сахара появилась из-за перевыпаса скота древними египтянами (Воронцов, 1999).

В то же время не следует забывать, что природа не остается безответной на действия человека. В.И. Вернадский (1978) понимал живое вещество как многоуровневое взаимосвязанное и взаимозависимое явление природы. И человек так же является частью этого вещества — если мы об этом забываем, это не значит, что подобная закономерность автоматически исчезает.

Одной из существенных характеристик антропогенных факторов по мнению экологов (Воронков, 1999 и др.) является нерегулярность их действия, в связи с

чем они являются непредсказуемыми для организмов. Однако следует отметить наличие определенных закономерностей и в проявлениях человеческой деятельности. В частности, сельскохозяйственные работы имеют четкую сезонную привязанность, что делает их предсказуемыми для соответствующих видов. Примером могут быть синантропные популяции косуль, дроф и других видов охотничьей фауны, отдающих предпочтение агроценозам, а не естественным ландшафтам. Что касается лисицы или волка, то эти виды не только хорошо приспособились к человеку, но и прекрасно чувствуют себя рядом с ним.

Процесс урбанизации оказался также не таким катастрофически непредсказуемым для животного мира. По мнению Б. Клауснитцера (1990), элементы города напоминают многим видам животных их естественную среду обитания, что делает их для некоторых видов даже особо привлекательными. Очень высокая мозаичность городской среды позволяет обитать на ее территории значительно большему количеству видов животных, нежели в более однородной экосистеме такой же площади. Более того, такая мозаичность связана с огромным количеством промежуточных, пограничных между экосистемами мест обитания — экотонами, которые всегда отличаются богатым разнообразием.

Городская среда становится приютом не только для бездомных собак и кошек, тараканов, крыс и прочих «вредных» с точки зрения человека животных. Это касается многих полезных и даже редких и исчезающих видов — шмелей, бабочек, многих жуков, которые встречаются даже на территории промышленных объектов. Для летучих мышей, куниц, хищных птиц и других видов, нуждающихся в специфических условиях, городская среда дает более благоприятные условия обитания, нежели естественная, лишенная старых дуплистых деревьев, непроходимых зарослей, скал и т.д.

По мнению Я.А. Межжериной (2002), большинство людей заблуждаются, полагая, что природа в черте большого города — явление остаточное, рано или поздно она все равно исчезнет... При этом, одним из безусловных плюсов городской среды является созданная человеком обширная кормовая база. Возможно, что именно она выступает одной из причин активного процесса урбанизации нашей фауны.

Существует мнение, что птицы значительно лучше переносят условия городской среды в сравнении с другими организмами, в частности — насекомыми (Хански, 2010). Однако организация популяционных систем в городе оказывается полной противоположностью популяционной структуре тех же видов во внегородских местообитаниях. После формирования видом урбанизированных популяций, яони отделяются от материнской и начинают самостоятельное существование в урбo-ландшафте (Фридман, Ерёмкин, Захарова, 2008).

Так же не однозначной является и оценка пригодности городской территории для насекомых. В пределах г. Запорожья только дневных бабочек обитает 89 видов, что составляет 85 % от фауны Запорожской области и 61% от фауны всей Степной зоны Украины (Муленко, Корж, 2008). Не так уж и плохо для промышленного гиганта! Конечно, основная масса видов обитает в пределах природных

биотопов, а агроценозы и селитебную зону заселяют преимущественно эврибионтные, массовые в других биотопах виды.

Таким образом, даже животные, нуждающиеся в естественных условиях обитания, могут находить приют на урбанизированных территориях. Более того, некоторые виды в пределах города, при определенном этнокультурном уровне горожан, подвергаются меньшему преследованию; животных часто подкармливают в неблагоприятные периоды и т.д.

Конечно, городская среда остается очень опасной для представителей дикой фауны, особенно для малоподвижных животных. Не следует забывать, что городская среда не способна предоставить животным полноценных биоценозов. Это объясняется отсутствием в пределах урбанизированных территорий достаточного блока продуцентов и сниженной деятельностью блока редуцентов (Воронков, 1999). Поэтому город существует за счет энергетического обеспечения со стороны человека, а также притока из-за его пределов кислорода, воды и других необходимых компонентов. Все эти процессы регулируются и обеспечиваются человеком, без чего городская среда крайне быстро превращается в пустыри и свалки.

Таким образом, человеческая деятельность не является неприемлемой для всех видов животных. Антропогенные факторы по своему действию на организмы имеют больше количественные отличия от остальных экологических факторов, нежели качественные. Именно степень воздействия человека может оказаться лимитирующей для определенных видов.

Наиболее общим результатом человеческой деятельности является кардинальная перестройка структуры живого вещества нашей планеты. Некоторые доминантные ранее виды могут переходить в разряд редких и исчезающих, им на смену появляются новые доминанты, приспособленные к загрязненным или кардинально преобразованным условиям существования, то есть меняется структура биоразнообразия.

Человеческая деятельность определенным образом ускоряет эволюционный процесс, вызывая преждевременный уход видов, экологически наиболее уязвимых. В то же время, мы являемся свидетелями появления новых прогрессивных видов, которые зачастую оказываются очень агрессивными и их численность плохо поддается регулирующим воздействиям (прекрасными примерами являются кролики в Австралии, колорадский жук в Европе, непарный шелкопряд и т.д.).

Конечно, не следует понимать данные положения как призыв к «ничего не деланию». К сожалению, не следует рассчитывать на то, что экологические проблемы решатся в ходе НТР — не все ученые имеют эгоцентристское или полицентристское мировоззрение и, соответственно, несут моральную ответственность за свою научную деятельность. Новые методы природопользования только повышают эффективность нашего уничтожения природы, а не ее восстановления (Капра, 2003).

Как следствие, мы можем двигаться по пути «прогресса» (который не имеет четких общепринятых критериев), загоняя себя в экологическую ловушку. Одним из прекрасных примеров подобного является недавний экономический кризис,

выход из которого был связан с повышением потребления, свертыванием программ модернизации и экологизации производств и т.д. При этом абсолютно не обращается внимание на необходимость реструктуризации наших потребностей.

Как отмечает В.Е. Флинт (2000), человеческое общество в принципе сравнительно легко и быстро залечивает свои социальные раны, а природа — нет. Раны, нанесенные ей сейчас, остаются в наследство тем грядущим поколениям, для которых наши сегодняшние проблемы будут совершенно чужды и непонятны.

Много в чем человеческая деятельность действительно похожа на действие катастрофических факторов. Однако в дикой природе существуют катастрофические климаксы — что мешает ей учесть в своей организации еще одно негативное явление? Следует признать, что природа давно начала приспосабливаться к нашему влиянию. Подобные изменения ландшафта не всегда радуют наш глаз, как заросли рудеральной растительности на пустырях или обочинах дорог. Но это начальные этапы сукцессии, которые в дальнейшем могут привести к восстановлению естественных ценозов.

С точки зрения человечества, наиболее опасным результатом перестройки живого вещества может быть качественное изменение общих параметров биосферы, которые могут стать неприемлемыми для нашего дальнейшего существования. В то же время, возврата к прежнему состоянию как нашего общества, так и биосферы в целом быть не может — хотя бы в соответствии с правилом необратимости эволюционного процесса Л. Долло.

К сожалению, существующие концепции развития человечества (см. например обзор у Розенберга, 2009) объединяет утилитарный, потребительский подход. Даже в концепции устойчивого развития, когда предусматривается сохранение биосферы с целью обеспечения условно бесконечного существования человеческой цивилизации и ее прогрессивного развития (Социально..., 2009), решающим оказывается прагматичный подход не только по отношению к «себе любимым», но и к будущим поколениям.

Нашей первоочередной задачей становится поиск путей оптимизации и гармонизации взаимодействия с природой для безболезненного расширения емкости среды своего обитания. Основой этого процесса должно стать понимание естественных процессов нашей жизнедеятельности.

Однако мы не должны препятствовать природоохранной деятельностью естественному течению эволюционного процесса, пытаясь сохранить пройденные этапы взаимодействия человеческого общества и природы. Если ускорение эволюционного процесса является общебиологическим правилом (Завадский, Колчинский, 1977), то есть ли гарантии, что наши попытки «торможения» этого процесса не окажут обратного действия?

К сожалению, разрушив механизмы саморегуляции в экосистемах для повышения их урожайности, человек взвалил на себя ответственность за их поддержание. При этом он не обладает той степенью знания об устройстве жизни на земле, чтобы иметь возможность восстановить абсолютно все компоненты экосистем девственной природы, существовавшей до его появления. Более того, во многом

это становится невозможным — процесс синантропизации изменил многие виды и их экологические характеристики.

Печальный опыт некоторых заповедных территорий, которые без вмешательства человека через незначительное время утрачивали прежний облик, свидетельствует о неспособности преобразованных нами экосистем к самостоятельному устойчивому функционированию. Мы должны вносить корректирующее влияние, иногда подменяющее природные механизмы поддержания гомеостаза. Конечно, подобная коррекция должна быть уместной и крайне «разумной», что и можно рассматривать как один из путей к формированию ноосферы.

Еще раз стоит прислушаться к гению В.И. Вернадского о том, что мы являемся частью живого вещества планеты Земля. Наша деятельность не противостоит, а наоборот — является частью деятельности всего живого вещества планеты. Это накладывает на нас особую ответственность за сохранение потенциальной возможности существования биосферы и в дальнейшем. Не следует ли нам последовать совету Н.Н. Моисеева (1990) и перейти к изучению «искусственного» и «естественного» с единых позиций развертывания организационных форм материального мира?

По всей видимости, основой нашего нового мировоззрения должен стать холистический подход, предусматривающий неразложимость окружающего нас мира на какие-либо множества элементов. В этом случае, поскольку не существует «нас» без «нашего окружения» и «нашего окружения» без «нас», даже постановка вопроса о противопоставлении человека и природы оказывается бессмысленной.

Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. СПб.: ДЕАН, 2000. — 220 с.

Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. — 258 с.

Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. — 520 с.

Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. Успехи соврем. биологии. — 1944. — Т. 18, вып. 2. — С. 113-120.

Вернадский В.И. Биосфера: Избр. тр. по биогеохимии. М.: Мысль, 1967. — 376 с.

Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. — 258 с.

Воронков Н.А. Экология общая, социальная, прикладная: Учебник для студентов высших учебных заведений. Пособие для учителей. М.: Агар, 1999. — 424 с.

Голубець М.А., Гнатів П.С. Фундаментально про екологію, середовищезнавство, охорону природи, охорону довкілля та геосистемологію // Екологія та ноосферологія. — 2007. — Т.18, № 1-2. — С. 7-15.

Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Главная редакция Молдавской Советской Энциклопедии, 1990. — 408 с.

Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции. Л.: Наука, 1977. — 236 с.

Горбачев И.В., Гриценко В.В., Захваткин Ю.А. и др. Защита растений от вредителей. М.: Колос, 2002. — 472 с.

Капра Ф. Паутина жизни. ИД «София», 2003. — 336 с.

Класнитцер Б. Экология городской фауны. М.: Мир, 1990. — 246 с.

Краснощекер Г.П., Розенберг Г.С. Экология «в законе» (теоретические концепции современной экологии в цитатах и афоризмах). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2002. — 248 с.

Межжерина Я.А. Дикая природа городов Украины. К.: Логос, 2002. — 336 с.

Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990. — 351 с.

