

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ



Екатеринбург
2012



Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный
университет»

**ЛИТОЛОГИЯ
И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ
ИСКОПАЕМЫХ**

Межвузовский научный тематический сборник

Выпуск VI (22)

Екатеринбург

2012

УДК 552.5 + 553.9

Л 64

Литология и геология горючих ископаемых: межвуз. науч. Л 64 темат. сб. / редкол.: Алексеев В. П. (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2012. Вып. VI (22). 238 с.

Заключительный выпуск сборника посвящен 100-летию со дня рождения известного литолога Любови Николаевны Ботвинкиной (1912-1989). В нем, как и в предыдущих, освещен обширный спектр проблем и вопросов, связанных с изучением осадочных бассейнов и содержащихся в них горючих ископаемых. Значительное внимание уделено методологии седиментологических исследований. Приведены новые сведения по вещественному составу отложений и геологическому строению ряда объектов, включая промышленно значимые.

Сборник предназначен для широкого круга геологов, занимающихся изучением осадочных толщ, вмещающих горючие полезные ископаемые всего диапазона (торф, уголь, нефть, газ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета УГГУ

Редакционная коллегия:

Проф. В. П. Алексеев (ответственный редактор) – Уральский гос. горный ун-т; проф. С. И. Арбузов – Томский политехнический ун-т; проф. М. В. Голицын – Московский гос. ун-т; проф. В. В. Кирюков – С.-Петербургский гос. горный ин-т (технический ун-т); доц. В. Н. Кошевой (отв. секретарь) – Уральский гос. горный ун-т; проф. В. Г. Кузнецов – Российский гос. ун-т нефти и газа; чл.-корр. РАН А. В. Маслов – Ин-т геологии и геохимии УрО РАН; проф. Б. С. Панов – Донецкий гос. технический ун-т; проф. В. И. Русский (зам. отв. ред.) – Уральский гос. горный ун-т; проф. А. К. Седых – Дальневосточный гос. технический ун-т.

© Уральский гос. горный университет, 2012

© Авторы, постатейно, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Представленный выпуск посвящен 100-летию со дня рождения Любови Николаевны БОТВИНКИНОЙ (1912-1989), внесшей большой вклад в изучение слоистости, фациального состава и цикличности осадочных толщ. Соответственно, он открывается материалами, содержащими анализ ее научного наследия, включая их проекцию на сегодняшнее состояние данной проблематики.

Относительно немногочисленные статьи собственно научного характера скомпонованы в три примерно равновесных раздела. Первый из них, включающий материалы методологической направленности, открывается статьей выдающегося советского геолога А. Л. Яншина, не опубликованной при его жизни. На взгляд редколлегии, она во многом не потеряла своей значимости и может быть интересна читателю не только в историко-познавательном плане. Два других раздела посвящены преимущественно разбору разных аспектов угольной геологии и качества углей (включая углепетрографию). В этом можно увидеть возвращение к первичной «ипостаси» сборника, который до 2006 г. включительно имел название «Геология угольных месторождений».

Значительную часть сборника составляют материалы хроникально-мемуарного характера. Это соответствует его традициям, начатым в 1995 г. посвящением 5-го выпуска 100-летию со дня рождения известного геолога-угольщика проф. А. К. Матвеева (1895-1991). В последующем такие мемории были продолжены в большинстве выпусков сборника.



Любовь Николаевна БОТВИНКИНА
(1912-1989)

В. П. Алексеев

Уральский гос. горный университет

**СЛОИСТОСТЬ – ФАЦИИ – ЦИКЛИЧНОСТЬ
(к 100-летию со дня рождения
Любови Николаевны БОТВИНКИНОЙ)**

У большинства геологов, изучающих осадочные отложения (и не только – !), упоминания о работах Любови Николаевны БОТВИНКИНОЙ (20.10.1912-25.09.1989 гг.) устойчиво ассоциируются с изучением текстурной характеристики пород (в основном слоистости). Однако Л. Н.* отнюдь не являлась исследователем «одной темы». Напротив, диапазон ее научных интересов был весьма обширен. В предложенной статье постараемся проследить основные или своего рода «узловые» точки приложения многогранной деятельности этого выдающегося ученого. Кратко они изложены в Предисловии к трудам Совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л. Н. Ботвинкиной [30], информация о котором помещена в представленном сборнике. Помимо этого, автор посчитал возможным поделиться личными воспоминаниями о работе с Любовью Николаевной в последнее десятилетие ее жизни и деятельности (1978-1989).

Творческое наследие

Сравнительно полное представление о работах Л. Н. Ботвинкиной дает перечень, составленный ею самой при написании книги [19], изданной уже после ее кончины. Список насчитывает 27 работ, где она является первым, и в 24 случаях – единственным автором. Это свидетельствует о том, что хотя Л. Н. не чуралась соавторства и умела работать в коллективе, но основные свои работы писала единолично. Попробуем, как это и анонсировано в начале статьи, проследить творческий путь Л. Н. по ее важнейшим научным работам.

➤ В науку Л. Н. вошла в первые послевоенные годы, осуществляя комплексное изучение угленосных отложений в Ленинском районе Кузбасса. Их она выполняла, уже имея существенный практический опыт исследований, накопленный во время работы в Наркомате угольной промышленности. Как она указала сама, «тема ... составляла часть работы по выявлению условий осадко- и угленакопления ерунаковской подсвиты в Кузбассе, проводимой под руководством Ю. А. Жемчужникова и В. С. Яблокова». Результаты работы, защищенные как кандидатская диссер-

* Любовь Николаевна – здесь и далее для упрощения. (В. А.).

тация, в последующем опубликованы [6]. Они свидетельствуют о том, что уже к началу пятидесятих годов прошлого века Л. Н. представляла собой полностью сложившегося исследователя, с широким кругом интересов. Это явствует уже из оглавления данной работы, которое представлено следующим образом.

Глава I. Литологические признаки пород.

" II. Описание пород.

" III. Генетические типы пород.

" IV. Циклическое строение угленосной толщи. Типы циклов.

" V. Характеристика разреза Полысаевского участка; зоны, подзоны и характер их изменения в пространстве и во времени.

" VI. Причины образования циклов осадконакопления.

" VII. Сопоставление угольных пластов Ленинской и Егоровской синклиналей. Корреляция угольных пластов методом фациально-циклического анализа.

" VIII. Условия осадконакопления угленосной толщи в Ленинском районе Кузнецкого бассейна.

Работа завершена сжатыми «Основными выводами» и сопровождается восемью таблицами с фотографиями и зарисовками 36 образцов керна. Последние представляют собой мини-атлас, иллюстрирующий отложения разного генезиса, описанные в III главе (см. выше).

Нетрудно заметить, что многие сотни (без преувеличения - !) защищенных в последующее время диссертаций (да и продолжающих защищаться) на литологическую (s.l.) тематику вполне могут быть «наложены» на приведенную выше структуру работы, как на своего рода «матрицу». Несомненно, это в первую очередь является заслугой руководителя, Юрия Аполлоновича Жемчужникова, чей авторитет для Л. Н. всегда был непоколебим. Но и легло такое руководство на весьма благодатную почву, что ярко раскрылось в последующем.

➤ Сразу же после завершения работ в Кузбассе, Л. Н. включается в выполнение крупной исследовательской темы по среднему карбону Донецкого бассейна. Полевые работы специально созданной Донбасской комплексной угольной экспедиции Института геологических наук (ИГН) АН СССР проводились в 1947-1952 гг. Изучение керна скважин, обнажений и горных выработок проводилось по тщательно разработанной методике, нацеленной на установление генезиса отложений (фации) непосредственно при документации. В последующем эти определения уточнялись при построении колонок скважин и других работах.

Первым крупным итогом выполненных работ явился сборник [3], в котором впервые освещена роль аллювиальных отложений в сугубо паралической угленосной толще Донбасса. Особое же значение имел Атлас литогенетических типов, изданный в 1956 г. [4]. Абсолютно пионерным явилось то, что его предлагалось использовать как атлас-определитель, что

осуществлялось с помощью несложных операций, выполняемых по сводным таблицам диагностических признаков. Именно поэтому Атлас не потерял своей актуальности вплоть до сегодняшнего времени. Отметим, что общие положения Атласа написаны Ю. А. Жемчужниковым и В. С. Яблоковым, а описание трех ведущих групп отложений было выполнено П. П. Тимофеевым (континентальные), А. П. Феофиловой (переходные) и Л. Н. Ботвинкиной (морские). Л. Н. приняла также участие в характеристике карбонатных отложений – известняков.

По прошествии нескольких лет, в краткой статье-рецензии [11] Л. Н. сформулировала набор основных требований, которым должны удовлетворять атласы как **особый вид научной продукции**. Считая, что этот перечень непреходяще актуален, изложим его почти в авторском виде, с небольшими сокращениями и изменениями.

- Материал, помещаемый в Атлас, должен быть расположен методически продуманно и четко структурирован, создавая максимальное удобство для практического использования. Количество повторений, так же как и «перекрестных» ссылок, должно быть минимальным.

- Систематизация материала должна четко соответствовать принятой классификационной схеме. В любом случае должны обязательно соблюдаться общие правила классификации: частное должно подчиняться общему, не должно быть повторений, отнесения одного явления в различные рубрики и т. п.

- Явления более сложные или более существенные должны быть охарактеризованы более подробно и бóльшим количеством иллюстраций (и наоборот). Особо следует остановиться на явлениях, сходных внешне, но различных по существу, указав на черты как сходства, так и различия.

- Атлас должен быть построен так, чтобы была обеспечена максимальная легкость и быстрота при пользовании им. Таблицы и их заголовки должны иметь такое соответствие с содержанием и оглавлением, чтобы можно было быстро найти изображение того или иного явления, не пересматривая их подряд или наудачу.

- Не должно быть ни случайности, ни тем более тенденциозности в подборе материала. Он должен подбираться объективно, независимо от личных вкусов и направления работ составителя. Материал должен соответствовать современному уровню знаний в данной области.

Легко заметить, что перечисленные требования являются вневременными методическими рекомендациями, оставаясь актуальными и в сегодняшней действительности.

➤ По завершении полевых работ в Донбассе, Л. Н. много занимается обработкой полученных данных, уделяя особое внимание методологическим аспектам **фациально-циклического анализа**, предложенного Ю. А. Жемчужниковым. Ее ключевая роль в разработке и шлифовке прие-

мов и исследований отчетливо видна в серии статей, опубликованных в 1950-е гг. в разных изданиях, в том числе в «Известиях АН СССР. Серия геологическая» [5, 7, 8, 9]. В это же время ею подготовлены три раздела в двухтомник «Методы изучения осадочных пород», подготовленный под руководством Н. М. Страхова и до настоящего времени не утративший своего значения [23]. Это глава III в первой части («Полевые наблюдения над структурами и текстурами осадочных пород»; написана совместно с Л. Б. Рухиным и И. В. Хворовой); глава IV шестой части («Фациально-циклический анализ. Корреляция разрезов осадочных пород (на примере угленосных отложений)»). Симптоматично, что двумя последними главами завершается изложение соответствующих частей, а также двухтомника в целом.