- Муленко М.А., Корж О.П. Фауністичний склад денних лускокрилих (*Lepidoptera: Rhopalocera*) м. Запоріжжя // Вісник ЗНУ, 2008. — № 2. — С. 139-146.
- Наумов Н.П. Экология животных. М.: Советская наука, 1955. — 530 с.
- Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. М.: Наука, 1991. — 544 с.
- Розенберг Г.С., Рязанцев Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология. Нижневартовск: Из-е Нижне-варт. пед. ин-та, 2005. — 292 с.
- Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. — 477 с.
- Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, 2011. — 1007 с.
- Социально-экономический потенциал устойчивого развития. Учебник / Под ред. Л.Г. Мельника, Л. Хенса. — Сумы: Университетская книга, 2009. — 1120 с.
- Тейяр-де-Шарден П. Феномен человека. М.: Наука, 1987. — 240 с.
- Флинт В.Е. Стратегия сохранения редких видов в России: теория и практика. М.: Геос, 2000. — 328 с.
- Фридман В.С., Ерёмкин Г.Н., Захарова Н.Ю. Урбанизация «диких» видов птиц: трансформация популяционных систем или адаптации особей? // Журнал общей биологии, 2008. — Т.69, №3. — С. 207 — 219.
- Хански И. Ускользящий мир: Экологические последствия утраты местообитаний. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. — 340 с.
- Leopold A. Game management. New-York: Scribner, 1986. — 449 p.

О.П. КОРЖ

ВТРАТА ЄМНОСТІ СЕРЕДОВИЩА ЯК ОСНОВНА ПРИЧИНА ЗНИКНЕННЯ ВИДІВ

XX століття вважається переламним у розвитку відносин між людським суспільством та природою, оскільки обсяг антропогенного втручання набув загальнобіосферного масштабу та став багато в чому визначати подальший хід планетарних подій. Широка екологічна валентність, майже необмежена екологічна ніша людини дозволили їй досягти стану унікального виду, здатного підпорядковувати власним інтересам як інші види, так і цілі екосистеми (Воронков, 1999). Причому обсяги подібного підпорядкування набувають майже необмежених масштабів, враховуючи й повне знищення відповідних біологічних структур.

Одним із найбільш наочних прикладів гострих суперечностей між потребами людини й тенденціями розвитку природи може бути сільськогосподарська діяльність. Невідповідність подібних тенденцій добре простежується у визначенні Н.Ф. Реймерса (1991): агроценоз має погані динамічні властивості, зокрема малу екологічну надійність, але високу врожайність одного чи кількох обраних видів рослин або тварин. Тобто, клімаксовий стан екосистем, що має високу стійкість та надійні механізми саморегуляції, виявляються надзвичайно невідповідними для людини. У подібних угрупованнях відбувається врівноваження процесів продукції та дихання й суттєво падає врожай (Бродский, 2000). Саме через це формування аграрної цивілізації починалося з випалювання лісів та степів не лише для вивільнення територій під посіви й пасовища, не лише для підживлення відчужуваних земель попелом, але й несвідомо, для переведення екосистем до режиму максимальної продукції фітомаси (врожаю) (Горбачев и др., 2002).

Треба зосередити особливу увагу на тому, що подібна тенденція спрощення екосистем та значного підвищення їхньої продуктивності властива й іншим формам господарської діяльності — лісовому, мисливському, рибному господарствам. В усіх випадках людина поділяє види відповідних екосистем на «корисні» та «шкідливі», забезпечуючи максимальне процвітання перших та знищення других. При цьому абсолютно поза увагою залишається екосистемне значення вказаних груп організмів, зокрема підтримання ними механізмів гомеостазу.

При подібному підході абсолютно не враховується правило взаємного пристосування Мебіуса — Морозова: всі види в біоценозі пристосовані один до одного настільки, що їхня спільнота складає внутрішньо суперечливе, але єдине та взаємно пов'язане системне ціле. Тобто, в природі немає ні «корисних», ні «шкідливих» видів, всі вони взаємно пристосовані (Розенберг, 2005).

Найбільш узагальненим наслідком застосування подібної практики виявляється значне збіднення та подальша перебудова екосистем. Основною причиною подібних процесів виявляється вивільнення людиною ємності цих екосистем для власних потреб. Так, регулювання чисельності, а в окремих випадках і повне знищення хижаків спрямоване на збільшення «врожаю» їх жертв, які й експлуатує мисливське та рибне господарство (людина виступає в цьому випадку універсальним хижаком). Значне обмеження та, за можливості, знищення рослинної фауни, шкідників лісових порід, суттєво збільшує вихід ділової деревини в лісовому господарстві; боротьба зі шкідниками сільськогосподарства зумовлена вагомими щорічними втратами врожаю сільськогосподарських культур. Можна й надалі продовжувати подібний перелік.

Антропогенний вплив на екосистеми та їх компоненти набуває переважно форми г-добору. Так, в умовах створення та підтримання сільськогосподарських монокультур, особливо у випадку обробки їх пестицидами, саме г-стратегі набувають унікальних переваг щодо реалізації свого біотичного потенціалу.

Слід відзначити, що подібна форма добору спрацьовує й для популяцій, що активно використовуються людиною. Зокрема, види з різних систематичних груп тварин (принаймні, риби, птахи, ссавці), популяції яких експлуатуються людиною, набувають схожих перебудов. Серед різноманіття наявних змін прикладами г-стратегії можуть бути: здрібнішання особин, зсув статевого дозрівання на більш ранні строки, значне зростання плодючості, зміни строків появи молодняка й деякі інші (Рожков, Проняев, 1994).

Загальновідомі екологічні відмінності ранньо- та пізньосукцесійного станів екосистем. Зрозуміло, що переведення різноманітних екосистем на значних площах до стану початкових етапів сукцесій призводить до того, що переважна кількість видів, які вимагають для свого існування специфічних умов, створених цілим комплексом видів-попередників, повністю втрачають ємність середовища. Ранньосукцесійні види, які й є переважно г-стратегіями, навпаки отримують переваги для подальшого поширення, стаючи «шкідливими» для людини.

Подібна тенденція стосується в першу чергу представників блоків консументів і редуцентів, яких можна розглядати прямими конкурентами людини за відповідні ресурси. Саме ці види у першу чергу підпадають під занесення до категорій «рідкісних» та «зникаючих». Але під кардинальну перебудову підпадають і продуценти, з яких підтримуються в першу чергу найбільш цінні в господарчому відношенні представники за рахунок інших, функціонально не менш важливих з точки зору організації біосфери. Таким чином формуються рослинні монокультури як у сільському, так і лісовому господарстві.

Наслідком зазначених процесів стає нестабільний стан початкових сукцесійних етапів відповідних екосистем, що мають збіднений видовий склад. Види, які

представляють клімаксові спільноти цих екосистем, або зникають, або починають перетворюватися, пристосовуючись до умов піонерних спільнот, що відбувається значно рідше. Найбільш наочним прикладом останнього можна вважати процес синантропізації, який охопив останнім часом практично всю біоту.

Природоохоронні заходи, особливо створення заповідників та інших територій із високим статусом заповідання, мають екологічні та економічні обмеження своєї діяльності — планета Земля є обмеженим космічним тілом і площі заповідних територій так само є обмеженими, як і будь-які інші ресурси. При цьому найбільш швидко видове різноманіття скорочується за межами подібних територій (Рожков, Проняев, 1994).

На думку І. Ханські (2010), основною причиною зникнення видів є втрата місць їхнього існування. При цьому самі місця існування зникають спочатку у свідомості людини. Таким чином виникає реальна необхідність зміни основ нашого природокористування задля повернення природі принаймні частини відібраної раніше ємності середовища. Але для цього необхідним стає докорінна перебудова нашої свідомості, що особливого значення набуває для безпосередніх природокористувачів.

Окремо слід зупинитися на застосуванні консервативних методів, які нині стали практично єдиними щодо вирішення питань охорони природи. Ми повинні зрозуміти, що будь-які методи обмеження людської діяльності є необхідними, обов'язковими, але нездатними вирішити проблеми відновлення природного середовища — вони лише уповільнюють його деградацію.

Більше того, в умовах глобальної зміни клімату будь-які заповідники без нашого втручання не зможуть забезпечувати функції, покладені на них. Уже спостерігаються незворотні зміни навіть первинних природних екосистем, викликані загальнобіосферними процесами, наприклад — перебудова тропічних лісів долини Амазонки [8]. Зрозуміло, що в подібних умовах значна кількість видів позбудеться ємності середовища навіть в умовах заповідних територій.

Ще О. Леопольд (Leopold, 1933) говорив про те, що найбільш дієвою формою охорони природи є раціональне природокористування. Стосовно мисливського господарства, це стосується активного використання засобів штучного розведення дичини, які дозволяють насичувати угіддя дичиною до початку проведення полювання (Корж т. ін., 2012).

Біотехнічні заходи, які дозволяють компенсувати дію окремих лімітуючих факторів, могли б значно покращити умови існування не лише представників мисливської фауни. В цьому випадку категорично не можна погоджуватися з позицією І. Ханські (2010) щодо необхідності збільшення площ місць існування видів без підвищення їхньої якості. Зокрема відновлення природних лісів вимагає значного часу, якого в більшості рідкісних та зникаючих видів немає. Застосування ж окремих заходів, які б дозволили багатьом видам отримати необхідні для їхнього існування умови, можливе вже навіть зараз у наявних угіддях.

Подібні підходи спираються на вибірковість реакції організмів на зовнішні стимули — так зване фільтрування стимулів (Мак-Фарленд, 1988). Певні подраз-

ники виступають пріоритетними для організмів, формуючи їхню відповідну поведінку. Тому забезпечення наявності в біотопах принаймні цих найважливіших компонентів середовища може сприяти суттєвому покращенню стану популяцій відповідних організмів.

Так, значно легше підвищити кількість мертвої деревини в лісах, що підпадають інтенсивній експлуатації, з наявного рівня в 3 м³/га до необхідного в 20 м³/га [8], ніж очікувати, доки відбудеться відновлення природних лісів із подібними характеристиками. Без забезпечення видів принаймні мінімальним рівнем умов, необхідних для їхнього існування, вирішення проблеми збереження біорізноманіття уявляється сумнівним.

Таким чином, ємність середовища як результуюча дії всіх екологічних факторів, виступає природним підґрунтям благополуччя відповідного виду (рис. 1) (Корж, 2001). Наявна ємність формує певний тиск на відповідну групу організмів, який може певним чином обмежувати різні життєві прояви. При цьому зазначений «тиск життя» має не лише обмежувальний, але й стимулюючий вплив, зокрема до реалізації біотичного потенціалу (як приклад — підвищення плодючості в популяції, які підпадають інтенсивному промислу), зміни поведінки тощо.

Залежно від ситуації, змінюється не лише дія окремих факторів, але й самі фактори, які визначають можливість реалізації особинами свого біотичного потенціалу. Тобто, жоден природоохоронний захід, який не передбачає розширення ємності середовища, не дасть позитивного ефекту.



Рис. 1 — Схема взаємозалежності стану популяції та ємності її середовища через механізм зворотного зв'язку (споживання ресурсів, конкуренція тощо).

Запропоновано поділяти екологічні фактори на первинні (якісні), які визначають саму можливість існування певних організмів, та вторинні, що зумовлюють ступінь їхнього процвітання (Корж, 2011). Найскладніше компенсувати дію якісних, первинних факторів. У цьому випадку імовірність зникнення видів є найвищою навіть незважаючи на застосування природоохоронних заходів.

Бродский А.К. Краткий курс общей экологии. — СПб.: ДЕАН, 2000. — 224 с.

Воронков Н.А. Экология общая, социальная, прикладная. — М.: Агар, 1999. — 424 с.

Горбачев И.В., Грищенко В.В., Захваткин и др. Защита растений от вредителей. М.: Колос, 2002. — 472 с.

Жизнеспособность популяций: Природоохранные аспекты / Под ред. М. Сулея — М.: Мир, 1989. — 224 с.