Финальным аккордом многолетнего изучения Донбасса явилась двухтомная монография «Строение и условия накопления...» [29], вышедшая уже под маркой Геологического института АН СССР (ГИНа), в который в 1956 г. был переименован ИГН. В этой фундаментальной работе подробно изложена методика фациально-циклического анализа (ч. 1, с. 51-120) и приведены исчерпывающие сведения о составе, строении и условиях формирования угленосных отложений среднего карбона Донбасса. Л. Н. приняла участие в написании IV, VI, VIII, X, XI и XII глав работы (из тринадцати). При этом ей принадлежит основная часть материалов по циклическому строению толщи и причинам, обусловившим ее проявление.

Следует признать, что методика фациально-циклического анализа вызвала и дискуссию. Особенно ярко таковая выразилась в противопоставлении с фациально-геотектоническим анализом, разработанным Г. А. Ивановым и долгое время применявшимся геологами-угольщиками ВСЕГЕИ. В частности, об этих и других методах достаточно детально написано в более поздней работе [24]. Как бы то ни было, фациально-циклический анализ в последующие годы был успешно реализован при изучении многих угленосных толщ как позднепалеозойского, так и мезозойского возраста. Уже в XXI в. нами была показана его полная работоспособность не только для глубокозалегающих угленосных отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района [27, 29], но и для безугольных терригенных раннемеловых толщ Красноленинского района Западной Сибири [28].

Несомненной вершиной в научном творчестве и наследии Л. Н. явилась фундаментальная монография «Слоистость осадочных пород» [10], изданная в год ее 50-летия и написанная по материалам докторской диссертации. Во введении к монографии Л. Н. напишет так: «Работа по всестороннему изучению явления слоистости была задумана и намечалась в 1955 г. совместно с Ю. А. Жемчужниковым, который еще в 1926 г. впервые в нашей литературе указал признаки слоистости в некоторых генетических типах отложений, а затем не раз возвращался к этой любимой им

теме. Непосредственно Ю. А. Жемчужниковым была начата разработка вопроса о связи слоистости с периодичностью седиментации, прерванная его смертью в начале 1957 г.».

Сложилось так, что эта монография существенно менее популярна, нежели ее «адаптированное» издание, известное как «Методическое руководство по определению слоистости» [12]. Отчасти это связано с бóльшим тиражом последнего (3500 экз. против 2000), но еще в большей степени с ее твердым переплетом и более «удобным» объемом. Вновь «предоставим слово» самой Л. Н. Во введении к «Методическому руководству» она пишет: «Мысль о необходимости создания предлагаемой работы возникла у автора в результате общения с широкими кругами геологов и многократных обращений их за консультацией по вопросам, возникающим в процессе работы, в том числе при **непосредственной работе в поле**» (выделено нами. – В. А.).

Стремление максимально приблизить работу к нуждам производства, «полевиков», привело к тому, что первая часть работы, посвященная собственно слоистости, оказалась сокращена более чем на треть (со 190 до 120 стр.). Вчетверо (!) оказалась сокращена вторая часть, содержащая текстурную характеристику разных фаций (с 260 до 70 стр.). Это особо следует учитывать тем, кто интересуется именно фациальными реконструкциями. В то же время почти без изменений оставлен объем материалов, относящихся к собственно методике работ по изучению слоистости и решаемых при этом задачах (70 и 50 стр. соответственно).

В это же время, обработав материалы, «вчерне» собранные Ю. А. Жемчужниковым, Л. Н. издает под именем последнего небольшую монографию [22], отдавая тем самым посмертную дань своему Учителю. Отметим здесь, что такой подход в научном мире встречается далеко не часто. В художественной литературе он ярко описан в популярной некогда повести И. Грековой (Е. С. Вентцель) «Кафедра».

Можно отметить подводящую итоги данному периоду содержательную статью, в которой Л. Н. предлагает рассматривать текстурный анализ как самостоятельный метод изучения осадочных толщ [13]. Остается выразить сожаление, что истекшие ровно столетия после издания блестящей монографии 1962 г. не сильно продвинули литологическое сообщество по пути данной важнейшей характеристики осадочных отложений.

➤ После издания фундаментальных разработок по слоистости осадочных толщ, Л. Н. была задумана столь же капитальная сводка по их цикличности. В принципе, все наработки для этого имелись (см. выше), и если бы такое издание состоялось, то эта работа вполне могла выйти если не раньше известной сводки [21], то примерно одновременно с ней. В любом случае она бы опередила многочисленные и во многом спекулятивные «циклирования», шлюз для которых был открыт на Новосибирской конференции 1975 г. Частичным свидетельством такой готовности Л. Н.

является небольшая брошюра из серии «научпопа» [17] (ранее была издана подобная работа чуть большего объема, посвященная фациям и палеогеографическим реконструкциям [15]).

Однако следующий период деятельности Л. Н. (вторая половина 60-х – начало 70-х гг. XX в.) проходил в трудной обстановке. С одной стороны, в только что организованном Н. М. Страховым журнале «Литология и полезные ископаемые» ею опубликована серия статей преимущественно методического характера, которые по ряду аспектов не утратили интереса и значения вплоть до сегодняшнего времени [11, 13, 14]. С другой – она становится «неудобной» фигурой для другого участника «донецкого» коллектива Петра Петровича Тимофеева (1918-2008), который активно входит в администрирование и позиционирует себя основателем литолого-фациальных (не фациально-циклических! – В. А.) исследований. Естественно, что Л. Н. с этим смириться не могла.

В итоге в расцвете творческих сил Л. Н. была вынуждена заняться иным типом седиментогенеза, достаточно далеким от привычных ей сугубо осадочных толщ. Получилось так, что последняя крупная работа, изданная ею в ГИНе [16], по нашему мнению, не менее чем на 15-20 лет опередила свое время, оставшись по большей части непонятой современниками. Заключительная же ее монография по цикличности [19], увидевшая свет уже после кончины Л. Н. на те же 15-20 лет запоздала со своим выходом (см. выше), также будучи не вполне оцененной в геологическом сообществе.

О монографии [16] написано в статье В. Ф. Рудницкого, помещенной в данном сборнике. Отметим здесь три наиболее важных (по нашему мнению) аспекта, которые особенно ценны в этой работе.

- Подробно рассмотрев ситуацию, связанную с употреблением основных терминов – «фация» и «генетический тип», Л. Н. убедительно показала, что первый связан с физико-географической обстановкой, выраженной в признаках отложений, а второй – с механизмом, то есть **«единством процесса их формирования»** [16, с. 38].

- Подход к определению генезиса сложнейших в плане реконструкции условий формирования толщ именно в русле расшифровки **механизма** (то есть реконструкции генетических типов, а не фаций), ярко раскрыл нестандартность мышления Л. Н. Где-то вернувшись к своим изначальным представлениям (см. оглавление работы [6], приведенное в начале статьи), она совершенно по-новому представила видение обстановок, связанных с вулканической деятельностью.

- Естественно, что Л. Н. большое внимание уделила и цикличности толщ, формирующихся в областях с вулканизмом. Привлекает ее осторожное, но выверенное определение: «В отложениях областей активного вулканизма «циклом» мы считаем определенную закономерную последовательность отложений разных генетических типов, обусловленную различ-

ными причинами (как экзогенными, так и эндогенными), которая приобретает периодический характер; при этом циклы, ее составляющие, имеют не только черты сходства, но и черты различия в составе и строении, обусловленные общей направленностью развития данного региона» [16, с. 294].

➤ Обстоятельства сложились таким образом, что на пике своих творческих возможностей, вскоре после 60-летия, Любовь Николаевна была вынуждена покинуть ГИН, выйдя на пенсию. Хотя она и не теряла связи со своими коллегами и учениками, и по мере возможности участвовала в научной деятельности, ее возможности оказались существенно ограничены. Укажем на две статьи, приуроченные к 100-летию юбилею Ю. А. Жемчужникова [18] и оценке его деятельности [20]. Именно в этот период автору довелось познакомиться с Л. Н. лично, о чем пойдет речь во второй части статьи.

Личные воспоминания

Автору посчастливилось – не подберу другого слова – быть знакомым с Любовью Николаевной и даже совместно с ней обсуждать многие проблемы в течение более чем десятилетия (1978-1989). Об этом довольно подробно написано в автобиографическом издании [1]. Вначале повторим эти данные, затем повернув их в ином ключе. Естественно, что в этом разделе статьи изложение ведется от первого лица.

Мое первое, сугубо заочное знакомство с Л. Н. состоялось в весеннем семестре 1968/69 уч. года, при проведении практических занятий по фациально-циклическому анализу в рамках курса «Методы изучения осадочных пород». Мы пользовались недавно изданным «Методическим руководством...» [12], которое в достаточном количестве было закуплено библиотекой и приносилось на занятия. Довольно хорошо помнится, как на контрольной работе мне был выдан полированный образец туфоалеврита, с заданием определить расстояние переноса материала от источника сноса. При детальном описании образца с отчетливой ритмично-полосчатой текстурой, естественно, была использована работа Л. Н., благодаря чему первое знакомство и состоялось.

Естественно, что такое, даже и не «шапочное» знакомство так бы и прошло незамеченным – мало ли какие книги и учебники приходилось изучать в институте? Однако, в данном случае история имела прямое продолжение. В 1974 г., работая в Южно-Якутской комплексной экспедиции, автор поступил в заочную аспирантуру. Возникла потребность читать литературу, в том числе «Методическое руководство...». Поскольку его у меня не было, то по совету В. А. Князева, приехавшего для выполнения хоздоговорных работ, летом 1975 г. я написал письмо на адрес ГИНа Л. Н. Ботвинкиной с просьбой прислать мне эту книгу. Через некоторое время

получил ответ, суть которого заключалась в следующем. Л. Н. сообщала, что в ГИНе уже не работает, поэтому припозднилась с ответом, а лишнего экземпляра «Руководства» у нее нет. Одновременно она сообщила, что если у адресата возникнут какие-то вопросы, то он может к ней обращаться.

Такой вопрос возник, когда в 1977 г., переведясь в очную аспирантуру, я получил достаточно резкую отрицательную рецензию из редакции журнала «Литология и полезные ископаемые» на статью, посвященную цикличности строения нерюнгринской свиты. По моей просьбе статья была детально просмотрена Л. Н. с подробными рекомендациями и после переработки была напечатана в журнале «Известия вузов. Геология и разведка».

Мое личное знакомство с Л. Н. состоялось 8 декабря 1977 г. во время доклада на секции осадочных пород Московского общества испытателей природы (МОИП). Подробно об этом рассказано в книге [1]. Остановлюсь лишь на двух моментах. 1. Когда *перед* докладом, позвонив по раздобытому номеру телефона, я спросил о возможной встрече, то Л. Н. ответила так, что она как член МОИП будет на моем докладе и уж тогда решит, стоит ли нам встречаться. 2. Когда *после* доклада она пригласила меня для разговора к себе на Малую Калужскую, то настояла, чтобы время встречи назначил я, потому что являюсь в Москве гостем.

В последующем Л. Н. выступила оппонентом при защите моей кандидатской диссертации в том же ГИНе, в ноябре 1979 г. При обсуждении работы я как бы «попелял» ей, что она не сделала книги по цикличности, что «разменялась» на иную, вулканогенную тематику. На что она сказала буквально следующее (как бы слышу ее голос): «Мальчишка! Я все понимаю и после «Слоистости» намеревалась работать над «Цикличностью». Однако Тимофеев принудил меня заняться иной темой».

Вот тут, не имея обыкновения хвастать чем-либо, не побоюсь показаться нескромным человеком и рассказать о том, как побудил все-таки написать Л. Н. такую книгу о цикличности. Покажу это все в почти забытом ныне эпистолярном жанре, используя письма Любви Николаевны, написанные в течение 10 лет. Конечно, они даются, что называется в «отрывках из обрывков», но, возможно, представят некоторый интерес с позиций характеристики этой неординарной личности.

13.VIII.1979 г.

«К сожалению, мои знания лежат «мертвым грузом», не принося пользу делу и людям...».

18.X.1979 г.

«Я была в изд-ве «Недра», разговаривала с главн. редактором отдела «Общая геология» и подала заявку на работу «Цикличность осадочных толщ и методы ее изучения» объемом 17 печатных листов, с приложением

аннотации плана работы, а также Вашего письма (от СГИ, с обоснованием нужности работы. – В. А.).

Редактор сказал, что вообще издание этой работы реально, но конечно полной гарантии нет – это выяснится в самом конце года (в декабре). При этом об издании в 1981 г. не может быть и речи... Если работа будет полностью сдана в 1980 г., то она может выйти в свет в 1982 г.

Разговор в общем был вполне благожелательный. Может быть, с Вашей «легкой руки» дело и выйдет. Сейчас я пишу одну срочную статью по заказу из Ленинграда, а после ноябрьских праздников начну «Цикличность», чтобы не терять зря время».

22. I. 80 г.

«Я получила ответ (письменный) из изд-ва «Недра», где сказано следующее: «Издательство, рассмотрев на заседании Редсовета Ваше предложение об опубликовании монографии «Цикличность осадочных толщ и методы ее изучения», отложило принятие решения до апробации готовой рукописи». Зав. редакцией № 1 – С. С. Мухин. Это было получено 8 января.

Конечно, это не отказ, но все же... И, естественно, такой ответ немного меня вывел из взятого темпа работы. Но все-таки буду писать, а когда будет готово – попробую еще раз. Но, конечно, при уверенности в публикации энергия на это была бы большая».

23. II. 81 г.

«Прежде всего – о моей «работе». Я уже кажется Вам писала, что на ней, как мне иногда представляется, лежит какой-то «рок». Это смешно, но это так. После того, как перед Новым годом я активно взялась за работу, случилось «ЧП». Практически весь январь я чувствовала себя плохо. Сейчас все обошлось, понемногу думаю о деле, но даже боюсь уже говорить, что возьмусь опять активно за работу.

Что же касается угольного совещания в сентябре, то совершенно естественно, что для участия в нем мне надо иметь новый материал, которого у меня нет. Более того, я ведь теперь очень уже оторвалась от угольной геологии (темы по «Слоистости», «Вулканизму» и ... пенсия). Поэтому я конечно в нем участвовать не буду. Да и зачем? Спорить с ПП (имеется ввиду П. П. Тимофеев. – В. А.)? Это безнадежно.

Вы писали, что собираетесь поехать с Семериковым* в Туву. Учтите, что по Туве есть работа ПП!... А какое отношение к нему Семерикова? В общем виде получается нужна дипломатия, а так хотелось бы думать только о науке, об истине, о деле!...

Общение (хотя бы письменное) с моими друзьями и бывшими учениками придает мне энергию и желание еще поработать. Ведь очень труд-

* Имеется ввиду А. А. Семериков, научный сотрудник ВСЕГЕИ.

но быть оторванным от активной общественно-геологической жизни и при этом сохранять нужный тонус.

Недавно у меня была геолог из Петрозаводска – Галдобина Л. П., она тоже занимается цикличностью докембрия (и считает себя моей ученицей). Я ей рассказала немного о своих планах, и ее реакция меня очень вдохновила на дальнейшие дела. К сожалению, большинство моих единомышленников-друзей разбросаны по Советскому Союзу, а в Москве таких почти нет. Зато противников – больше, чем надо».

27.IV.81 г.

«Текст 2-й и 3-й глав пошлю после 3 мая, т. к. сейчас все равно будут валяться на почте, загруженной праздничной перепиской.

У меня к Вам дополнительная просьба: если будет время, прочитайте мой текст и как первый читатель – пишите Ваши замечания, возражения, пожелания и т. д. Это мне очень пригодится.

Мои планы таковы: в мае пишу Методику (60-80 стр.) и в санатории в июне ее переделываю и шлифую. После этого пошлю Вам свой уже написанный и переписанный текст, а также 2-3 рисунка для перечерчивания».

18.VIII.81 г.

«Хуже всего то, что мои «противники» действуют по странной методе: сначала приписывают мне то, что не писала, а потом это критикуют!...».

6.X.82 г.

«Что касается работы, то Вы меня «подогнали» и я вплотную взялась за нее. Но дело в том, что на машинку я хочу дать уже окончательно (более или менее) отделанный текст. Так что боюсь, что много Вам не смогу дать.

Я Вам сказала, что должна буду встретиться с Меннером.^{**} Он узнал мой домашний телефон и сказал, что хочет со мной проконсультироваться по цикличности. Конечно, со стороны академика это была вежливая формулировка, так как он сам достаточно много знает и по этому вопросу. Он приехал к нам 4 октября, и мы проговорили около двух часов. Его интересует соотношение циклических и стратиграфических единиц и время их формирования. Этим вопросом я сама не занималась, но тем не менее разговор был интересный.

К сожалению, много потеряно, очень много времени, ведь уже почти 9 лет как я на пенсии!».

10.II.83 г.

«Методику писать очень трудно – все время кажется, что это и так

^{**} Академик В. В. Меннер, крупный специалист в области палеонтологии и стратиграфии.

всем ясно. Стараюсь смотреть на работу как бы со стороны. В голове все есть полностью, но ведь надо добиваться в тексте четкости, ясности и краткости».

28.VII.83 г.

«Пишу Вам из Курска – задерживаюсь здесь вероятно до конца августа. Здесь живу у родных. Семья большая, сложная, но все меня любят и обо мне заботятся. Как буду жить дальше – не знаю. Ведь в Москве у меня никого родных нет. Много друзей – но у каждого своя жизнь...»

[В начале 1983 г. заболел раком крови и 28 апреля скоропостижно скончался второй муж Любви Николаевны, Александр Владимирович. – В. А.].

Я прожила с Александром Владимировичем 22 счастливых года. У нас было все общее – интересы, отдых и т. д. А последние 10 лет, как я ушла на пенсию, мы вообще не расставались – всюду и во всем вместе. Поэтому сейчас о будущем не могу думать! В моем возрасте в такой ситуации его уже нет».

8.IX.83 г.

«Смерть Ал. Вл. очень меня изменила. Я сразу постарела, стала «нетранспортабельной». Максимум, что я могу, – это посоветовать что-либо сидя у себя дома, а главное – если хватит сил – закончить, хотя бы вчерне нашу общую работу по цикличности, которая тоже пока под большим вопросом».

6.I.84 г.

«Я уже перестала болеть и опять понемножку вхожу в работу. Мне почему-то кажется, что Вы обиделись на мое предпоследнее письмо за некоторую переделку, а вернее – дополнение к Вашему тексту об экоциклах. Давайте договоримся: если кто-либо из нас будет чем-нибудь недоволен – не держать это в себе, а сразу же высказывать. Я на своем опыте убедилась, что откровенность – самый лучший способ в человеческих взаимоотношениях – и в деловых, и в семейных. Правда, в настоящее время в деловых взаимоотношениях она иногда (и даже часто) может навредить, особенно при разговорах с «имеющими силу». Но при дружеских взаимоотношениях, а тем более для соавторов – она необходима».

14.XI.84 г.

«Что же касается подписи на пустом листе, то я безусловно Вам доверяю. Но за всю мою долгую рабочую жизнь я неукоснительно придерживаюсь следующих правил.

1. Никогда ничего не подписывать не читая.
2. Никогда не ставить свою подпись под пустым листом.

3. Никогда не брать деньги не считая (также и тогда, когда я их отдаю).

И очень советую Вам следовать этим правилам.

Не обижайтесь на мой, может быть несколько «назидательный» тон письма. Но один из моих бывших «подопечных» как-то сказал: «Вы – наша общая мама». Так как я Вас считаю тоже своим «духовным» сыном, то и позволила себе дать Вам советы».

7.XII. 84 г.

«О стихотворении. Честно говоря, я думала, что Вы о них забыли. Ну, раз помните – выполняю свое обещание и прилагаю одно из них. В нем, пожалуй, сформулировано одно из моих credo».

x
x x

Л. Н. Баженикина

„ Ротацией паузаф-лезаф не можеш
М. Горький

Каждый волен свой путь выбирать,
И встает на раз пути.
Кому - в просторах незвездных герзаф,
Кому - с утомом ползти...

Как заф, фф, кто по жизни ползет
Станет лив своей судьбой.
А фф, кто стремится в звездный полет
Всегда недоволен собой.

Каждый волен свой путь выбирать,
И как этот путь пройти.
Но даже если не сможеш лезаф -
Не надо утом ползти!



12.XI.85 г.

«Огромное Вам спасибо за книгу Романовского!* Я получила ее вчера вечером и тут же немного просмотрела. После этого я поняла – почему Вы охладели к работе по цикличности. И дело не в том, что Романовский во многом опередил, особенно в изложении фактического материала. Странно только, что он не использовал работу по Донбассу и Македонова с Ивановым по Печоре. (Впрочем, может быть это есть в тексте, я ведь бегло просмотрела).

Теперь передо мной стоит задача – уже детально освоить эту книгу и продумать – что же мне делать дальше? Продолжать ли работу, конечно, несколько переделав ее (ведь у Романовского нет ни законов, ни методики, ни практического применения). Или же решить, не дожидаясь весны, устроить тому, что уже есть, – казнь.

Конечно, это не способствует моему хорошему настроению, так как если прекратить свою работу по цикличности – это значит окончательно потерять всякую цель в жизни и, уже покорно склонив голову, ждать конца... Но что же делать? Жизнь идет вперед, и притом быстро, а я «сизу на берегу». Это грустно, но я привыкла всегда ставить точки над *i*, как бы это ни было грустно».

14.XII.85 г.

«Я прочла почти всю книгу Романовского. Первое впечатление было то же, что и у Вас: уже все написано и мне делать нечего. Но проработав его очень внимательно, я понимаю, что это «совсем не то», что у меня.

Во-первых, он взял объекты большей частью те, по которым уже очень много известно (угленосные циклы, ленточные глины, флиш, карбонатные отложения), но далеко не всё, что надо. По существу – это обобщение литературного материала под определенным углом зрения. Нет своего. Нет ни законов, ни методики (что у меня уже написано), ни практического применения (что еще надо писать). Наконец, он допустил ряд ошибок разного масштаба. Например: нельзя считать циклами сезонную слоистость ваттов, надо различать ритмичность и цикличность и т. д. Есть и ряд противоречий самому себе.

В общем-то книга неплохая, и хорошо, что она вышла в противовес Карогодинским произведениям. В ней много дельного. Хорошо разобран флиш.