- Корж О.П.* Вплив деяких екологічних факторів на можливість підтримання зоокультури тест-об'єкту *Ceriodaphnia affinis* (Cladocera, Crustacea) // Вестник зоологии, 2011. — **45**, № 3. — С. 241-250.
- Корж О.П.* Флуктуація ємності середовища як універсальний механізм регуляції чисельності популяції // Питання біоіндикації та екології — Запоріжжя, 2001. — **6**, № 1. — С. 72-79.
- Корж О.П., Петриченко В.В., Фролов Д.О.* Штучне розведення дичини: навчальний посібник. — Суми: Університетська книга, 2012. — 224 с.
- Мак-Фарленд Д.* Поведение животных. — М.: Мир, 1988. — 520 с.
- Реймерс Н.Ф.* Популярный биологический словарь. — М.: Наука, 1991. — 544 с.
- Рожков Ю.И., Проняев А.В.* Микроэволюционный процесс. — М.: Из-во ЦНИЛ охотничьего хозяйства и заповедников, 1994. — 364 с.
- Розенберг Г.С.* Теоретическая и прикладная экология / Г.С. Розенберг, Ф.Н. Рянский — Нижневартовск: Из-во Нижневартовского пелаг. Ин-та, 2005. — 292 с.
- Хански И.* Ускользящий мир. Экологические последствия утраты местообитаний. — М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. — 340 с.
- Leopold A.* Game Management. — New York: Scribner, 1933. — 481 s.

А.А. ПРОТАСОВ

КОНЦЕПЦИИ БИОСФЕРЫ И ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В ПРИЛОЖЕНИИ К ИССЛЕДОВАНИЯМ ЖИЗНИ В ГИДРОСФЕРЕ

В биосфере не только вода неотделима от жизни, но и жизнь неотделима от воды. Трудно учесть, где кончается влияние одного тела — воды и начинается влияние другого — разнородного живого вещества (Вернадский, 1994 с. 397)

Одно из свойств памяти, как индивидуальной, человеческой, так и исторической, общественной — стремление постепенно освобождаться от «шума» несущественного, второстепенного в прошедшем, в том прошедшем, каким оно представляется нам сегодня. Сохраняется все необходимое, жизненно важное, однако выбор этого «важного» далек от объективности. Значительным в прошлом представляется то, что важно и в настоящем. Наука как одно из проявлений общечеловеческого сознания подчиняется этим же правилам. Множество идей, трудов, имен, блиставших в свое время на научном небосводе ушли в небытие, принадлежат лишь истории. Но есть такие, с которыми связаны основные вехи познания человеком окружающего мира. Имя Владимира Ивановича Вернадского занимает среди них одно из почетных мест. Сподвижник В.И.Вернадского А.Е Ферсман писал: «Десятками лет, целыми столетиями будут углубляться и изучаться эти гениальные жизненные идеи, открываться новые страницы, служащие источником новых исканий...» (цит. по Лапо, 1987). Научное наследие В.И. Вернадского огромно, однако для биологов, в частности, биологов, изучающего жизнь в гидросфере, ключевыми словами являются — «биосфера» и «живое вещество».

ИСТОРИЧЕСКИЙ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ НАСЛЕДИЯ В.И.ВЕРНАДСКОГО

В своей научной деятельности В.И.Вернадский касался многих областей знания. Это геология и история науки, биогеохимия и радиология. Он не только внес существенный вклад в развитие наук традиционных, но и создал целые новые направления. Один из аспектов связан с историческим развитием идей в одном

из разделов естествознания, второй — современной методологии познания Жизни на нашей планете. Хотя они тесным образом взаимосвязаны, эти два аспекта нельзя смешивать. Это приводит как к совершенно неуместной в историческом плане критике некоторых взглядов В.И.Вернадского, так и к недооценке важности его концепций для сегодняшней науки.

Чрезвычайно важно проследить как Вернадский на основе своих поистине энциклопедических знаний мирового научного наследия естествоиспытателей и философов выстраивает принципиально новые концепции. Примером может служить рассмотрение им сложностей в использовании термина «живое вещество».

«Термин «живое вещество», «живая материя» и аналогичные «органическая материя» ученых начала XIX в. или «организованная материя» ученых XX в. не есть что-нибудь определенное. Оставляя в стороне оттенки, можно заметить два главных понимания этого термина.

Во-первых, под именем живого вещества (материи) подразумевают вещество, обладающее жизнью, как некоторым ему присущим свойством... Такое понимание термина вещества было введено в науку и в научное мировоззрение материалистическими философскими концепциями Мира в XVIII столетии и одно время было господствующим представлением и в научном употреблении этого понятия.

В философской литературе боролся в самом начале XIX в., в конце XVIII столетия, исходя из этих представлений, против термина «живое вещество» Кант, который пытался подойти к критике этого понятия логическим путем...» (Вернадский, 1978, с. 220).

В.И.Вернадский все свои теоретические построения рассматривал не отвлеченно, а в тесной связи с развитием их в прошлом. Было бы наивным полагать, что все положения трудов В.И.Вернадского в неизменном виде должны сохраниться до настоящего времени. Феномен Вернадского состоит в том, что труды его по форме глубоко уходящие в традиции прошлого, в своей сути, в основных концептуальных положениях не только остаются современными, но и обращены в будущее, может быть еще и не до конца поняты на данном этапе развития науки.

В методологическом аспекте для современного исследователя различных проявлений жизни важно выявить в работах Вернадского то, что необходимо для сегодняшнего дня и исследований в ближайшем будущем. Две концепции — биосферы и живого вещества неразрывно связаны, хотя приоритет остается за первой, что очевидно из первоначального построения концепции в основополагающей работе «Биосфера» (Вернадский, 1926, 1994). В свете анализа основных положений этих концепций необходимо уяснить, не являются ли некоторые (с современных позиций) противоречия в работе В.И.Вернадского тем непреодолимым барьером, который разделяет исторический интерес к его работам и методологическую необходимость современного использования.

Во Введении в «Биосферу» В.И.Вернадский специально отмечает, что автор труда «не делает никаких гипотез», и пытается «стоять — на прочной и незыблемой почве — на эмпирических обобщениях» и пытается «описать геологические

проявления жизни, дать картину совершающегося вокруг нас планетного процесса», то есть это описание [слово выделено в тексте самим В.И.Вернадским] он ставит своей задачей (Вернадский, 1994, с. 314). Однако, как совершенно справедливо отмечает А.М.Гиляров (1994, с. 239), «любое эмпирическое знание, даже полученное путем простых наблюдений, всегда «теоретически нагружено». Автор «Биосферы» конечно же не свободен от теоретических построений, так, утверждая, что он стоит на исключительно позициях эмпирического знания, «не делая гипотез» В.И.Вернадский здесь же категорически отвергает три теоретические «предвзятые идеи», которые он рассматривает даже как «вредные, тормозящие и ограничивающие научную работу».

Первая из них — это представления о геологических явлениях (надо, очевидно, читать — глобальных, планетарных, А.П.) как о случайных совпадениях причин. Вряд ли можно согласиться с тем, что идея, как пишет В.И.Вернадский «существования планетного механизма, в который входит как определенная составная часть жизни и, в частности, область её проявления — биосфера, отвечает всему имеющемуся эмпирическому материалу» (курсив наш — А.П.). Не только во времена Вернадского, но и в настоящее время мы еще очень далеки от достаточных обобщений эмпирического материала, связанного с этим механизмом. Однако имеются все основания принимать теоретические положения, которые обосновывают существование такого механизма (Беклемишев, 1931; Вернадский, 1987; Горшков и др., 1999; Заварзин, 2003; Lovelock, 1979). Таким образом, для современного исследователя посылка, сделанная В.И.Вернадским относительно существующих закономерностей формирования и функционирования совершенно приемлема и даже необходима.

Две другие «предвзятые идеи» — это идея начала жизни, то есть абиогенная её природа и существование «догеологических стадий развития планеты». Можно и сейчас согласиться с автором «Биосферы», что мы не имеем абсолютно достоверных эмпирических данных относительно происхождения планет и жизни. Однако существующие современные теоретические построения, результаты космических исследований не только далеких планет, но и других галактик, делают эти идеи не «предвзятыми», а скорее наоборот — близкими к основополагающим в нашем знании природы. Тем не менее, в целом можно согласиться, что автор мог не считать их абсолютно «логически обязательными» для построения своих взглядов на биосферу. Другой вопрос: что это дало общей концепции? Нам представляется, что эти взгляды В.И.Вернадского в значительно степени уменьшили, завуалировали динамический, эволюционный аспект в рассмотрении биосферы. Заставляют нас неоднозначно подходить к трактовке таких, например, положений работ В.И.Вернадского:

«Явления жизни в гидросфере.... Представляют неизменные черты, которые выдерживаются в течение всей геологической истории, начиная с археозоя. Мы должны их рассматривать как постоянные, всегда существовавшие и, в сущности, неизменные черты механизма всей земной коры, не только биосферы.» (Вернадский, 1994, с. 382)/

В.И.Вернадский, безусловно, был авторитетнейшим ученым во многих областях науки, однако одним авторитетом большого ученого вряд ли можно объяснить то, что концепцию биосферы, связывают именно с именем Вернадского и принимают её основные положения, разработанные им почти столетие назад. Его неприятие «предвзятых» идей и гипотез не явилось преградой к тому, чтобы считать концепцию биосферы одной из основополагающих в современном мировоззрении.

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Буквально в первых строках «Биосферы» автором указывается область знания, в которой рассматривается это «закономерное проявление механизма планеты, её верхней области — земной коры», а именно — геология, то есть наука о неживом мире нашей планеты. Геология имеет дело с оболочками нашей планеты, с литосферой, и связями её с гидросферой и атмосферой. Поэтому совершенно не случайно именно геологу принадлежали следующие слова:

«Одно кажется чужеродным на этом большом, состоящем из сфер небесном теле, а именно — органическая жизнь. Но и она ограничена определенной зоной на поверхности литосферы. Растение, корни которого в поисках пищи проникают в почву и которое одновременно поднимается в воздух, чтобы дышать, является хорошей иллюстрацией расположения органической жизни в области взаимодействия верхних сфер и литосферы, и на поверхности материков можно выделить самостоятельную биосферу». (Э. Зюсс, 1875, цит. по (Кафанов, 2005 с.74)

Как видно из цитаты, автор термина «биосфера» указывает на её «место» на границе литосферы и атмосферы и включает в неё как сами организмы, так и область из обитания. Эдвард Зюсс, (который, почему-то не принял во внимание жизнь в гидросфере) не был первым, кто обратил внимание на связь живых организмов и геологических процессов. Истоки самой идеи единства жизни на нашей планете и влияния живого на состояние вещества в глобальных масштабах можно найти у Ж.Б.Ламарка. Он, как отмечал В.И. Вернадский (1987) «... ярко и верно указывал на значение живого вещества в Лике Земли, в биосфере, на его теснейшую связь с веществом планеты и на его проникновение в глубь планеты» (с.57). Следует обратить внимание в этой связи на подзаголовок книги Ж.-Б.Ламарка «Гидрогеология», опубликованной в 1802 году — «Исследования влияния, оказываемого водой на поверхность земного шара, причин существования морских бассейнов, их перемещения и последовательного появления в различных точках Земли, наконец, перемен, которые происходят на поверхности Земли под влиянием живых тел» (цит. по Гиляров, 1999).

Идеи связи живого и среды, причем в масштабах всей планеты разрабатывались А. Гумбольдтом, он ввел в 1828 г. понятие и термин „жизнесфера” (Die Lebensphäre) или сфера жизни, которые в определенном смысле могут рассматриваться как предыстория концепции биосферы Вернадского (Шадрин, 2009)

Содержание самого понятия «биосфера» со времен Вернадского были многократно подвергнуты ревизиям, дополнениям, что делает совершенно необходи-

мым возвращаться к истокам. В работах В.И.Вернадского можно найти много определений биосферы.

«Биосфера и ее приближенный синоним — Лик Земли, оба понятия введенные Э. Зюссом, но сейчас коренным образом измененные ходом дальнейшего исследования, ярко определяют основные черты поверхности нашей планеты: близость к космосу, не повторяющуюся на нашей Земле и существование исключительно на ней живого вещества». (Вернадский, 1987, с.45).

«В лике Земли выявляется поверхность нашей планеты, ее *биосфера*, ее наружная область, отграничивающая ее от космической среды.» (Вернадский, 1994, с.317).

В.И.Вернадский рассматривает биосферу как область, в которой существует жизнь. И не только существует, но активно участвует в различных процессах как локального, так и планетарного масштабов. Но если биосфера есть только область жизни, среда обитания организмов, вряд ли можно рассматривать биосферу как систему, элементами которой являются и живые организмы, и косное вещество. Поэтому чрезвычайно важно отметить, что В.И.Вернадский фактически рассматривает биосферу не только, а скорее — не столько, как область,местилище живого, но как единство взаимодействия живого и неживого.