С другой стороны – она даже поможет мне кое в чем (напр. можно доделать на него ссылки, не приводя того или иного фактического материала, что сократит мою работу).

Интересно – что он представляет собой как личность, как человек?

* Романовский С. И. Динамические режимы осадконакопления. Циклогенез. Л.: Недра, 1985. 268 с.

Знакомы ли Вы с ним? Имели ли разговоры?

В общем, мое резюме: надо все же подождать с ауто-да-фе до весны».

17.V.86 г.

«Из Курска мне звонили – меня там ждут, и я там нужна, особенно сейчас, но у меня совсем нет сил. Еле-еле ползаю по Москве. Была на кладбище, оттуда вернулась совсем без сил. А ведь это пустяковое расстояние.

Обратите внимание, что каротаж отбивает не только литолого-гранулометрию, но и фации. Это хорошо, когда геофизик «свой»».

10.XII.86 г.

«Вы были в Ревде. Когда-то, бесконечно давно, я работала в Верх-Нейвинске, Рудянке, была и в Ревде. После работы в этих местах (довольно кратко) я навсегда полюбила Урал.

Вам странно, что я ничего не пишу о работе, хотя о ней все время думаю. Просто боюсь писать, пока не будет что-либо более определенное и весомое. Если бы не Вы, я верно бросила бы все и пустила все в макулатуру. И, как лягушка в детской сказке я говорю себе (вернее, уговариваю себя): «Я еще поплаваю...»».

8.I.87 г.

«Радует Ваша активность, не только в личном плане, но и то, что Вы создаете школу, чего мне, к сожалению, не давали делать в ГИНе. Так что мне приходилось что-то предпринимать в этом плане как бы в виде «хобби», занимаясь с теми, кто ко мне приходил, или с чужими аспирантами».

6.V.87 г.

«Я подумала-подумала и хочу Вам предложить менее «пышный» вариант, а именно попросить отзыв у Хворовой. Она доктор в ГИНе, работала по Уралу и на разных объектах. А ей я могу сказать все, как есть. Думаю, что она не откажет. Что Вы думаете по данному поводу? (С ней я еще ни слова не говорила, так как нашу работу держу в строгом секрете от ГИ-На и от ПП в особенности).

А потом снова в декабре, держа в руках всю монографию, уже можно идти к «сильным мира сего»!

26.VII.87 г.

«Наконец – последнее – о нефти. Я считаю, что такое предложение Вам не следует упускать: нефть – это перспектива. По «родному углю» уже сделано по литологии очень много и вряд ли можно сделать еще что-либо особенное. А по нефти, хотя тоже сделано уже очень много, но можно сделать еще больше и интереснее.

Еще 30 лет назад один (очень умный) человек мне советовал, чтобы я занялась с моими замыслами нефтяной геологией, литологией и т. п. Я этого не сделала. А если бы сделала, то вероятно не было бы Карогодина и его чуши. Вам, при наличии их будет труднее. Но все же, повторяю, нефть – это перспектива. И глубокие скважины с наших позиций – очень интересно!».

14.XII.87 г.

«Будет очень хорошо, если Вы сможете заехать в Москву по пути из Ленинграда в Свердловск. Тогда мы уже окончательно все утрясем, и по приезду в Свердл. Вы сможете идти в Изд-во с рукописью в руках в феврале м-це (Если, конечно, все будет благополучно)».

11-12.IX. 87 г.

«О нашей работе уже и не спрашиваю. Я было считала, что для меня уже все закончено. Но мой давний товарищ по институту убедил меня написать статью о цикличности рудных месторождений (он сам рудник). Если буду писать, то тоже в соавторстве (с ним). Вероятно при этом использую еще раз работу Рудницкого. А у него нет чего-либо более нового для примера? Вообще цикличность рудоносных отложений явление более сложное, чем в угленосных, соленосных, фосфоритовых и т. п. толщах».

* * *

Окончательно работа была завершена весной 1989 г. В один из моих приездов Л. Н., передавая очередные отредактированные главы, протягивает мне и титульный лист, на котором написано:

Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П.

Я, горячась, искренне говорю, что книга написана ею, и мой вклад ничтожен, имеет в основном «технический» характер (печатание текста, оформление рисунков). На что Л. Н. спрашивает:

– А Вам, что, зазорно, чтобы Ваша фамилия стояла рядом с моей?
Как говорится, без комментариев.

Послесловие (о памяти)

Два чувства дивно близки нам –
В них обретает сердце пищу –
Любовь к родному пепелищу,
Любовь к отеческим гробам.

А. С. Пушкин, 1830

Возвращаясь к самой первой фразе предлагаемой статьи, приведем значимую ее проверку (пусть и имеющую частный характер). Так, впервые в

2002 г., приехав для работы с керном в КогалымНИПИнефть ОАО «Лукойл-Западная Сибирь», автор увидел на столе у геологов-документаторов две книги: «Систематика осадочных пород» [26] и «Методическое руководство по изучению слоистости» [12]. Понятно, что это нельзя отнести к случайным совпадениям – это потребности практики, производства. Иначе, это именно то, к чему стремилась Любовь Николаевна все годы творческой работы.

К большому сожалению, придется привести и иные примеры. На один из них автор уже указал в Предисловии к трудам Совещания [31, с. 9]. Он сводится к тому, что в учебнике (!) [32] напечатано следующее.

«Под руководством Тимофеева выдающихся успехов достигли такие известные исследователи, как Л. И. (! – В. А.) Ботвинкина (текстуры как показатели условий осадконакопления и проблемы цикличности седиментации), И. В. Хворова (современные и древние осадочные формации континентов и океанов, процессы кремненакопления, вулканогенно-осадочные процессы), В. Н. Холодов (геохимия осадочных процессов, осадочный рудогенез), В. А. Дриц, А. Г. Коссовская, А. В. Копелиович, В. Д. Шутов, В. И. Муравьев, И. М. Симанович (исследователи процессов постседиментационных преобразований и генетической минералогии осадочных образований) и др.» [32, с. 28]. Не останавливаясь на общей спорности этого положения, с полным правом, которое дает общение автора с Л. Н. Ботвинкиной (см. выше), отметим, что она не только **никогда** не находилась «под руководством» П. П. Тимофеева, но и вынуждена была покинуть ГИН из-за принципиальных несогласий с ним (см. выше).

Автор заостряет внимание на этой, казалось бы мелочи по ряду причин. Во-первых, о неправомерности такого высказывания, ранее опубликованного в конспекте лекций для студентов МГУ, им было уже заявлено О. В. Япаскурту до составления упомянутого учебника. Как видно, это не дало результата. Во-вторых, учебник изучают новые люди, приходящие в отрасль знания, и принимают изложенные в нем сведения как нечто абсолютное. Отсюда следует, что помещать в нем любые сведения следует с особой осторожностью, а в отношении конкретных лиц – щепетильностью. Наконец, в-третьих, приведем еще одну цитату – теперь из новейшего сборника, вышедшего под редакцией О. В. Япаскурта [25]. В нем, в статье В. Н. Холодова, посвященной деятельности Межведомственного литологического комитета, написано следующее:

«... учение о фациях и фациальный анализ как метод исследования генезиса осадочных толщ возник на базе теоретических построений А. Д. Архангельского (1912) и изучения *угленосных отложений*, начатого Ю. А. Жемчужниковым (1926, 1935) и продолженного его учениками – В. С. Яблоковым, П. П. Тимофеевым, Л. И. Боголюбовой, Л. И. (! – В. А.) Ботвинкиной, А. П. Феофиловой, В. И. Копорулиным и др.» [25, с. 115-116].

Один раз ошибиться в написании инициалов – это досадная, но в общем-то простительная «очепятка». Но дважды, причем разными людь-

ми, причем работающими в том же ГИНе, что и Л. Н.... Не просматривается ли здесь какая-то система, характеризующая уже **нелюбовь** к отеческим гробам? Вполне возможно, что автор излишне мнителен, но он надеется, что впредь инициалы Любви Николаевны Ботвинкиной не будут искажаться.

А теперь – о памяти настоящей. Используем для этого роман известного российского писателя-фантаста С. Логинова «Свет в окошке», как это уже было сделано в коротком эссе-воспоминании [2]. Основная его суть «закручена» вокруг того, что на «том» свете жизнь (конечно, в очень специфическом понимании) продолжается, но **только до тех пор, пока на «этом» свете о человеке помнят**. Данные воспоминания реализуются у ушедшего в иной мир в виде «лямишек» - мелких монеток, как будто сделанных из «ляминия» или «мнемонов» (от греч. – мнемоникон – память) – солидных монет, каждая из которых содержит 360 лямишек. «Помянул тебя кто добрым словом, а хотя бы и злым, и сразу в твоём активе – один мнемон. А если этот человек при твоей жизни тебя не знал, а только потом о тебе услышал, то и монетка тебе досталась маленькая – грошик, «лямишка». Которых забывают все и навсегда, превращаются в ничиль – ничто, небытие, беспомыслие. Те же великие, кого помнят, отдельно от простых людей живут. ... у них выстроено специальное место, которое называется Цитаделью».

Быстротечно время, и уже мало кто может отправить мнемоны Любви Николаевне, ушедшей из этой жизни более 20 лет назад. Однако мнемоны слагаются из лямишек, и последние еще долго будут подпитывать неиссякаемым ручейком, если не ее потустороннюю жизнь (Л. Н. была атеистом), то просто память о пытливом исследователе слоистых толщ. Залогом этому служат ее неординарные работы, о которых шла речь в первой части статьи.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Узелки на линиях. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 258 с.
2. **Алексеев В. П.** Свет в окошке или в поисках аттрактора // Анна Федоровна Торбакова (к 100-летию со дня рождения). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. С. 9-20.
3. **Аллювиальные** отложения в угленосной толще среднего карбона Донецкого бассейна. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 296 с. (Труды ИГН АН СССР. Вып. 151).
4. **Атлас** литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна / Л. Н. Ботвинкина, Ю. А. Жемчужников, П. П. Тимофеев, А. П. Феофилова, В. С. Яблоков. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 368 с.

5. **Ботвинкина Л. Н.** О принципах выделения и типизации циклов осадконакопления в угленосных толщах // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 1. С. 63-74).

6. **Ботвинкина Л. Н.** Условия накопления угленосной толщи в Ленинском районе Кузнецкого бассейна. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 124 с. (Тр. ИГН АН СССР. угольн. сер. Вып. 139. № 4).

7. **Ботвинкина Л. Н.** О начале циклов осадконакопления в угленосных толщах // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1954. № 13. С. 120-131.

8. **Ботвинкина Л. Н.** О трансгрессивных и регрессивных рядах фаций угленосных толщ // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1956. № 12. С. 46-52.

9. **Ботвинкина Л. Н.** О методике литологического описания разрезов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1956. № 8. С. 115-118.

10. **Ботвинкина Л. Н.** Слоистость осадочных пород. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 542 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 59).

11. **Ботвинкина Л. Н.** Об «Атласе текстур и структур осадочных горных пород». Часть I. «Обломочные породы» // Литология и полезные ископаемые, 1964. № 4. С. 130-137.

12. **Ботвинкина Л. Н.** Методическое руководство по изучению слоистости. М.: Наука, 1965. 260 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 119).

13. **Ботвинкина Л. Н.** Тектурный анализ и перспективы его развития // Литология и полезные ископаемые, 1965. № 2. С. 5-18.