«В целом весь океан должен рассматриваться — в каждом его месте — как неразрывная связь мертвой инертной материи и непрерывно изменчивого и химически меняющего мертвую окружающую водную среду живого вещества» (Вернадский, 1923. с.18).

Связь эта, в первую очередь, определяется огромной работой живых организмов по трансформации энергии. Вернадский отмечал, что биосфера может быть рассматриваема как «область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космические излучения в действенную Земную энергию — электрическую, химическую, механическую, тепловую и т.д (1994. с.321)

Обращая внимание на неравномерность распределения организмов и жизни вообще на нашей планете, В.И.Вернадский полагает, что в основу изучения механизма биосферы «должна быть положена густота жизни — выделение участков, ею обогащенных» (с.382). И здесь его взгляд обращен в первую очередь именно к гидросфере — этой огромной массе воды, насыщенной жизнью. Однако он увидел гораздо больше, чем просто насыщенность гидросферы жизнью и вводит очень важные для рассмотрения всей структуры биосферы понятия сгущения жизни и пленок жизни. Как подразделения гидросферы выделены участки, в которых имелись специфические сгущения жизни. Было выдвинуто важное положение о том, что пленки и сгущения жизни «образуют в океане области наибольшей трансформации солнечной энергии» (с. 383). Как «основная форма концентрации жизни» выделяется «верхняя живая пленка планктона, богатого зеленой жизнью». Кроме того, в океанической части гидросферы были выделены донная пленка и два сгущения — саргассовое и прибрежное.

Уже в конце XIX века очевидной была сложная вертикальная структура океанического планктона. Значительно позже, в 1960-е годы стала очевидна еще бо-

лее тонкая структура «планктонной пленки» Вернадского, когда на разделе фаз морская вода — атмосфера была открыта живая пленка нейстона (Зайцев, 1970). Выделение планктонной пленки, а точнее — трофогенного слоя пелагиали моря Вернадским было основано как на представлениях об оптических свойствах морской воды, ограниченности проникновения солнечного света в воду, так и имевшихся уже тогда данных о глубинном распределении планктона. Однако подробное исследования глубинного распределения планктона (Виноградов, 1968) показали его гораздо более сложную структуру. Тем не менее, существование мощного сгущения жизни в верхних слоях океана, морей и континентальных водоемов — реальное явление.

Второй важнейшей пленкой в гидросфере, по мнению Вернадского является донная пленка, то есть область раздела придонных вод и донных отложений с их населением. Отметить то, что была выделен эта область чрезвычайно важно, поскольку знания о жизни на дне океана в тот период были крайне скудны, надо было обладать мощной интуицией, чтобы выделить это сгущение жизни. Вернадский, вслед за гидробиологами того времени высказывает сомнение в существовании животных бентоса на глубине более 7 тыс. м. Тем не менее, он совершенно верно описывает донное сообщество как сложную систему, организмы которой обитают в двух близко соседствующих слоях — аэробном и анаэробном.

У берегов эти две пленки сходятся и образуют прибрежные сгущения. Они чрезвычайно разнообразны по своей природе, структуре и населению: от ледовых берегов континентов и островов в высоких широтах до мангровых лесов и окаймляющих коралловых рифов в тропиках. В настоящее время сформулирована концепция контурных биотопов и экосистем моря (Зайцев, 2006), которая, правда, в меньших масштабах, вполне может быть применена и к континентальным водоемам. Поскольку в океане фотическая зона может простираться до глубин, достигающих 200-250 м, на шельфе две «пленки Вернадского» поверхностная и донная активно взаимодействуют. Иное дело за пределами шельфа. Здесь, и на это, может быть одним из первых, обращает внимание В.И.Вернадский, между двумя этими пленками находятся огромные массы воды, в которых отсутствуют сгущения, подобные маргинальным, краевым.

«...в общей массе воды океана, средняя мощность которой равна 3,8 км, а наибольшая глубина доходит до 10 км, живые организмы образуют тончайшую пленку... В химизме океана эта его часть может рассматриваться как активная, а остальная масса воды — как биохимически слабо деятельная.

Исходя из этого ясно, что едва ли 2% общей массы океана заняты сгущениями жизни. Вся остальная масса содержит жизнь рассеянную» (Вернадский. 1994. с. 385, 387).

Модель, как следует из выше приведенной цитаты, «биохимической» структуры океана В.И.Вернадского может быть дополнена и расширена с учетом положений концепции биологической структуры океана (Зенкевич, 1948; Богоров, 1959; Богоров, Зенкевич, 1966), а также циркумграничной структуры океана (Айзаттулин и др. 1979). Хотя В.Г.Богоров (1959) отмечал, что «в результате особых

типов взаимосвязи физических, химических, биологических и геологических процессов, характерных для разных географических зон (курсив наш, А.П.) создаются условия, в различной степени благоприятные для развития жизни» (с.819), его же блок-схема и графическая модель биологической структуры Тихого океана демонстрирует вполне выраженную циркумконтинентальную структуру, то есть снижение биомассы как планктона, так и бентоса к центральным областям океана как в меридиональном, так и в долготном направлениях. Таким образом, географическая широтная зональность тесно связана с циркумконтинентальной. На значительном материале по макрозоопланктону Северо-Восточной Пацифики показано (Волвенко, 2009), что так же закономерно изменяются не только показатели обилия, но и структура сообществ. Например, видовое разнообразие снижается в направлении от материка к центральной части океана. Эти дополнения подтверждают обобщенную модель жизни в гидросфере В.И.Вернадского и делают её более богатой.

Следует особо обратить внимание в главе «Биосфера», посвященной жизни в гидросфере на утверждение: «Планктон — это биоценоз» (с.388). Хотя В.И.Вернадский довольно упрощенно отмечает, что в океане «первенство часто отмечается за ракообразными (Copepoda), которые питаются диатомеями, а иногда и за диатомеями», подразумевая, очевидно, статические показатели обилия, биомассу, важно то, что он указывает на тесную связь между организмами. Пленка планктона не представляет собой «смеси» различных организмов, но систему их взаимодействий.

Говоря о Лике Земли, В.И.Вернадский, конечно имел в виду всю планету, но при этом следует принимать во внимание то, что подходы к выявлению «в массе частностей большого Лика океана», как писал Л.А. Зенкевич (1948) и Лика континентов достаточно сильно различаются. В частности, переходя к сгущениям и пленкам жизни на суше, В.И.Вернадский отмечает меньшую сложность системы для последней: «по существу, мы имеем здесь одну живую пленку, которую представляют почва и населяющая её фауна и флора» (с. 394). Живая пленка на континентах имеет важную особенность: состоит из весьма разнородных сгущений — почвенных и сгущений в континентальных водах. В последних В.И.Вернадский выделяет «пресноводные сгущения жизни», не дифференцируя отдельно поверхностных и донных пленок в связи с мелководностью водных бассейнов.

Интересно то, что Вернадский сравнивает почву с бенталью: «почва по своему значению аналогична грязевой части донной пленки, но в отличие от неё, в почве преобладает окислительная среда» (с. 396).

Таким образом, биосфера Вернадского представляет собой в самом общем виде систему, которая состоит в океане из поверхностной зоны океана (пленки), где происходит трансформация солнечной энергии фотосинтетиками, донной зоны (пленки), в которой происходит трансформация и аккумуляция органических и минеральных веществ, достаточно инертной промежуточной между ними зоны, а также прибрежного, шельфового сгущения, где все геохимические процессы активизируются в связи с контактом океана и суши. На континентах су-

ществует одна почвенная пленка жизни с разнообразными по своему строению сгущениями в континентальных водах.

Эти пленки не есть собственно и исключительно сгущения живого вещества, они включают и среду обитания организмов (вода, почва, донные отложения и др.). Таким образом, биосфера есть сложная система взаимосвязи живого, биокосного и косного вещества. И, конечно не может рассматриваться только как «область жизни», условно говоря, это и область жизни и сама жизнь в их системном единстве.

Рассматривая пленки и сгущения живого вещества как элементы биосферы, В.И.Вернадский указывал, что «важно проследить историю химических элементов в тех ценобиотических сгущениях и разрежениях, на которые распадается наша биосфера (1987, с. 26, курсив наш А.П.). Таким образом, не просто механические скопления, «сгущения», а ценобиотические комплексы, сообщества организмов с элементами среды, необходимыми для их существования, являются элементарными единицами биосферы. Эти комплексы, биокосные системы, которые, после введения А.Тенсли в 1935 г. специального термина, представляют собой экосистемы. Исходя не из хронологической, а чисто функциональной концепции экосистемы (Одум, 1975) может быть проведена аналогия биосферы с суперэкосистемой, что вступает, на наш взгляд, в противоречие с принципами эмерджентности и иерархичности систем. Очевидно, что «поверхностная пленка» океана и донная представлены экосистемами совершенно различного типа. Противоречивое единство индивидуальных хронологически, но объединенных по сходству структурно-функциональных характеристик экосистем выражено в понятии биома (Протасов, 2006).

Представляется важным еще раз подчеркнуть, что для Вернадского была очевидна структурированность биосферы на некоторые subsystemы (пленки, сгущения, инертные зоны). Такими суббиосферными единицами могут выступать биомы. В.И.Вернадский подчеркивал, что биосфера представляет собой сложную динамическую систему.

«Жизнь и все живые организмы являются неразрывной закономерной частью биосферы. Сама биосфера не является случайным образованием — она отвечает определенной форме организованности. Это устойчивая динамическая система, равновесие, установившееся в основных чертах своих с самого своего начала» (Вернадский, 1994, с. 456).

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО

Для современного биолога наиболее важным в наследии Вернадского являются две тесно взаимосвязанные концепции — биосферы и живого вещества. В биосферной концепции В.И.Вернадского последнее занимает особое место. Биосфера лишается своих основных черт без живого вещества, живое вещество как совокупность организмов и создает, собственно, БИОсферу. Вернадский отмечал, что «с химической точки зрения биосфера состоит из вещества резко различного. С одной стороны в нее входят живые организмы — живое вещество; с другой —

косная, лишенная жизни, мертвая материя. (Вернадский, 1923. (с.5). Биосфера как система (а она, обладает всеми системными признаками, в силу чего имеет одно из важных свойств — разнообразие элементов) состоит из различных типов её вещества. Важность этого неоднократно подчеркивал В.И. Вернадский.

Наиболее существенное место в биосфере занимают биокосные системы — почва и обитаемая жидкая часть гидросферы. Степень этой близости такова, что В.И. Вернадский констатирует:

«В действительности анализы морской воды, которые мы имеем, не дают нам ни состава косной, мертвой части морской воды, ни состава реально существующей в природе морской воды, всегда пронизанной жизнью. » (Вернадский 1923. (с.7).

Однако, тесная взаимосвязь между различными элементами биосферы, в частности, между различными типами вещества, приводит к определенным противоречивым оценкам состава, структуры живого вещества.

«... мы включаем в живое вещество: 1) все живые организмы, животные и растительные, в том числе и все человечество, существующие в данный момент, и 2) всю ту часть вещества окружающей их среды — жидкой, твердой или газообразной, которая, безусловно, необходима для сохранения ими жизни в короткий, но определенный промежуток времени наблюдения, 3) все выделения организмов, находящиеся вне организмов в земной коре в тот же промежуток времени, 4) все отмершие и отмирающие их части, находящиеся в тот же промежуток времени вне их, и, наконец, 5) все трупы организмов и их остатки, находящиеся в тот же промежуток времени на земной поверхности». (Вернадский, 1978, с. 217)

Следует признать, что введение понятий «биогенное», «биокосное» вещество делает нецелесообразным включение в структуру живого вещества пункты 2-4 из выше приведенной цитаты. Вопрос о структуре, а скорее, о составе живого вещества В.И. Вернадским не был решен однозначно. Достаточно очевидно его стремление вполне жестко отделить биогеохимический подход от чисто биологического, может быть даже в ущерб им же обоснованной логики¹.