14. **Ботвинкина Л. Н.** Ритмит – особый тектурный тип породы смешанного состава // Литология и полезные ископаемые, 1966. № 5. С. 3-16.

15. **Ботвинкина Л. Н.** Древний ландшафт Земли. М.: Знание, 1973. 64 с.

16. **Ботвинкина Л. Н.** Генетические типы отложений областей активного вулканизма. М.: Наука, 1974. 318 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 263).

17. **Ботвинкина Л. Н.** Ритмы и циклы в осадочных горных породах. М.: Знание, 1977. 48 с.

18. **Ботвинкина Л. Н.** Генетическое изучение слоистых текстур и метода тектурного анализа // Угленосные формации и петрография углей. Л., 1985. С. 45-51 (Труды ВСЕГЕИ. нов. сер. Т. 332). [Сборник посвящен 100-летию со дня рождения Ю. А. Жемчужникова].

19. **Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П.** Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.

20. **Ботвинкина Л. Н., Вальц И. Э., Гинзбург А. И.** Юрий Аполлонович Жемчужников (1985-1957) // Выдающиеся ученые Геологического комитета – ВСЕГЕИ. Л.: Наука, 1982. С. 151-174.

21. **Дафф П., Халлам А., Уолтон Э.** Цикличность осадконакопления: пер. с англ. М.: Мир, 1971. 284 с.

22. **Жемчужников Ю. А.** Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 70 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 86).

23. **Методы** изучения осадочных пород. М.: Геолтехиздат, 1957. Т. 1. 612 с.; Т. 2. 564 с.
24. **Методы** формационного анализа угленосных толщ. М.: Недра, 1975. 200 с.
25. **Обзор** концептуальных проблем литологии. М.: ГЕОС, 2012. 120 с.
26. **Систематика** и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
27. **Состав** и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.
28. **Состав**, строение и условия формирования коллекторов группы ВК восточной части Красноленинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 352 с.
29. **Строение** и корреляция отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 227 с.
30. **Строение** и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна / Ю. А. Жемчужников, В. С. Яблоков, Л. И. Боголюбова, Л. Н. Ботвинкина, А. П. Феофилова, П. П. Тимофеев. М.: Изд-во АН СССР, ч. 1. 1959. 331 с; ч. 2. 1960. 347 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып.15).
31. **Фациальный** анализ в нефтегазовой литологии: труды II Регионального совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л. Н. Ботвинкиной. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2012. 358 с.
32. **Япаскерт О. В.** Литология: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд. центр «Академия», 2008. 336 с.

УДК 551.21

В. Ф. Рудницкий

Уральский гос. горный университет

О НАУЧНОМ НАСЛЕДИИ Л. Н. БОТВИНКИНОЙ В ВУЛКАНОЛОГИИ

Известные работы Л. Н. Ботвинкиной посвящены исследованиям по слоистости и ее значению для фациально-циклического анализа осадочных толщ. По Методическому руководству Любови Николаевны по изучению

слоистости [1] обучаются студенты-геологи Свердловского горного института (ныне Уральского государственного горного университета), начиная со времени выхода в 1965 году этого издания в свет. Оно является настольной книгой для аспирантов, научных сотрудников и преподавателей, занимающихся проблемами литологии.

Примечательной является работа Л. Н. Ботвинкиной и в области вулканологии [2]. Однако, данное научное издание, на наш взгляд, не в полной мере востребовано специалистами. На автора этих строк идеи и методология, изложенные Л. Н. Ботвинкиной в указанной работе, оказали существенное влияние по многим позициям.

Привлекает внимание анализ вопросов классификации вулканогенных образований. Дано их четкое разграничение на структурные и генетические. Структурные (формальные или вспомогательные) систематизируют вулканогенные породы по какому-либо одному признаку (химическому составу, размеру и составу обломочных компонентов и т. п.). Такие классификации хотя и не дают непосредственной информации о природе явлений, однако успешно используются для решения прикладных задач и как вспомогательные при выяснении генетических вопросов. Генетические или естественные классификации отражают объективные закономерности природных процессов и позволяют устанавливать типы вулканогенных образований, различающихся генезисом. Основу генетического подхода к расчленению вулканогенных пород составляет положение о том, что природный процесс вызывает формирование отложений определенного генезиса. Особенности этого процесса обуславливают появление в отложениях характерных черт, которые называют генетическими диагностическими признаками. Комплекс диагностических признаков позволяет определить генетический тип, класс или группу вулканогенных образований.

Генетический тип, понятие которого введено А. В. Павловым еще в 1888 году, является элементарной составной единицей («кирпичиком») классификаций. Под генетическим типом Л. Н. Ботвинкина понимает «естественную группу отложений, обладающих определенным сочетанием характерных процессов их формирования» [2, стр. 45]. Генетические типы выделяются по комплексу «внутренних» (вещественный состав, текстурно-структурные особенности, характерные изменения и т. д.) и «внешних» (форма и условия залегания тел, характер контактов и т. д.) признаков. Генетические типы объединяются в более крупные таксонометрические единицы – классы и группы, которые нередко в принципе соответствуют вулканическим фациям, систематика которых принята в вулканологии.

На генетической основе построены классификации Л. Н. Ботвинкиной [2], Е. Ф. Малеева [4] и др. Генетические классификации носят вероятностный характер, однако по мере накопления фактического материала и развития наших знаний они совершенствуются и уточняются. По генетиче-

скому принципу составлена классификация вулканогенных пород уральских колчеданных месторождений, предлагаемая автором [5].

В работе Л. Н. Ботвинкиной приведены сведения по наземному вулканизму. Исследования субмаринных обстановок к тому времени были ограничены. Информация о подводном вулканизме интенсивно начала накапливаться лишь в последние пятьдесят лет как на основе результатов изучения океанического дна, так и исследований палеовулканических отложений, образованных в субмаринных условиях. В итоге оказалось, что все же подводная вулканическая деятельность отличается от наземной. В отличие от эффузивно-эксплозивных (туфовых) наземных извержений для подводного вулканизма более характерен экструзивный тип с автохтонной дезинтеграцией лавовых потоков. Туфовые отложения подводных eksploзивных выбросов, аналогичные наземным, не выявлены. Их, вероятно, в принципе не может быть в силу давления водяного столба.

В силурийско-девонских вулканогенных формациях (базальтовой, дифференцированных базальт-риолитовой и базальт-андезит-дацит-риолитовой), сформированных в подводных условиях ранних стадий развития уральского подвижного пояса, работами Л. Я. Кабановой, В. Г. Кориневского, В. В. Масленникова, Л. Н. Сопко и других выделены и описаны лавобрекчиевый, гиало-лавокластический, тефроколлювиальный и другие генетические типы, характерные для подводного вулканизма. Однако термин «туф» укоренился в практике геологоразведочных работ и научных исследованиях.

Картирование генетических типов вулканогенных образований имеет решающее значение для палеовулканических реконструкций. Это подчеркивалось как Л. Н. Ботвинкиной, так и ранее Н. С. Шатским, Г. С. Дзоцендзе, Е. Ф. Малеевым и др. Кроме познания сути генетических процессов, картирование и реконструкции позволяют устанавливать закономерности размещения вулканогенных месторождений и эффективно вести их прогнозирование и поиск. В практическом отношении исследования наиболее эффективны по двум направлениям:

- выявление периодичной цикличности накопления вулканитов и положения руд в геологическом разрезе;
- расшифровка вулканических структур и выяснение закономерности размещения в них оруденения.

По выражению Ф. Булларда (1963), «ритмическое или циклическое повторение многих земных явлений есть хорошо установленный основной принцип в геологии» (цитирование по Л. Н. Ботвинкиной [2, стр. 272]). Цикличность (ритмичность) осадочных толщ начала изучаться с XVII-XVIII столетий, и здесь получены значительные успехи [3]. В областях активного вулканизма и древних вулканических толщах ситуация, естественно, более сложная. Нет даже однозначного понятия терминов «вулка-

нический цикл», «ритм», «фаза», «этап» и т. д. (Е. Е. Миллер, А. Е. Святловский, Г. М. Власов и др.).

Заслуга Л. Н. Ботвинкиной, на наш взгляд, в том, что она акцентировала внимание на различиях терминов «ритм» и «цикл». Оно заключается в том, что цикл – это комплекс отложений (явлений), связанных определенной направленностью их изменения. Смежные циклы обычно сходны, но не тождественны. Ритм – относительно просто построенный ряд отложений, идущих друг за другом в определенной последовательности, которая неоднократно повторяется [2, стр. 273]. Ритмы, по сравнению с циклами, имеют значительно меньший масштаб. В вулканических областях – это обычно равномерно повторяющиеся одинаковые наборы осадочных и вулканогенно-осадочных пород.

Кроме того, Л. Н. Ботвинкиной [2], вероятно, впервые была предпринята попытка систематизации типов вулканических и осадочно-вулканических циклов разных порядков и отмечены особенности закономерностей их формирования.

Генетический подход к изучению геологических разрезов уральских колчеданных месторождений позволил установить дискретный характер накопления вулканического материала и выделить закономерно повторяющиеся генетически связанные наборы пород - циклы разного порядка (элементарные, мезо- и мегаэруптивные). Колчеданные руды занимают определенное место в геологических разрезах, они приурочены к верхним частям элементарных эруптивных циклов, которые отмечаются горизонтами вулканосадочных пород. При этом наиболее полно оруденение, как правило, проявляется в верхах мезо- и мегаэруптивных циклов [5].

Чрезвычайно важен генетический подход (картирование генетических типов вулканитов) для выявления структур вулканогенных месторождений полезных ископаемых.

Структура месторождений и рудных полей есть способ сочетания рудных залежей или их совокупностей с вмещающими их геологическими телами, соизмеримыми по масштабам. Под геологическими телами для вулканогенных месторождений понимается элементарная структурная единица, которой является морфологическое проявление генетических типов вулканогенных образований (экструзивные купола, потоки лав, линзы подводного тефроколлювия и пр.). Совокупности морфологических проявлений генетических классов и групп представляют собой структурные элементы более высоких порядков.

Изучение уральских колчеданоносных рудных полей на основе крупномасштабного картирования генетических типов и классов пород позволило выделить и охарактеризовать различные морфогенетические типы палеовулканических структур и установить рудоконтролирующую роль вулканических палеодепрессий [5]. Установлены признаки их рудоносно-

сти и зависимость масштабов оруденения от режима накопления в них генетических типов стратифицированных вулканических образований.

Научные положения, разработанные Л. Н. Ботвинкиной для областей активного вулканизма, служат надежной основой для эффективной постановки прогнозно-поисковых работ в древних толщах вулканитов.

Работы Л. Н. Ботвинкиной сыграли значительную роль в формировании научного мировоззрения автора. Консультации у Любови Николаевны остались в моей памяти о ней как о благожелательном учителе, спокойном и добром человеке.

Библиографический список

1. **Ботвинкина Л. Н.** Методическое руководство по изучению слоистости. М.: Наука, 1965. 260 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 119).
2. **Ботвинкина Л. Н.** Генетические типы отложений областей активного вулканизма. М.: Наука, 1974. 318 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 263).
3. **Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П.** Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.
4. **Малеев Е. Ф.** Вулканиты. М.: Недра, 1980. 240 с.
5. **Рудницкий В. Ф.** Палеовулканологический анализ как метод изучения месторождений полезных ископаемых (на примере колчеданоносных рудных полей Южного Урала). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 188 с.

УДК 552.5+551.3.051:551.762.31(571.1)

О. С. Чернова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУР ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Главным методом исследования, в основе которого лежит детальное изучение осадочных текстур и их групп, является текстурный анализ, оформившийся как самостоятельное направление в середине прошлого века. Пионером в области становления методики изучения текстур является Любовь Николаевна Ботвинкина, показавшая значимость текстурного ме-

тогда в исследованиях литологического плана и определившая на долгие годы основные направления в изучении текстур, как рыхлых осадков, так и древних литифицированных толщ. В настоящее время изучение текстур не потеряло своей актуальности и имеет огромное значение при фациальных исследованиях и палеогеографических реконструкциях, являясь важнейшим методом определения генезиса осадочных образований.

Текстурный анализ, как и любой другой серьезный метод исследования осадочной геологии, подразумевает конкретную четкую терминологическую базу, владеть которой обязан каждый исследователь, занимающийся изучением осадочных горных пород. Наибольший вклад в изучение текстур и детальную разработку основной терминологии по ним внесли Ю. А. Жемчужников (1923, 1926), Л. Н. Ботвинкина (1962, 1965), Н. Б. Вассоевич (1950, 1953, 1954, 1983), В. Т. Фролов (1974).

Первая генетическая классификация типов косої слоистости по фациальному признаку предложена Ю. А. Жемчужниковым в 1923 г. (опубликована в 1926 г.). Используя классификации Вальтера (Walter, 1893) и Грабау (A. Grabau, 1913), а также свои результаты наблюдений за текстурами угленосной толщи Подмосковского бассейна, автор выделил и описал типы слоистости в различных по генезису отложениях: эоловых, потоковых, речных, дельтовых и прибрежно-морских, а также обозначил программу наблюдений, состоящую из перечня признаков, подлежащих обязательному рассмотрению [7].

Эта работа привлекла к проблеме исследования слоистых осадочных толщ внимание многих русских геологов, обозначив по существу начало крупнейшего этапа в исследовании сложнейшего явления - слоистости и положила начало становлению методов ее изучения.

Наиболее полным исследованием текстур современных и древних отложений разного возраста, генезис которых был определен по другим признакам, является монография Л. Н. Ботвинкиной (1962), посвященная слоистости осадочных горных пород [4]. В работе представлена сводка наиболее типичных и часто встречающихся текстурных признаков отложений для широкого спектра фаций с различными вариантами и специфическими формами текстур в зависимости от положения данной фации в той или иной обстановке седиментации, климата и рельефа. Классификация, предложенная автором, основана на морфологических признаках текстур. Характеристика текстур дается в сравнительном аспекте с учетом особенностей слоистого строения. Приведены диагностические критерии текстур различного генезиса, отраженные в таблицах-определителях.

В 1969 году под редакцией А. В. Хабакова выпущен 2-томный атлас текстур и структур осадочных терригенных и карбонатных пород. В первой части Атласа систематизирован обширный фактический материал по структурно-текстурным характеристикам обломочных и глинистых пород разного возраста и разных регионов СССР. Второй том посвящен характе-

ристикам карбонатных пород. В работе впервые частично упорядочены и разработаны классификация и номенклатура текстур [2].

Крупным исследователем в области явления слоистости осадочных образований является Н. Б. Вассоевич, посвятивший этому направлению многие годы своей научной деятельности. Изучая вопросы наслоения и особенности внутренней слоистости флишевых толщ, Н. Б. Вассоевич ввел понятие «слойчатости», наметил типизацию слойчатых текстур, представил свое видение вопросов слое- и пластообразования, указав причины и периодичность образования слоистых толщ. Позднее им была разработана классификация текстур по возникновению их в ту или иную подстадию литогенеза [12]. Автор предложил также ряд терминов для описания текстур, однако большинство из них не прижились среди литологов и вышли из употребления как устаревшие.

В. Т. Фролов с соавторами (1974) разработал относительно простую схему классификации осадочных текстур, в которой, однако, не удалось выдержать чисто морфологический принцип. В предлагаемой схеме наравне с геометрическими использованы и понятия генетические, отражающие стадии и простейшие способы образования текстур [14].

На современном этапе литолого-фациальных исследований осадочной геологии вопросы номенклатуры и классификации текстур наиболее детально рассмотрены в методических пособиях В. П. Алексева (2002), А. В. Маслова (2005) [1, 8].

За рубежом первопроходцами в развитии текстурного направления являлись У. Х. Твенхофел (1932–1936) и Р. Р. Шрок (*R. R. Shrock, 1948*), систематизировавшие многочисленные фактические материалы по осадочным текстурам, рассеянные до 50-х годов прошлого века по многочисленной англоязычной литературе [13, 23].

Классификация элементов слоистости, основанная на геометрических критериях, и связанная с ней терминология разработаны Мак-Ки и Уиром (*E. D. McKee & G.W. Weir, 1953*) [11]. Описание первичных осадочных текстур, способы их группирования и терминология, связанная с ними, изложены в монографии Петтиджона и Поттера (*F.J. Pettijohn & P.E. Potter, 1964*) [18]. Обширный атлас седиментационных текстур, с исчерпывающей пояснительной запиской представлен Конибиром и Круком (*C. I. V. Conybeare & K. A. W. Groom, 1968*) [16]. Авторами создана чисто описательная классификация текстур, с последующей интерпретацией обстановок седиментации.

С 60-х годов многочисленными исследователями осадочные текстуры рассматриваются в связи с гидродинамическими условиями их возникновения. Широкое развитие получает экспериментальная седиментология, позволяющая моделировать формирование тех или иных текстур в различных осадочных условиях. Примером таких исследований являются эксперименты Аллена (*I. R. L. Allen, 1968*), описавшего особенности текстур и

механизм образования осадочных форм ложа, с позиции гидродинамики [15].

Наряду с изучением текстур древних осадочных отложений за рубежом в 70-е годы активно развиваются исследования условий протекания и особенностей современного седиментогенеза, результаты которых обобщены Пикардом и Найем (M. D. Picard & L. V. High, 1973). Авторами детально рассмотрены многочисленные осадочные текстуры русловых отложений современных временных потоков. Наряду с описанием текстурных форм авторы предложили свое видение условий формирования и обсудили возможность их сохранения в геологической летописи [19].

Биогенным текстурам посвящены исследования Ксенжкевича (1954), О. С. Вялова (1961), А. Зейлахера (A. Seilacher, 1953, 1964, 1967), А. Мартинссона (A. Martinsson, 1970) и мн. др. [6, 17, 20, 21]. Наиболее известными являются работы западногерманского профессора А. Зейлахера, предложившего этологическую классификацию следов жизнедеятельности, основанную на предположении, что различные группы животных с одинаковым образом жизни и близкими особенностями поведенческих характеристик оставляют похожие следы жизнедеятельности, хотя сами животные имеют совершенно различную форму тела. Автор выделил пять этологических групп, с характерными морфологическими особенностями: *следы передвижения, следы питания, жилые постройки, следы паники или бегства, следы отдыха*. Устойчивые и общие для большинства бентосных животных реакции на среду обитания, позволили А. Зейлахеру создать модель батиметрической зональности следов, которую иногда называют ихнофациальной [21].

Вторая, наиболее употребляемая ихнологами топонимическая классификация А. Мартинссона, основана на взаимоотношении скульптурного материала (более грубозернистого осадка) и матрикса или вмещающей породы (обычно глины). Биотурбации на нижней поверхности слоя скульптурного материала относятся к группе *Hypichrria*, на верхней поверхности – *Epichnia*, внутри слоя – *Endichnia*, вне его – *Exichnia*. От названий этих четырех групп образуются прилагательные, которые используются с обычными описательными морфологическими и экологическими терминами. Классификация А. Мартинссона отражает положение следов по отношению к скульптурному материалу, механизм образования следов, ликвидируя необходимость в параллельном наборе генетических терминов, а также характер древнего рельефа [17].

В настоящий момент, несмотря на огромное количество специальной седиментологической литературы, посвященной этому вопросу, единой классификации текстур осадочных горных пород не существует. Описания разнообразных текстур осадочных пород рассеяны по немногочисленной, главным образом, англоязычной геологической опубликованной литературе и не доступны широкому кругу читателей [15-23]. Отечественная же ли-

тература, посвященная вопросу текстурного анализа, сосредоточена в рамках нескольких монографий, опубликованных еще в 60-е гг. прошлого столетия и является еще более недоступной по причине малотиражности изданий, ставших библиографической редкостью [2-5].

Приводимые в литературе классификации осадочных текстур различаются применяемыми критериями подразделения, а также подходом к вопросам номенклатуры. Многие из них носят описательный характер и основываются в основном на геометрических критериях. Границы между классами текстур плохо или невнятно определены и часто дискуссионны.

Большинство геологов склоняются к необходимости ранжирования текстур по генетическому признаку, выделяя депозиционные, эрозионные, биогенные и деформационные их группы. Однако, при таком делении не всегда учитывая тот факт, что при образовании многих текстур нередко действовали одновременно различные по условиям протекания процессы. Одна и та же текстура могла формироваться в диаметрально противоположных обстановках седиментации, что изначально усложняет интерпретацию условий формирования описываемых текстур.

В обобщенном традиционном виде осадочные текстуры согласно их форме и геометрии можно разделить на пять крупных групп: 1) текстуры поверхностей напластования; 2) текстуры слоистые; 3) биогенные текстуры; 4) деформационные текстуры; 5) диакатагенетические (вторичные) текстуры. В свою очередь, эти группы подразделяются по способу образования на первичные – сформированные непосредственно в процессе формирования осадка (на стадии седиментогенеза) и вторичные, отражающие этап переформирования осадка на более поздних стадиях (диагенез, катагенез и т. д.). В отдельную группу вынесены текстуры биогенные. Однако такое грубое деление не охватывает всего многообразия существующих текстурных форм.

Исследования в области номенклатуры и систематизации осадочных текстур в рамках русско- и англоязычных геологических школ были предопределены уникальностью совместного проекта в области высшего профессионального образования университета Heriot-Watt (HWU, UK, Scotland) и Томского политехнического университета, осуществляемого на протяжении последнего десятилетия.

Текстурный анализ читается автором в рамках магистерской программы Double Degree «Геолого-геофизические проблемы освоения месторождений нефти и газа» на кафедре проектирования объектов нефтегазового дела Института природных ресурсов (ИПР) ТПУ. Спецификой обучения является преподавание базовых предметов второго года «Reservoir-Sedimentology» и «Geosciences» на английском языке, так как особенностью магистратуры является ее двуязычный диплом (русский/английский).

Работая на стыке двух геологических школ, пришлось овладевать и современной терминологической базой в области седиментологических

исследований, в том числе и по текстурному анализу. В методических целях, для наглядного понимания и увязки достаточно сложной терминологии была создана предлагаемая вниманию читателей схема классификации текстур осадочных горных пород (см. схему).