«В виде живого вещества мы изучаем не биологический процесс, а геохимический, и сводим его к весу, составу и энергии. Очевидно, с этой точки зрения нам важно охватить по возможности целиком вещество, которое изменяется жизненными процессами, хотя бы оно было случайно с точки зрения функций и морфологии организма.

Из только что данного определения ясно, что живое вещество далеко не совпадает с обычным представлением биолога, с привычным для него методом его изучения». (Вернадский 1978. с. 263).

¹ С позиций современной, в значительной мере прагматической науки рассуждения В.И.Вернадского о живом веществе могут показаться недопустимо противоречивыми, в чем-то даже наивными. Но знакомство и ними, их изучение погружает нас в такой неизмеримо богатый, бурлящий внутренней интеллектуальной энергией океан мысли, против которого многие современные «оточенные» и «законченные» построения и концепции выглядят безжизненными, а потому и бесперспективными. Наследие Вернадского — это не только «сухой остаток полезного знания», но и поистине эпическая поэма о мечте постижения истины.

С другой стороны, он подчеркивает: «... я буду называть живым веществом совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы составляющие совокупность будут являться элементами живого вещества» (выделено в цитируемом тексте, 1978, с. 219). То есть живое вещество состоит из «неделимых», обособленных, дискретных организмов, живое вещество структурировано на «элементы».

Живое вещество представляет собой совокупность организмов как элементов системы, системы взаимосвязей между самими организмами и косной средой. Возникает новое понятие — биокосной системы, в пределах которой организмы в своей совокупности и выполняют биогеохимические функции в биосфере. Представляется, что не существует процессов чисто «геохимических», если в них принимают участие живые организмы. Не существует биогеохимических процессов вне биологических, которые происходят на уровне популяций и сообществ в их связи с со средой, в ближайшем жизненном пространстве, в экосистемах. Эта концепция следующим образом сформулирована Г.А.Заварзиным: «Биогеохимическая машина планеты представляется системой взаимосвязанных циклов элементов. Эти циклы действуют как в планетарном масштабе, так и в конкретных ландшафтах-экосистемах. Система биогеохимических циклов определяется ведущим циклом органического углерода (2003, с. 10).

Следует отметить, что и среда обитания организмов не представляет собой некоего аморфного, не имеющего границ образования. Она также структурирована. Её элементы также имеют определенные геометрические параметры, часть из которых, будучи сопоставима с параметрами организмов составляет ближайшее жизненное пространство последних (Хайлов и др. 1992; Хайлов, 2001). Причем, ближайшее жизненное пространство не только является «вместилищем» организмов, но оно испытывает постоянное их воздействие. Так, организмы-фильтраторы активно вовлекают во взаимодействие с живым веществом огромные массы воды: весь объем поверхностных, наиболее обитаемых слоев воды Мирового океана (0-500 м), который составляет $17 \cdot 10^7$ км³ профильтровывается организмами планктона за 20 суток (Богоров, 1974)

На огромную роль живых организмов в концентрации химических элементов указывал В.И.Вернадский на основании тогда еще довольно скудных данных: «Сколько можно сейчас судить, мы имеем концентрацию в организмах следующих элементов по сравнению с их содержанием в воде: S — min. 100 раз, P — min. 1000 раз, Si — min. 1000 раз...» (1923, с. 10-11). По существующим оценкам (Богоров, 1974) общее извлеченное только организмами фитопланктона в Мировом океане количество всех элементов из воды ежегодно составляет около 100 млрд. т.

Организмы, в частности обитающие в гидросфере, гидробионты включают в биотический круговорот огромное количество вещества. В процессе первичной продукции в океане в течение года потребляется $4 \cdot 10^9$ т азота, 500 Мт, фосфора, $1,2 \cdot 10^9$ т железа, в зоне же фотосинтеза находится всего около $1 \cdot 10^9$ т фосфора, т.е. все запасы этого элемента не менее 4 раз за год проходят биологические циклы (Богоров, 1974). Биомасса гидробионтов обладает гигантским за-

пасом энергии, по оценкам того же автора энергосодержание всего зоопланктона океана составляет $45 \cdot 10^{15}$ Дж, зообентоса — $19 \cdot 10^{15}$ Дж. Органическое вещество терригенного характера поступает в океан с речным стоком, который составляет около $1 \cdot 10^9$ т С/год, однако количество автохтонной органики в океане намного больше. Фитопланктон выделяет $3,6 \cdot 10^{10}$ т свободного кислорода в год, служащего не только источником окислительных реакций при дыхании организмов, но и участвующего в геохимических процессах окисления геологических пород. В то же время весь зоопланктон Мирового океана потребляет в сутки 480 км^3 кислорода (Богоров, 1974) или $6,86 \cdot 10^8$ т.

Хотя и существует неразрывная связь понятий «биосфера» и «живое вещество», существуют определенные предпосылки выделения некоторых «приоритетов». Так, Г.А. Заварзин (2003) полагает, что глубокие исследования В.И. Вернадским «геосферно-биосферных взаимодействий с акцентом на баланс химических элементов» привели к понятию о биосфере как системе, основанной на биогеохимических циклах.

Таким образом, живое вещество — есть совокупность живых организмов, неразрывно связанных с косными элементами среды, только при этом взаимодействии организмы и живое вещество в целом выполняют геохимическую биосферную функцию. Не подчеркивая, не выделяя этого специально, Вернадский, по сути, применил в самом широком, планетарном масштабе те же принципы взаимодействия живых организмов и среды, которые заложены в основы экологии. Он не случайно постоянно обращается к чисто биологическим категориям — организму, биоценозу, понимая, что реально взаимодействия живого и косного происходит на многих уровнях. Например, концентрационная функция живого вещества, выражающаяся в миллионах тонн накапливаемых элементов в масштабах мирового океана, всей биосферы реально происходит в телах конкретных организмов. Однако роль отдельных организмов, деятельность их в масштабах океана и всей планеты ничтожно мала, и проявляется только в их совокупностях.

Как отмечал В. Н. Беклемишев (1964), «индивидуальность является одним из основных понятий биологии. «Живое вещество» не существует вне живых существ, то есть живых индивидов.» (с. 92). Но в то же время он отмечает, что «живое вещество [уже без кавычек, А.П.] Земли образует одно организованное целое, имеющее своё строение и свою жизнедеятельность... Противоречие между индивидуальностью отдельных живых существ и единством живого покрова Земли разрешается в иерархическом строении всего живого». Очень точно В.Н.Беклемишевым отмечена важность иерархического строения живого. Понятие «живое вещество» безусловно, неприменимо на всех уровнях организации живого до организменного включительно.

Имея дело с организмом мы имеем дело с существом, индивидуальность и целостность которого поддерживается функционированием и взаимосвязью более «низких» уровней организации, усложняющиеся ассоциации организмов все более приобретают своеобразные свойства и функции живого вещества.

В.И.Вернадский отмечал, что по отношению к живому веществу нам непосредственно доступны свойства организма, и только «путем трудной и долгой абстракции мы можем подняться до понимания свойств их совокупности — живой материи. Человек как масштаб явлений бесконечно мал по сравнению с живой материей и легко подходит к свойствам ее элементов — организмов» (1987, с. 45). Однако, нам представляется, что проблема не только в масштабном соотношении человека-исследователя и объекта исследования. Живое определенным образом структурировано, является системой специфических связей между его элементами. В этой системности — основа существования живого вещества.

В.И.Вернадский не раз подчеркивал, что «геохимическое живое вещество» характеризуется тремя его свойствами: «массой в целом и ее частях, то есть весом организмов, составляющих живую материю, характером и количеством химических элементов и свойственной живой материи и ее частям энергией» (1978, с.178). Такой подход не был принят в биологии. Очевидно, что биологи в конце XIX, начале XX веков в основе своих исследований видели анатомию, морфологию организма, эмбриологию и особенности онтогенеза, закономерности наследственной передачи признаков структуры организма, его основных свойств. К тому времени, когда В.И. Вернадский начал активно разрабатывать концепцию живого вещества уже более полувека умами биологов владела теория Ч. Дарвина, которая в первую очередь основывалась на рассмотрении биологических явлений — изменчивости организмов, наследственности, биотических отношений в «борьбе за существование». Однако надо сказать, что и тогда существовала одна область биологии, в которой принципы, декларируемые Вернадским, занимали не последнее место. Это была гидробиология, которая уже в конце XIX века в трудах отдельных ученых вышла за рамки описательных естественно-исторических исследований и перешла к количественным оценкам.

Еще в 1887 г. немецкий гидробиолог В.Гензен проводил расчеты производимого органического вещества на 1 м² поверхности Балтийского моря. Эта продукция составила около 150 г органического вещества в год, что было ниже, чем для 1 м² пахотной земли (Карзинкин, 1952). В конце XIX века К.Петерсен начал применять сконструированный им дночерпатель, что позволило установить как раз то, что заложено в основу изучения живого вещества геохимически — общую массу организмов на морском дне, массу организмов отдельных видов.

В 1930-е годы количественный подход в оценке не только статического количества, то есть запаса в масштабах крупных водоемов, стал возможен благодаря тому, что сама идея глобальной роли живого в природе была принята исследователями. В конце 1930-х годов С.В. Бруевичем была предпринята попытка оценки «распределения живого вещества среди основных групп гидробионтов Каспийского моря» (1939, с. 139), причем была сделана оценка не только статического живого вещества, т.е. запаса биомассы, но и продукции с учетом Р/В коэффициента — отношения продукции за сезон к средней биомассе. Были учтены семь оставляющих — от бактерий до морских млекопитающих. Наибольший запас (в сырой массе) составили зообентос — $3 \cdot 10^7$ т, бактерии — $8 \cdot 10^6$ т, рыбы — $6 \cdot 10^6$

т, зоопланктон — $5 \cdot 10^6$ т. Общая масса продуцентов (фитопланктон и фитобентос) была оценена в $6,5 \cdot 10^6$ т, то есть около 12,9% от массы консументов и деструкторов. Продукция фитопланктона составила $1 \cdot 10^9$ т/год, фитобентоса всего $3 \cdot 10^6$ т/год. Продукция консументов была оценена в $1,35 \cdot 10^9$ т/год, бактерий — $2 \cdot 10^9$ т/год. Улов рыбы составил $1,3 \cdot 10^5$ т/год (сухой вес) или 0,1 % от первичной продукции. Чрезвычайно важно отметить, что оценка была проведена не только по биомассе (сырая масса органического вещества), но и в биогехимическом аспекте. Так, было показано, что вылов 450 тысяч тонн рыбы (1,4% «от всего живого вещества в море») соответствует удалению из моря 13000 тонн азота и 1600 тонн фосфора. Это количество, по оценке С.В. Бруевича, составляло 2,6% всего минерального азота и 3,6% всего минерального фосфора верхней 50-метровой зоны Каспия.

В 1932 г. Г.Г. Винбергом было положено начало количественного определения первичной продукции в водоемах. Это рассматривается, как правило, как фундаментальный вклад в развитие продукционной гидробиологии (Алимов, 2000), экологии. Однако, необходимо подчеркнуть, что за этим стоит важнейший шаг в оценке круговоротов химических элементов — углерода и кислорода. Стали возможны практические, количественные оценки не только экологических, но и биогехимических процессов на уровнях от экосистемы до гидросферы в целом.

В.И. Вернадский особое внимание уделял вопросу о сгущениях живого вещества. Существование сгущений определяет хронологическую неравномерность проявлений жизни и достаточно очевидна. Она отражается и в определенной географической зональности, основы изучения которой были заложены еще А. Гумбольдтом, а затем обоснованы В.В. Докучаевым (Берг, 1947; Кафанов, 2005). Важно то, и В.И. Вернадский это подчеркивал, что эти сгущения распределены на Лике планеты закономерно. Эта закономерность определяется различными факторами, в том числе географическим положением, климатическими особенностями, близостью к водным объектам на суше, перемещением водных масс в океане и др.