Схема ранжирования осадочных текстур, предложенная в рамках классификации, не претендует на универсальность, но достаточно эффективно вводит в номенклатуру текстур с позиций англоязычной геологии. Для магистрантов, только начинающих знакомство с одним из важнейших свойств осадочных горных пород, особенно важно структурированное представление об иерархии многочисленных текстурных композиций, позволяющее получить наглядное представление о масштабах проявления этого явления и способах его выражения.

Первичные осадочные текстуры (*primary sedimentary structures*) неорганического происхождения образуются в основном на стадии седиментогенеза, еще до конечной консолидации рыхлых осадков. Многочисленные и разнообразные физические процессы накопления осадочного материала, действующие одновременно с его постоянным перемещением и как следствие неизбежной эрозией и первичными деформациями, непременно накладывают свои характерные черты, формируя тем самым облик будущих осадочных пород.

К первичным осадочным текстурам неорганического происхождения обычно относят текстуры поверхностей напластования - различные следы и знаки на поверхностях напластования, особенности морфологии слоев и все проявления слоистости. Отдельные авторы относят к ним текстуры биотурбационные, возникшие за счет деятельности организмов, а также почти одновременные деформационные текстуры, возникшие после отложения, но перед консолидацией осадков.

Образуются неорганические первичные осадочные текстуры благодаря соотношениям плотности и других физических и химических параметров осадков, текучей среды, а также окружающей гидродинамической обстановки. Первичные текстуры формируются в результате сортировки осадков по размеру, форме и плотности, в результате непостоянства скоростей отложения осадочных частиц, наличия турбулентной диффузии, гравитационного лавинообразования и граничных напряжений сдвига. Поэтому неорганические первичные осадочные текстуры несут важную информацию о гидродинамических условиях обстановки осадконакопления [1, 7-12, 16, 17, 20, 21, 23]. Неорганические первичные текстуры могут быть объединены в две группы: доседиментационные текстуры и следы, отпечатки на поверхности напластования.

Доседиментационные текстуры (*predepositional structures*) обычно образуются до отложения перекрывающего их слоя, на поверхности осадка и в большинстве своем имеют эрозионное происхождение. Легкость обна-

ружения и частота встречаемости этих текстурных донных форм связаны, в первую очередь, со степенью литификации осадков [12, 23].

Номенклатура доседиментационных единиц огромна, но сведения о ней содержатся в разрозненных публикациях, в основном зарубежных авторов. В седиментологии принято выделять четыре основные группы доседиментационных осадочных текстур, наиболее описанные в многочисленных литературных источниках как формы ложа, созданные водой (*subaqueous bedforms*); формы ложа, созданные ветром (*aeolian bedforms*); эрозионные формы ложа (*erosion bedforms*) и следы, отпечатки на поверхности слоя (*surface markings ore casts and marks on top surface*) [10, 11, 22].

Формы ложа (*bedforms*) или текстуры поверхности напластования, тесно связаны с гидродинамикой потока. Они образуются либо в результате движения текучих сред (вода, воздух), при движении ледников либо под воздействием каких-либо внешних факторов. Донные наносы, формирующие разномасштабные формы ложа, возникают на поверхности наслоения в процессе отложения или на ранних стадиях формирования еще не затвердевшего осадка. В изучении разнообразных форм ложа первостепенным является вопрос масштабности явления. Большинство зарубежных авторов приняты следующие категории форм ложа и, соответственно, текстуры, связанные с ними, *микротекстуры* (видимые в шлифах под микроскопом при больших увеличениях), *макротекстуры* (визуальное описание) и *мезоформы*, т. е. *бары, эоловые дюны (крупномасштабные формы ложа, которые в российской геологии рассматриваются в качестве пластов)*.

Помимо переноса вода оказывает эрозионное воздействие на мягкое неуплотненное дно, вырабатывая разнообразные по морфологии и размеру эрозионные формы – от небольших промоин-выемок до крупных эрозионных каналов. В зависимости от гидродинамических условий, формы и литологического состава дна, наличия или отсутствия предметов, отличающихся своими размерами от главной массы переносимого материала, образуется большое разнообразие текстур, имеющих общее название – «эрозионные формы ложа (*erosion bed forms*)».

Вода, играющая главную роль при переносе осадка, обуславливает и его дальнейшее распределение в бассейне седиментации, участвует в создании многочисленной группы текстур, носящих общее название – «следы движения предметов или знаки волочения (*groove casts/marks*)». В этой группе обычно рассматриваются текстуры, образованные предметами, перемещаемыми волнами и течениями на мелководье.

Наблюдения над формами ложа не дают, как правило, веских оснований для решения геологических вопросов, а выводы, сделанные по ним, не могут считаться надежными. Тем не менее их можно использовать в качестве дополнительного признака и в комплексе с другими методами для определения подошвы и кровли пласта, установления фациальной обста-

новки формирования осадка, глубины его отложения, направления движения среды осадкообразования и положения береговой линии [9, 10, 11, 15, 16, 18, 21, 22, 23].

Помимо форм ложа к числу текстур доседиментационных относятся следы и отпечатки на поверхности слоя. Плоская или почти плоская поверхность напластования (*bedding surface*), отделяющая каждый слой в стратифицированных породах (одинакового или различного литологического состава) от предыдущего или последующего слоя, представляет собой плоскость отложения осадков. Именно она содержит все следы и знаки изменений условий осадконакопления, выраженные в своеобразных текстурных формах. Наиболее яркими представителями этой категории текстур, хорошо опознаваемыми в геологических обнажениях, являются отпечатки капель дождя, следы и отпечатки кристаллов, следы уреза воды, знаки прибоя, текстуры ямок и холмиков, песчаные вулканчики и многие другие формы, описанные многими исследователями [1, 2, 4, 8-13, 22].

Традиционно второй крупной группой текстурных форм, выделяемых по времени образования и по отношению к вмещающим пластам, являются текстуры синседиментационные (*syndepositional ore unrabed structures*) или внутрипластовые, связанные с осаждением осадочного материала [11, 22, 23]. К этой группе текстур обычно относят первично неслоистые текстуры и все явления, связанные со слоистостью [1, 4, 5, 9]. Возникновение первично неслоистых текстур обуславливается либо первично-неслоистым накоплением осадка, либо исчезновением первично-слоистой седиментационной текстуры при последующих изменениях и преобразованиях уплотняющегося субстрата [2, 4, 5].

Наиболее полно эти текстурные формы рассмотрены Л. Н. Ботвинкиной, предложившей относить к данной категории первично неслоистых текстур следующие их разновидности: массивную, землистую, беспорядочную, пятнистую, узловатую, очковую, комковатую, гранулированную, хаотичную, сгустковатую, глазковую, брекчиевидную, конгломератовидную, пудинговую, трещинную и др. [4, 5].

Также к числу первичных текстур, возникающих на самых ранних стадиях седиментогенеза, относится наиболее распространенная важнейшая особенность осадочных толщ – слоистость, выражающаяся в образовании отдельных слоев, достаточно четко обособленных друг от друга. Явление слоистости, как показали исследования Л. Н. Ботвинкиной и др. (1962, 1965), обусловлено ритмичными колебаниями интенсивности тех или иных факторов седиментации (пульсация скорости придонных вод; уменьшение или увеличение приноса обломочного материала) [1, 2, 4, 5, 7, 8, 13]. Именно слоистость часто является решающим признаком тех или иных условий осадкообразования, так как она дает представление о силе, направленности, постоянстве или изменчивости движения водной среды. По масштабам проявления выделяют *макрослоистость* (метровые разме-

ры), *мезослоистость* (сантиметровые) и *микрослоистость* (миллиметровые размеры и менее). По морфологическим признакам различают горизонтальную, косую, волнистую и сложнопостроенную слоистость [22].

Текстуры, образующиеся в результате различных деформаций осадочных толщ, образуют особую группу постседиментационных (*postdepositional sedimentary structures*) текстурных вариаций, разнообразных по генезису и довольно сложных в морфологическом выполнении. Первичные деформации слабо литифицированного осадка проявляются уже на стадии раннего диагенеза в результате гравитационного уплотнения при внутрипластовых нарушениях первичной слоистости осадочной толщи, обусловленных разной плотностью слабо литифицированных осадков, их скольжением, оползанием и давлением в донных условиях [1-5, 8-12, 18, 22, 23].

Деформационные текстуры условно могут быть объединены в три основные группы, определенные в соответствии либо с характером преобладающих подвижек, вертикальных или горизонтальных (*деформации внешнего воздействия на осадок*), либо в соответствии со способом деформации осадка (*деформации оползневые*), либо путем растрескиваний и скалывания в достаточно твердом состоянии (*деформации поверхности, вызванные изменениями температуры и давления*) (Ботвинкина, 1965) [4, 5]. В категории этих текстурных форм чаще всего описывают результаты конседиментационных деформаций, т. е. текстуры взмучивания, оползания или оплывания осадка, различные типы сложного неправильного смятия слоистости или же текстуры, возникающие в результате избыточных нагрузок при быстром отложении значительных масс осадков.

К обособленной группе текстур следует отнести биогенные текстурные формы, так как они встречаются на всех стадиях жизни как первоначально рыхлого осадка, так и литифицированной осадочной породы. При современных исследованиях термином «*биогенные*» обозначаются все явления, связанные с животными, обитающими в осадке, с растительностью и теми видами деформаций, которые вызваны их жизненной активностью. Кроме животных, ползающих и плавающих близ дна, многочисленные животные илоеды и зарывающиеся в ил (черви, моллюски) проникают в осадок достаточно глубоко, разрушая при этом первичную слоистую текстуру [1, 2, 4, 6, 8-11, 17, 18, 20-23].

Биогенные текстуры (*biogenic structures*), многократно встречающиеся в осадочных горных породах, являются материальным свидетельством активности древних организмов. Они представлены полным спектром следов в древнем субстрате, как в обнажениях, так и в керне скважин. Обычно выделяют три группы биогенных осадочных текстур: *биоэрозионные текстуры*, отражающие особенности активности организмов, *биотурбационные текстуры*, отражающие степень нарушения роющими организмами особенностей физической стратификации осадочного материала или структуры строения (*следы, ходы, норки и др. похожие текстуры*) и

биостратификационные текстуры, созданные активностью роющих организмов и представляющие особенности стратификации (биогенная градационная слоистость; строматолиты и др.) [6, 17, 20-23].

К последней группе отнесены текстуры, формирование которых связано процессам, происходящим в осадке сразу же после его образования (седиментации) до момента полной его литификации и превращения в породу (на стадии диагенеза). Как известно, в раннем диагенезе осадок представляет собой высокопористую, значительно обводненную, неуравновешенную, неустойчивую многокомпонентную физико-химическую систему легкоподвижных и реакционно-способных веществ. В позднем диагенезе процессы изменения осадков значительно замедляются, и осадок достигает состояния внутренне уравновешенной системы, т. е. превращается в породу [1, 4, 5, 8-10, 12, 22].

Именно в раннем и позднем диагенезе происходит формирование хемогенной (вторичной диагенетической) слоистости, четкое проявление (подчеркивание) первично слоистых текстур. В результате осаждения или сегрегации минерального вещества формируются желваки, разнообразные конкреции и жеоды, широко распространенные в различных горных породах. Перечисленные тела имеют небольшой объем и являются второстепенными компонентами породы. На стадии проработки породы флюидными эманациями образуются достаточно специфичные текстуры, такие как стилолитовые швы или «конус в конус» (фунтиковая).