Существенным вкладом в разработку вопроса о распределении живого вещества в биосфере стала концепция биологической структуры океана (Зенкевич, 1948; Богоров, Зинкевич, 1966). Была показана закономерность сгущений, обусловленных взаимодействием океана и материков, а также пограничных областей водных масс в океане. В целом, в гидросфере можно обозначить основные области не только сгущения жизни в оценках статических (биомасса), динамических (продукция), но и сгущений разнообразия, рассматриваемых как богатство и как степень преобладания тех или иных форм. Область земной коры, как писал Вернадский, «занятая трансформаторами энергии» неоднородна не только по условиям, а, соответственно, по количеству, массе «трансформаторов», то есть живых существ, степени сгущения живого вещества, но и по их составу. Богатство видов гидробионтов возрастает от средней области океана к материкам, от глубины к поверхности, от высоких широт к низким (Зенкевич, 1948; Кафанов, 2005). Сходные процессы, осуществляемые этими «трансформаторами» в различных областях биосферы происходят неодинаково из-за различий их состава.

Одной из характерных черт биосферы является то, что достаточно ограниченное количество основных функций выполняет колоссальное количество видовых и других «разностей» живого вещества. Диверсификационная функция живого вещества является одной из важнейших, поскольку именно за счет высокого разнообразия в реальных условиях каждая из функций живого вещества проявляется индивидуально, со своими особенностями, некоторыми отклонениями от средней величины, что является одной из основ надежности всей системы биосферы.

Живое вещество в силу индивидуальности организмов имеет дисперсную природу, и, очевидно, уровень этой дисперсности может быть различным. Равное по массе живое вещество может быть представлено организмами разного размера и, что важно, — с разной активной поверхностью, разным соотношением массы и поверхности. Автотрофные существа суши представлены в основном макроформами (относительно невысокая дисперсность живого вещества), в то время как в гидросфере — в основном высокодисперсным живым веществом (микроскопические водоросли планктона). Суммарная биомасса первых выше, однако продукционная активность вторых не уступает наземным макрофитам. С этим же эффектом связана и дифференциация живого вещества по «силе давления жизни». В.И. Вернадский приводит расчеты (1987) «захвата» живым веществом поверхности планеты, которые показывают различия в скорости распространения в пять порядков. Метаболическая активность и скорость размножения прямо связаны как с индивидуальной массой, так и соотношением поверхности и объема, дисперсностью живого вещества. С размером организмов связана и скорость протекания биологического времени (Шмидт-Ниельсен, 1987).

К числу биологических разностей можно отнести, криптические (скрытая жизнь) и активные состояния организмов. Совершенно очевидно, что метаболически малоактивные стадии, состояния, например, споры бацилл, обезвоженные, находящиеся в анабиотическом состоянии тихоходки (*Tardigrada*), некоторые коллатки (*Rotifera*) представляют собой совершенно иное состояние живого вещества, нежели метаболически активные организмы.

В.И. Вернадский неоднократно подчеркивал различия между задачами и подходами биологов и геохимиков в изучении биосферных процессов. Они, безусловно, существуют.

«Идеи биологии связаны с разнообразием организмов и видов, их изменчивости, видовой эволюцией. Идеи биогеохимии обращены к однообразию основных проявлений жизни — биогеохимических функций, и постоянству массы живого вещества в геологической истории Земли.» Хайлов и др., 1992, с. 11-12.

Стоит, однако, заметить, что идея разнообразия живого вещества в его геохимическом аспекте прослеживается также, как и в биологическом. Огромная важность идей В.И. Вернадского для биологии в целом и для гидробиологии, в частности, состоит в том, что они открыли новый (не альтернативный, но дополнительный) путь исследования: не только от организма к живому веществу биосферы, живому покрову Земли, но и обратный — от планетарного (или субпланетарного — в гидросфере) подхода к живому веществу до организма как его основного элемента.

К этому следует, очевидно, добавить и изучение живого вещества в его разностях, тех или иных проявлениях разнообразия. И здесь должен быть поставлен один из основных вопросов как биологии, так и геохимии: какую роль в биосферных процессах играет и играло в истории биосферы это разнообразие живого вещества?

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО И ЭВОЛЮЦИЯ

Сложные пути становления науки о жизни весьма подробно рассмотрены В.И.Вернадским, что свидетельствует о его большом интересе к проблеме развития самой жизни. В частности, он отмечает важное значение введение Ж.Б.Ламарком термина «биология» (это было сделано в 1802 г. в работе «Гидрогеология»).

«Идея о тождественности всего живого — единстве жизни — получает свое выражение в это время, в конце XVIII в., и в объединении наук, занимающихся животным и растительным миром. Ламарк вводит для них название *биология* — наука о жизни — и ставит ей задачу — изучение общих явлений и общих законов жизни, в каких бы морфологических формах она ни проявлялась. Любопытно, что и эта, логически ясная идея не сразу вошла в сознание натуралистов, потребовались десятилетия. К концу XIX в. биология как особая независимая от других область изучения Природы окончательно вошла в общее сознание.» (Вернадский, 1978, с. 125).

Можно привести множество цитат из трудов Вернадского, свидетельствующих о том, что ему не только были известны все основные достижения биологической науки, но и были близки, важны для всех его теоретических построений. Сложно согласиться с такими высказываниями: «Подход Вернадского к биологии — это прежде всего подход геолога, интересующегося глобальными проблемами. Собственно достижения биологии, особенно достижения биологии XX века, его практически не интересовали» (Гиляров, 1994, с. 242). Выглядит недостаточно обоснованным также положение высказанное А.И.Кафановым (2005) о том, что «концепция «жизни» и «живого вещества» у В.И.Вернадского изначально не имела биологического содержания» (с. 74).

Отвергая в «Биосфере» идею абиогенеза как «предвзятую», В.И.Вернадский постоянно возвращается к этому вопросу и пытается обосновать, аргументировать свои взгляды. В первую очередь им был сделан весьма подробный обзор исследований, которые способствовали установлению парадигмы, сформулированной в принципе Реди — «Все живое от живого».

«По мере того, как терялась вера в самопроизвольное зарождение, расширялось представление о всеобщей рассеянности организованных элементов жизни. Это последнее представление казалось многим глубоким мыслителям (Шопенгауэр, 1844—1859) еще более парадоксальным, чем само самопроизвольное зарождение» (Вернадский, 1978, с. 127).

Логика Вернадского относительно происхождения жизни основывалась на том, что «мы здесь далеко не находимся в привычной нам области точно наблю-

денных фактов» (1978, с.127), более того, «факты доказывают невозможность самозарождения жизни и, напротив — возможность распространения её в самых мельчайших зачатках». Как ни велики достижения современной науки, следует признать, что до сих пор в вопросах происхождения жизни, как писал Вернадский «мы находимся в области гипотез и предположений научно-философского характера и нашей задачей является: 1) проверить, насколько они не противоречат фактам, и 2) точно определить ту область научного изучения, в которой мы должны их сейчас принимать во внимание.» (1978, с.127).

Видимо, мы можем оставить в стороне как «предвзятый» вопрос о происхождении жизни в силу отсутствия фактических данных, непосредственно подтверждающих такое явление, однако ключевым остается вопрос о дальнейшем развитии жизни, формировании и эволюции биосферы. В области проблем эволюции биосферы В.И.Вернадский стоял на крайне противоречивых позициях, многие из его положений в этой области достаточно сложно интерпретировать.

«Мы имеем изменчивость — эволюцию — в течение геологического времени видов и родов живого вещества, но нигде не видим признаков эволюции всего уклада живого вещества. Едва ли мы имеем право из того, что мы знаем, предположить, что все разнообразие организмов, сложное живое вещество могло путем эволюции вырасти из немногих одноклеточных организмов, поселившихся на земной поверхности из космического пространства.» (Вернадский, 1978, с. 133).

Отвергая не столько эволюцию биологическую, сколько связь между эволюцией организмов, видов и эволюцией целого — живого вещества, В.И.Вернадский не предлагает какой-то приемлемой концепции. Сложно сказать, на какие данные он опирался, постулируя следующие положения: «в пределах геологического времени жизнь должна считаться извечной и что в эти времена всегда на Земле существовало живое вещество. Мы увидим, что и его количество и его геохимическое значение были, в общем, в течение всего этого времени почти неизменными.» (с. 162). При этом, ему, безусловно, были известны труды А. Гумбольдта, который писал еще в первой половине XIX века: «Если температура земного шара претерпела значительные, быть может, периодически возвращающиеся изменения, если соотношение между морем и сушей, и даже высота и давление атмосферы не всегда были одни и те же, то физиономия природы, размеры и строение организмов должны были точно также подвергаться многократным изменениям» (Гумбольдт, 1936, с. 85). Как видим, изменения Лица Земли, «физиономии природы» рассматривалась в единстве, живого и косного, как целое, как некая система.

Справедливости ради, следует отметить, что этот вопрос об эволюции жизни и эволюции биосферы как целостной системы далек от разрешения и в настоящее время. Скорее, он находится более в области философских обобщений, но не строгих эмпирических представлений (Камшилов, 1974; Маргалеф, 1992).

Тем не менее, данные палеонтологии и геологии, сравнительной физиологии, микробиологии и других наук создают определенные предпосылки к рассмотрению изменений и развития биосферы как единой системы. Важно то, что именно благодаря трудам Ж.Б.Ламарка, А.Гумбольдта, В.И.Вернадского стало парадигмой

положение о том, что Лик Земли изменялся не только в единстве косного вещества с живым населением планеты, но и вследствие активной деятельности живого.

В комментарии к одному из изданий трудов Ч. Дарвина К.А. Тимирязев (1907) отмечает, что Дарвин, объяснив основную черту «всего организованного — это соответствие между формой и её отправлением, долго стоял перед препятствием — антиномией, которая состоит в основе всего органического мира: непрерывностью его в целом и разрозненностью в частностях».

По сути, эта антиномия, перед которой стоял Ч. Дарвин, рассматривалась и В. И. Вернадским, только с другого полюса. Живое вещество и есть «непрерывность целого». Вернадский ссылается на Дарвина, он говорит о медленной модификации живых форм организмов, которые генетически связаны между собой от поколения к поколению. Эволюционный процесс характерен только для живого вещества (Vernadsky, 2005). Думается, что К.А. Тимирязев совершенно верно трактовал позицию и основные задачи Дарвина: в дарвиновской теории речь шла именно о частях — организмах, видах, но не о «целом». Подразумевалось, что это развитие целого, всего живого представляет собой как бы сумму частных процессов, эволюции видов.

Виды существуют в геологическом масштабе времени, в основном, весьма непродолжительно (Кафанов, 2005). Современный состав биосферы — это, в основном, «молодые» виды. Однако параллельно с ними существуют и очень древние. Кроме более молодых, «более совершенных», существуют и более «примитивные». Явление это носит, по А. Л. Тахтаджяну, название гетеробатмии (Гиляров, 2007). Эволюция не только отрицает старое, но и накапливает новое на старый базис.

«Старое остается основой возникшей системы и лишь некоторая часть старого отмирает. Другая часть старого приспособливается к новой надстройке. Поэтому вся система аддитивна и «несовершенные», примитивные организмы продолжают составлять её основу, образуя связи с новыми компонентами». (Заварзин, 2003, с. 318).

Могут ли крупные этапы эволюции биосферы быть объяснены закономерностями эволюции отдельных видов и/или других таксонов? Скорее, последняя «нанизывалась» на какие-то более общие эволюционные тренды. Как выглядят эти этапы эволюции биосферы, если предыдущий этап создавал основу для следующего, происходила «биосферная сукцессия» (Заварзин, 2003, 2006).

Раннебиосферная эволюция геосферной системы в архее привела к формированию основных типов местообитания — суши и океана. Если жизнь и существовала, то она ещё не являлась фактором, меняющим лик Земли. Следующий этап, «прокариотий» (Заварзин, 2003), ведёт к формированию биосферы, способной глобально изменить планету. Два миллиарда лет назад уже существовали сообщества кислородных цианобактерий. Следует предположить, что накопление кислорода в атмосфере могло происходить только при условии дисбаланса фотосинтетической продукции и деструкции в экосистемах. Если, как считает, в «прокариотии» и сформировалась планетарная «биогеохимическая машина», то работала она в основном на продукцию.

Около 1.5 миллиарда лет назад следующий этап, «протистий», был связан с появлением эукариот. Протисты вводят в живой мир фаготрофию, до этого вся жизнь была адсотрофной. Это привело к развитию целой огромной сети адаптаций, с которыми связано общее усложнение экоморфной «конструкции» тела организмов, формирование и освоения новых систем трофических связей, изошрѐнных трофических специализаций. В ценотическом плане существенно усложнилась структура сообществ, цепи питания стали более длинными, а трофические сети гораздо более обширными. Начали развиваться активные способы конкуренции, хищничество. Фаготрофия способствовала развитию собственной подвижности организмов, развитию локомоторных систем (Алеев, 1986). Появились механические деструкторы крупного детрита, изменилась в сторону увеличения скорость оборота вещества. С развитием органов рецепции изменилась информационная ценотическая среда. В дополнение к чисто химическим взаимодействиям добавились оптические, тактильные. Эти изменения происходили не у одного вида, это были направления трансформаций всего органического мира. Огромное значение играла экологическая конвергенция. Формирование колоссального количества видовых экологических ниш шло как бы параллельно с процессами формирования более ограниченного количества фундаментальных экоморфных. В растительном мире — мире адсотрофов, наоборот, изменения шли не в направлении возрастания активной подвижности, а от подвижности к седентарности. Экологически дополняющие друг друга группы экоморф — адсон и фагон, плантон и эфаптон в тесной «кооперации» завоёвывали Землю.

Далее развитие протистов эукариот приводит к появлению многоклеточности. Древнейшая многоклеточная водоросль *Gripania* обнаружена в отложениях возрастом около 1.8 млрд. лет, древнейшее многоклеточное животное *Horodiskia* обнаружено в отложениях возрастом 1.4 млрд. лет (Fedonkin, 2003). Этот этап эволюции биосферы, когда многоклеточные стали играть существенную роль в биосфере (около 1 млрд. лет назад), может быть назван «метазоем». Многоклеточность также открыла дорогу увеличению размеров («гонка размеров», по Г.А.Заварзину). Увеличение размеров у адсобионтов неизбежно привело к усложнению формы, фрактальному возрастанию относительной поверхности тела, у фагобионтов — к морфологическому и функциональному усложнению всех систем «обслуживания» внутреннего адсотрофного элемента (гастральной полости, желудка), а также усложнению поведенческих реакций. С точки зрения оценки процессов трансформации веществ важно отметить то, что пищеварительная система метазоа становится средой обитания симбиотических микроорганизмов. За счет симбионтов организмы смогли использовать ранее недоступные им пищевые материалы. Биохимический тренд эволюции приводит к формированию процессов биоминерализации и появлению минерально-органического скелета у метазоа.

И опять следует подчеркнуть, что такое важное образование как минерально-органический скелет (внутренний или внешний) появился в кембрии сразу у множества форм. Это явление стало очень важным для всей биосферы, существенно усилило гигантский планетарный (тогда — всегидросферный) биогео-

химический механизм биогенного накопления кальция и других элементов. В связи с этим, видимо, можно выделить ещё один этап эволюции — «скелетоний» — с начала кембрия.

Следующий этап эволюции («плантий», средний палеозой, 400 млн. лет назад) характеризуется выходом фотосинтезирующих организмов из гидросферы в атмосферу. С появлением наземной растительности суммарная биосферная продукция начала быстро и существенно возрастать.

Во все периоды эволюции биосферы в целом происходили изменения аддитивного, накопительного характера. Ни одно глобальное «достижение» эволюции не исчезло, хотя некоторые существенно трансформировались. Например, по общему выражению Г. А. Заварзина (2003), появление кислородной атмосферы и кислородного океана привело к «выворачиванию биосферы наизнанку»: вместо внутренних аэробных «карманов» появились локальные анаэробные местообитания. Однако аноксибионтное существование отнюдь не исчезло с лица Земли.

Таким образом, вряд ли есть основания утверждать, что биосфера оставалась неизменной.

В.И. Вернадский совершенно определенно признавал «дарвиновскую эволюцию». В статье, написанной в 1943 г. и опубликованной в 1945 г. в журнале «American Scientist», В.И. Вернадский прямо указывал на главнейшую особенность живого вещества — способность эволюционировать.

«История живого вещества разворачивается как медленная модификация форм живых организмов, генетически непрерывно связанных между собой от поколения к поколению. Эта идея не была разработана в научных исследованиях до 1859 года, когда она получила обоснование в великих трудах Чарльза Дарвина (1809-1882) и Альфреда Уоллеса (1822-1913). Она была сформулирована в учении об эволюции видов растений и животных, включая человека. **Эволюционный процесс — свойство и особенность только живого вещества.** (Vernadsky., 2005 (перевод и выделения наши, А.П.).

Важно то, что Вернадский одним из первых поставил вопрос об эволюции целого, биосферы. Ни одно эволюционное событие не происходило и не происходит вне биосферных процессов. Это же касается и проблемы происхождения жизни. Появление жизни на Земле — это появление биосферы.

«Проблема начала жизни есть проблема начала жизненной среды на нашей планете. Говоря о появлении на нашей планете жизни, мы в действительности говорим только об образовании на ней биосферы.» Вернадский, 1994, с. 448, 457.

УЧЕНИЕ В.И. ВЕРНАДСКОГО И СОВРЕМЕННОСТЬ

Основные работы были написаны В.И. Вернадским в 1920-40-х годах, но только в конце прошлого века идеи биосферы стали завоевывать широкое признание и популярность. Интерес к проблемам, связанным с биосферой, её строением, функционированием резко возрос во второй половине XX века. Этому спо-

собствовало, в частности, расширение освоения космического пространства, что позволило взглянуть на нашу планету, океан и материки в целом, получить колоссальную по объему информацию со спутников Земли о состоянии поверхности суши, океана и атмосферы. Космические аппараты позволили получить данные о других планетах Солнечной системы. Разнообразные и многочисленные исследования Мирового океана позволили выявить не только локальные, но и глобальные, планетарные процессы.

Идея глобальной роли живого присутствует не только в работах В.И.Вернадского.

Один из создателей математической экологии А. Лотка указывал на существование систем организмов, в глобальном масштабе представляющих собой единое целое.

«Тела организмов, относящихся ко всем этим видам, вместе с определенными неорганическими структурами, составляют огромный единый всемирный преобразователь. Полезно приучиться представлять себе этот преобразователь как одно громадное целое, одну великую империю» Lotka A., 1925. (Цит. по Элтон. (с.162).

В 1970-х годах английским исследователем Дж. Лавлоком (Lovelock, 1979) была предложена концепция Геи (Gaia hypothesis, названа в честь древнегреческой богини Земли — Геи). Концепция не была, продолжением или развитием идей Э.Зюсса — В.И.Вернадского, а скорее “конвергентно” сформулированной идеей всеобщей планетарной взаимосвязи биогеохимических и биологических процессов, которые создают самоорганизующуюся систему. Дж. Лавлок лишь в последующих работах упоминает работы Вернадского. Взаимодействие и взаимообусловленность процессов позволяют Гее существовать как единому «сверх-организму», который за счет этих процессов обеспечивает продолжительное существование жизни на планете, поддерживая процессы экспансии жизни, ее разнообразия и лимитируя деструктивные процессы. Системы живых организмов развиваются в направлении заполнения новых экологических ниш. Основываясь на взаимодействии с абиотической средой, жизнь, в свою очередь, активно участвует в поддержании биогеохимических циклов.

Концепция или гипотеза Геи в определенном смысле стала этапом в разработке проблем биосферологии. Например, Г.А. Заварзин (2003) ставит её в один ряд с системными концепциями Ч. Дарвина, С.Н. Виноградского, В.И. Вернадского.

Научные концепции В.И.Вернадского, уже сыграли колоссальную роль в формировании мировоззрения, однако, можно смело предположить, что будущие поколения откроют для себя новые важные стороны его творческого наследия.

Айзатуллин Т.А., Лебедев В.Л., Хайлов К.М. Океан. Активные поверхности и жизнь. Ленинград: Гидрометеоиздат, — 1979. — 192 с.

Алеев Ю.Г. Экоморфология. — Киев: Нак. Думка. — 1986. — 423 с.

Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб: Наука. 2000. 147 с.

Беклемишев В.Н. Основные понятия биоценологии в приложении к животным компонентам наземных сообществ // Тр. по защите растений. 1931. т.1. вып.2. с.277-358.

- Беклемишев В.Н.* Об общих принципах организации жизни // Бюлл.МОИП. Отд.биол. 1964. т.69. вып.2. с.14-26
- Берг Л. С.* Географические зоны Советского Союза. М.: Гос. изд. географической литературы ОГИЗ. 1947. 397 с.
- Богоров В. Г.* О единстве природы океана // Вест. Моск. гос. ун-та. Сер. географ. 1959. № 4. с. 201-206.
- Богоров В. Г.* Планктон Мирового океана. М. : Наука, 1974. 320 с.
- Богоров В. Г., Зенкевич Л. А.* Биологическая структура океана // Экология водных организмов. М.: Наука, 1966. С. 3—14.
- Бруевич С.В.* Распределение и динамика живого вещества в Каспийском море// ДАН СССР. 1939. т.25. №2, с. 139-143.
- Вернадский В.И.* Живое вещество. М.: Наука. — 1978. — 358с.
- Вернадский В.И.* Биосфера. Л.: Научн. Хим.-тех. изд-во. 1926. 146 с.
- Вернадский В.И.* Живое вещество в химии моря. Петроград.: Научное Химико-Техническое Издательство — 1923. — 37с.
- Вернадский В.И.* Живое вещество и биосфера. М.: Мысль 1994. 672 с.
- Виноградов М. Е.* Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М.: Наука, 1968. 320 с.
- Волвенко И. В.* Общие закономерности пространственно-временного распределения интегральных характеристик макрофауны пелагиали Северо-Западной Пацифики// Вестник Дальневосточн. Отд. РАН. 2009. №3 (145). С.23-31 с.
- Гиляров А. М.* Ариаднина нить эволюционизма // Вестник РАН. — 2007. — 77, № 6. — С. 508-519.
- Гиляров А.М.* «Pouvoir de la vie»: Ж.Б.Ламарк в предыстории экологии// Природа.1999. N 4. с. 21-28
- Гиляров А.М.* Вернадский, дарвинизм и Гея. Критические заметки на полях «Биосферы»//Журн. общ.биол. 1994.Т.55. №2. С.238-249.
- Горшков В.В., Горшков В.Г., Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Макарьева А.М.* Биотическая регуляция окружающей среды// Экология. 1999. №2.-с.105-113.
- Гумбольдт А.* География растений /под общ. ред. Н. И. Вавилова. М.:ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ. 1936. 230 с.
- Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. —348 с.
- Зайцев Ю. П.* Введение в экологию Черного моря. Одесса: Эвен, 2006. 224 с.
- Зайцев Ю. П.* Морская нейстонология. Киев : Наук. думка. 1970. 264 с.
- Зенкевич Л.А.* Биологическая структура океана//Зоол. журн. 1948. т.27.вып. 2. с.113-124 .
- Камшилов М. М.* Эволюция биосферы. М. : Наука, 1974. 254 с.
- Карзинкин Г. С.* Основы биологической продуктивности водоемов. М. : Пищепромиздат, 1952. 342 с.
- Кафанов А.И.* Историко-методологические аспекты общей и морской биогеографии. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 2005. 208 с.
- Лапо А.В.* Следы былых биосфер. М.:Знание. 1987. 208 с.
- Маргалев Р.* Облик биосферы. М. : Наука, 1992. 214 с.
- Одум Ю.* Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.
- Протасов А. А.* Биомы в гидросфере // Морск. экологич. журн. 2006. т. V. № 3. с. 31—44.
- Тимирязев К.А.* Значение переворота, произведенного в современном естествознании Дарвином// Иллюстрированное собрание сочинений Чарльза Дарвина. Т.1 М.: Изд-во Ю.Лепковского, 1907. с. xii-xvi.
- Хайлов К. М.* Что такое жизнь на земле? Одесса : Друк, 2001. 238 с.
- Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е.* Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. Киев: Наук. Думка. 1992. 280 с.
- Шадрин Н.В.* Александр Гумбольдт — первый эколог// Морск.Экол журн. 2009. №3. с.77- 83.
- Шмидт-Нильсен К.* Размеры животных: почему они так важны? М. : Мир, 1987. 259 с.
- Элтон Ч.* Экология насекомых животных и растений. М.:Иностранная литература. 1960. 230 с.
- Fedonkin M. A.* The origin of the Metazoa in the light of the Proterozoic fossil record // Paleontological Research. — 2003. — 7, N 1. — P. 9 — 41.
- Lovelock J.E.* Gaia: a new look at life of the Earth. Oxford: Oxford University Press. 1979. 157 p.
- Vernadsky V.I.* The Biosphere and the Noösphere // Executive Intelligence Review.— February 18, 2005. www.larouchepub.com

И.В. ДОВГАЛЬ

УЧЕНИЕ В.И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ И ГИПОТЕЗА ГЕИ ДЖ. ЛАВЛОКА

Учение В.И. Вернадского о биосфере долгое время оставалось практически неизвестным за пределами бывшего СССР в связи с тем, что его основные труды на эту тему мало переводились на иностранные языки. Имевшиеся переводы его работ о биосфере на французский (1926), сербскохорватский (1960) и итальянский (1960) языки остались почти незамеченными (Piquerías, 1998), как и прижизненная статья Владимира Ивановича (Vernadsky, 1945), опубликованная на английском языке в американском журнале. Только после того, как в конце 90-х годов 20 века был опубликован достаточно полный перевод книги В.И. Вернадского «Биосфера» на английский (Vernadsky, 1997) и одновременно испанский языки его взгляды стали приобретать популярность за рубежом (Piquerías, 1998).

Как это обычно бывает, сходные с взглядами В.И. Вернадского идеи высказывались независимо от него. Так представления о Земле как о некоем сверхорганизме еще в XVIII веке развивал шотландский врач и геолог-любитель Дж. Хаттон (в другом написании Гаттон), который, в частности, реки сравнивал с кровеносными сосудами, а геологические процессы трактовал как «физиологию Земли».

Современная версия подобных взглядов сформировалась в шестидесятых-семидесятых годах XX столетия, когда английский ученый Джеймс Лавлок (Lovelock, 1979, 1995) выдвинул концепцию, которую он назвал гипотезой Геи (Gaia hypothesis). Дж. Лавлок упоминает Хаттона в качестве одного из своих предшественников.

Поскольку труды Лавлока, в свою очередь, не переводились на русский язык, его взгляды остаются малоизвестными русскоязычному читателю. В немногочисленных комментариях на этот счет указывается на близость взглядов В.И. Вернадского, Дж. Лавлока и его ближайшей соратницы — известного американского микробиолога Линн Маргулис, которая активно занимается развитием и популяризацией гипотезы Геи. Писал об этой близости позиций и сам Джеймс Лавлок, который прочел книгу В.И. Вернадского «Биосфера» когда она была переведена на английский язык.

Дж. Лавлок сформулировал гипотезу Геи в конце 60-х годов во время своего участия в качестве консультанта космической программы NASA, где он разрабатывал методы обнаружения жизни на других планетах, в частности, на Марсе.

При этом Дж. Лавлок обратил внимание на то, что земная атмосфера находится в состоянии очень далеко от химического равновесия: высокое содержание кислорода в ней имеет место наряду с наличием метана и других химически активных газов, что было бы невозможным на лишенной жизни планете. Высокое содержание азота и водяных паров также сложно объяснить только с позиций геохимии. В результате он пришел к выводу, что для поиска возможной жизни на других планетах следует обращать внимание на наличие химического неравновесия в атмосферах, которое нельзя объяснить химическими законами.

По мнению Дж. Лавлока наблюдаемое неравновесное состояние атмосферы Земли является следствием сложного системного взаимодействия всех ее компонентов, подобно тому, как взаимодействуют отдельные компоненты живого организма. Концептуально Гея — это взгляд на Землю из космоса как на самоподдерживающую живую организацию. Абиотическая и биотическая составляющие Геи — это состояния единого циклического процесса, которые непрерывно переходят друг в друга и лишь условно выделяются наблюдателем.

Также Гея обладает важными саморегуляторными, "физиологическими" функциями. В частности Дж. Лавлок сконцентрировал внимание на способности биоты регулировать климат на планете. При этом круговорот веществ аналогичен с метаболическим обменом в живом организме.

По мнению Дж. Лавлока и Линн Маргулис, организмы, популяции, экосистемы, человечество, а также воздух, почва, скалы являются компонентами симбиотической системы — Геи, между которыми осуществляется информационный обмен.

Пример практического приложения гипотезы Геи: больше нет необходимости оправдывать сохранение разнообразия видов в такой экосистеме, как влажные тропические леса только при помощи довода, что там могут произрастать растения, являющиеся источником лекарственного сырья для человека. Концепция Геи, по мнению ее авторов, предлагает намного более сильную аргументацию. Так, благодаря способности растений испарять огромные массы воды через поверхность листьев, деревья способствуют сохранению экосистем тропиков и планеты в целом, создавая отражающий зонтик из облаков. Замена лесов на пахотные земли в таком случае приведет к региональной экологической катастрофе с глобальными последствиями.

Дж. Лавлок формулирует основные положения гипотезы Геи следующим образом:

1. Жизнь это явление планетарного масштаба.
2. Планета не может быть только частично заселена живыми организмами, так как их наличие в определенном количестве является необходимым условием регуляции окружающей среды. При неполном заселении какой-то территории на

ней усиливается действие физических и химических факторов, что вскоре делает ее непригодной для жизни.

3. Дарвиновская концепция адаптации ошибочна. Развитие организмов влияет на физические и химические факторы; эволюции видов и геологические эволюции, следовательно, тесно взаимосвязаны как единый процесс.

4. Трактовка видов и их физического окружения в качестве единой системы дает возможность получить экологические модели, которые математически стабильны и в то же время включают большое число конкурирующих видов. Чем выше разнообразие видов в системе, тем более эффективно она регулируется.

Здесь заметны принципиальные различия в подходах Дж. Лавлока и В.И. Вернадского. Так Гея по Лавлоку это Земля в целом, а не только биосфера. Вероятно поэтому Дж. Лавлок в своих работах не обсуждает пространственные границы Геи, тогда как Вернадский специально рассматривает вопрос о границах биосферы.

Согласно концепции Геи активная роль в создании условий для существования живого приписывается планете. По мнению В.И. Вернадского основную активную роль в биосфере играет живое вещество, роль которого даже существенней, чем у геологических процессов.

Согласно взглядам В.И. Вернадского, с осознанием своего влияния на формирование и состояние биосферы человечество способно научиться изменять окружающую его природу без разрушительных для нее последствий. По мнению Дж. Лавлока, человечество не может быть менеджером Земли в принципе, и уже обрекло себя на самоуничтожение. Гея — это система, стремящаяся к самосохранению, отвечая глобальными изменениями климата и природными катастрофами на негативное воздействие человека на природу. В свою очередь человечество по Лавлоку — болезнь Геи, от которой она, несомненно, излечится.

Одно из главных отличий концепций Вернадского и Лавлока состоит в том, что взгляды Вернадского базируются на анализе гигантского массива данных из различных научных областей: геологии, геохимии, климатологии, планетологии, экологии, эволюционной теории и др. Эмпирическая основа для гипотезы Лавлока — данные о составе и функционировании атмосферы. По сути, она не выходит за рамки метеорологии, климатологии и аэрологии. Концепция Геи в значительной мере умозрительна и метафорична, что признает и ее автор, и его ближайшие сподвижники. Например, Л. Маргулис даже высказывается против сомнительной по ее мнению трактовки Земли как единого живого организма, полагая, что подобная метафора ведет к мистицизму и ошибочным представлениям о Земле (Piqueras, 1998).

Другое принципиальное различие состоит в том, что гипотеза Геи является телеологичной (Piqueras, 1998). Действительно, согласно этой концепции существует изначально целесообразная система, где органическая и неорганическая составляющие находятся в также изначально целесообразных симбиотических взаимоотношениях. В отличие от этого, учение Вернадского подразумевает эволюцию биосферы, в ходе которой преобразующая функция «живого вещества»

все более усиливается, а со временем становится определяющей — живые организмы сами создают себе область жизни.

Как нам представляется, положения теории биосферы Вернадского и гипотезы Геи Лавлока имеют лишь внешнее сходство. О близости позиций этих исследователей можно говорить только в контексте понимания планетарного значения живого на Земле. Нет оснований и утверждать, как это иногда делается, что гипотеза Геи является развитием взглядов В.И. Вернадского.

Не умаляя значимости гипотезы Геи, отметим, что область ее приложения в большей степени — пропаганда природоохранных взглядов соответствующими общественными организациями, тогда как учение В.И. Вернадского является теоретической основой для исследований по нескольким крупным разделам науки.

Piqueras M. Meeting the Biospheres: on the translations of Vernadsky's work// *Internat. Microbiol.* — 1998. — 1. — P. 165-170.

Vernadsky V.I. The biosphere and the noosphere// *American Scientist.* — 1945. — 33. — P. 1-12.

Vernadsky V.I. The Biosphere. Complete annotated edition. Copernicus, Springer-Verlag: New York, 1997. — 192 p.

Lovelock J.E. Gaia: A new look at life on Earth. Oxford University Press, 1979. — 252 p.

Lovelock J.E. <http://www.amazon.com/dp/0393312399?tag=ecoboo08-20&camp=14573&creative=327641&linkCode=as1&creativeASIN=0393312399&adid=1BXA1HZ3ZA578JTFZSM5&> The ages of Gaia: A Biography of our living Earth. W. W. Norton & Company, 1995. — 255 p.

Наукове видання

Вибрані наукові праці академіка
В.І. Вернадського

Том 4
Геохімія живої речовини
Книга 2

Затверджено до друку
Вченою радою Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена Національної академії наук України

Редакційна колегія тому:

- І.А. Акімов, член-кореспондент НАН України (голова);
Е.В. Собонович, академік НАН України;
А. М. Голубець, академік НАН України;
Д. М. Гродзинський, академік НАН України;
Ю. П. Зайцев, академік НАН України;
Г. Г. Полікарпов, академік НАН України;
В. Д. Романенко, академік НАН України;
К. М. Ситник, академік НАН України;
Я. П. Дідух, член-кореспондент НАН України;
В. М. Єгоров, член-кореспондент НАН України;
І. Г. Ємельянов, член-кореспондент НАН України;
А. П. Травляєв, член-кореспондент НАН України;
Г.С. Шульман, член кореспондент НАН України;
І. В. Довгаль, доктор біологічних наук;
В.В. Долін, доктор геологічних наук,
С. В. Межжерін, доктор біологічних наук;
О. О. Протасов, доктор біологічних наук;
В. О. Харченко, доктор габілітований

Автори вступної статті до тому:

Е.В. Собонович, І.А. Акімов, В.В. Долін

Автори-укладачі:

І.А. Акімов, В. О. Харченко, В.В. Долін, Г. Г. Полікарпов, І. В. Довгаль, О. О. Протасов,
В. М. Єгоров, С. В. Межжерін

Оригінал-макет:

О. Цудзинович

Друк ТОВ «Велес»
03191 м. Київ, а/с 122.
Свідоцтво К1 № 94 від 18.12.2006 р.

Підписано до друку 18.12.2012. Формат 70×100/16.
Ум. друк. арк. 75,4. Обл.-вид. арк. 73,0.
Наклад 750 прим. Зам. 164/12.