Изучение вторичных текстур разных стадий формирования пород сводится, с одной стороны, к выявлению признаков отличия текстур, сходных по внешнему проявлению, но генетически различных, а с другой – к определению связи текстур более поздних с текстурами более ранними [4, 5].

Несмотря на кажущуюся простоту методических приемов текстурного анализа, заниматься этим направлением может далеко не каждый начинающий специалист в области геологии. Тектурные признаки, являясь ведущими в процессе интерпретации фациальных условий древних эпох осадконакопления, существующих миллионы лет тому назад, тем не менее не дают исчерпывающих, однозначных ответов, всегда подразумевая некую дуалистичность выводов. И практически всегда требуют совместного их рассмотрения с другими генетическими параметрами. Решающим критерием при исследовании текстур является анализ совокупности их комплексов, способы группирования по вертикали в разрезах скважин и по латерали в пределах территории исследования.

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУР ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

(по Ю. А. Жемчужникову, Л. Н. Ботвинкиной, Р. Ч. Селли, Р. Р. Шроку,
Ф. Дж. Петтиджону, П. Поттеру, Г. Э. Рейнеку, И. Б. Сингху,
Дж.Р. Аллену и др.)

ПЕРВИЧНЫЕ НЕОРГАНОГЕННЫЕ ТЕКСТУРЫ (Primary non organic structures)

Доседиментационные текстуры (Predepositional ore interbed structures)

Формы ложа (Bedforms)

Подводные формы ложа (Subaqueous Bedforms)

Исходное плоское ложе (*upper Stage plane bed*)

Антидюны (*antidunes*)

Микроформы (рябь) - Microforms (ripple)

Рябь (*ripple*):

- асимметричная (*asymmetrical ripple*)
- вихревая (*vortex ripple*)
- волнения (*wavy ripple*)
- интерференционная (*interference ripple*)
- изолированная (*Isolated ripple*)
- комбинированная (*combined ripple*)
- лунообразная (*lunate ripple*)
- перекачивания зерен (*rolling grain ripple*)
- противотечения (*countercurrent flow-ripple*)
- симметричная (*symmetrical ripple*)
- течения (*current ripple*)
- язычковая или лингоидная (*lingoid ripple*)

Знаки ряби (*ripple marks*):

- аккреционные (*accretion ripple marks*)
- асимметричные (*asymmetrical ripple marks*)
- волнистые волноприбойные (*corrugated ripple marks*)
- волноприбойные с илистыми намывами (*mud-ridge ripple marks*)
- восходящие (*climbing-ripple ore drift cross-lamination*)
- искривленные (*curved ripple marks*)
- колебательные или симметричные (*oscillatory ripple marks*)
- лопастные волноприбойные (*lobate ripple marks*)
- любые наложенные (*complex ripple marks*)
- обратные (*backflow ripple marks*)
- обратного ската (*backwash ripple marks*)
- прямоугольные перекрестные (*rectangular cross-ripple marks*)
- смешанные, поточно-волновые (*combined flow-ripple marks*)
- сложные (*composite ripple marks*)
- цепочечные (*ladderback ripple marks*)

- чешуйчато-ромбовидные (*rhomboid ripple marks*)

Макроформы (мегарябь, бары, песчаные волны)

Macroforms (megaripple, bars, sand waves)

Подводные дюны (*Subaqueous dunes*):

- двухмерная или двупространственная рябь (*2D-megaripple*)
- трехмерная и трехпространственная рябь (*3D-megaripple*)

Подводные бары (*Subaqueous bars*):

- вдольбереговые (*longshore bars*)
- ветвящихся рек (*braided bars*)
- головные в приливной дельте или эстуарии (*bar-head*)
- гравийные (*gravel bars*)
- меандровые (*point bars*)
- поперечные (*transverse bars*)
- причлененные к берегу (*side-bar*)
- срединные (*mid-channel bars*)
- устьевые (*Mouth bars*)

Песчаные волны или гигантская рябь (*sand waves ore gigantic ripple*)

Эоловые формы ложа (Aeolic Bedforms)

Песчаные дюны (*sand dunes*):

- барханы (*barchans ore lunate dunes*)
- продольные (*seifs ore longitudinal dunes*)
- параболические (*parabolic dunes*)
- поперечные (*transverse dunes*)
- звездчатые (*star dunes*)
- драа или «китовые спины» (*whaleback dunes ore draa*)

Песчаные покровы (*sand sheets*)

Песчаные хребтики (*sand ridges*)

Рябь ветровая, эоловая (*wind ripple, aeolian ripple*):

- гранулярная, гравийная (*granule ripple*)
- песчаная (*sand ripple*)
- ударная, баллистическая (*impact ripple*)

Рябь прилипания (*adhesion ripple*)

Слоистость песчаных потоков (*sand-flow lamination*)

Эрозионные формы ложа (Erosion Bedforms)

Каналы (*channels*)

Эрозионные размывы (*washout*)

Следы и отпечатки выемок (*flute cast / marks*):

- асимметричные (*asymmetrical flute casts*)
- вытянутые (*elongate flute casts*)
- симметричные (*symmetrical flute casts*)
- туннелеобразные (*funnel-shaped casts*)

Следы движения предметов

Знаки волочения или желобковые (*groove casts*):

- шевронные (*chevron casts / marks*)
- следы ударов (*prod casts / marks*)
- следы скачков (*saltation casts / marks*)
- следы отпечатков удара (*bounce casts / marks*)
- следы перескока (*skip casts / marks*)
- следы перекачивания (*roll casts / marks*)
- следы обтекания (*crescent casts / marks*)
- следы ударов полумесяцем (*brush casts / marks*)

Следы выпахивания (*tool casts / marks*):

- следы движущихся предметов (*moving tool casts / marks*)
- следы неподвижных предметов (*stationary casts / marks*)
- следы препятствий (*obstacle casts / marks*)

Следы и знаки промоин (*scour casts / marks*):

- пакеты промоин (*scours packets*)
- поперечные знаки промоин (*moulds and transverse scour marks*)
- поперечные борозды и выступы (*longitudinal furrows and ridges*)
- подушкообразные знаки размыва (*pillow-like scour marks*)
- русловые размывы и заполнения (*cut-and-fill structures*)
- русловые продольные промоины (*longitudinal scours*)
- русловые конические промоины (*conical scours*)
- русловые серповидные промоины (*crescentic-shaped scours*)

Следы и знаки струй (*rill casts / marks*)

- анастомозирующие (*anastomosing casts / marks*)
- ветвящиеся (*branching rill casts / marks*)
- гребневидные (*comb-shaper rill casts / marks*)
- зубчатые (*tooth-shaped casts / marks*)
- каймовидные (*fringly rill casts / marks*)
- конические (*conical casts / marks*)
- меандрирующие (*meandering casts / marks*)
- раздваивающиеся (*bifurcating rill casts / marks*)

Следы и отпечатки на поверхности

(*Surface marking ore casts and marks on top surface*)

Знаки сморщивания (*wrinkle casts and marks*)

Знаки заплеска волн (*overwash marks*)

Отпечатки капель дождя (*rain print impressions*)

Отпечатки пены (*foam impressions*)

Отпечатки и слепки кристаллов (*crystal imprints and casts*)

Первичная линейность течения (*primary current lineation*)

Псевдоморфозы соли (*salt pseudomorphs*)

Следы уреза воды (*water edge-line, shoreline marks*)

Следы прибоя (*swash marks*)

Текстура пузырчатого песка (*bubble sand structure and bubble cavities*)

Синседиментационные текстуры (*Syn depositional ore untrabed structures*)

Первично не слоистые текстуры (*Initially not layering structures*)

Беспорядочная (*edgewise structure*)
Брекчиевидная (*brecciated structure*)
Глазковая (*birdseye*)
Губчатая (*spongy structure*)
Кавернозная (*cavernous structure*)
Комковатая (*granular structure*)
Конгломератовидная (*conglomeratic structure*)
Массивная (*massive structure*)
Мозаичная (*mosaic structure*)
Очковая (*augen structure*)
Псевдобрекчиевая (*pseudo-brecciated structure*)
Псевдоконгломератовая (*pseudo-conglomeratic structure*)
Пудинговая (*pudding structure*)
Пятнистая (*mottled structure*)
Сахаровидная (*saccharoidal structure*)
Трещинная (*fracture structure*)
Узловатая (*nodose structure*)
Хаотичная (*chaotic structure*)
Чешуйчатая (*imbricate structure*)

Слоистость (*Lamination, layering, bedding, stratification*)

Мелкомасштабная слоистость / слойчатость

(*Small-scale lamination < 1-3 cm*)

Агградационная диагональная (*aggradational cross-lamination*)
Волнистая, образованная знаками ряби (*sinusoidal ripple-lamination*)
Горизонтальная (*horizontal lamination*)
Диагональная (*diagonal lamination*)
Линзообразная (*lenticular lamination*)
Наклонная (*inclined lamination*)
Параллельная (*parallel lamination*)
Плоская параллельная (*planar-parallel lamination*)
Плоская пологонаклонная (*low-angle planar lamination*)
Пологонаклонная искривленная (*low-angle curvilinear lamination*)
Регулярная волнистая (*wavy lamination*)
Прерывистая (*discontinuous lamination*)

Крупномасштабная слоистость (*Large-scale bedding > 3 cm*)

Горизонтальная (*horizontal bedding*)
- градационная (*graded bedding*)
- многократная градационная (*multiple graded bedding*)
- неравномерная (*differential bedding*)

- нормальная (*normal graded bedding*)
- однократная (*single- graded bedding*)
- прерывистая (*discontinuous graded bedding*)
- равномерная (*uniform horizontal bedding*)
- ритмичная (*rhythmic horizontal bedding*)
- симметричная градационная (*symmetrical graded bedding*)
- ступенчатая градационная (*continuous graded bedding*)

Косая (*cross-bedding*)

- вогнутая (*concave cross-bedding*)
- выпуклая (*convex cross-bedding*)
- зигзагообразная (*zigzags cross-bedding*)
- зубчатая (*scalloped cross-bedding*)
- крутонаклонная (*torrential cross-bedding*)
- крутопадающая (*high-angle cross-bedding*)
- плоскопараллельная (*plane-parallel cross-bedding*)
- направленная (*aligned current structure, directional structure*)
- плоскопараллельная пологонаклонная (*low-angle plane-parallel cross-bedding*)
- пологая (*low-angle cross-bedding*)
- прерывистая (*discontinuous cross-bedding*)
- сигмоидальная (*sigmoidal cross-bedding*)
- срезанная (*hummocky / swalley cross-bedding*)
- таблитчатая (*tabular cross-bedding*)
- текстура течения и ныряния (*flow-and-plunge structure*)
- угловатая (*angular cross-bedding*)

Волнистая (*wave bedding*)

- непараллельная (*non- parallel wave bedding*)
- параллельная (*parallel wave bedding*)
- пологая (*low-angle wave bedding*)

Сложнопостроенная (*compound-bedding*)

- веерообразная (*fan-shaped structure*)
- диагональная (*diagonal bedding*)
- плоская диагональная (*planar diagonal bedding*)
- клиновидная (*wedge-shaped bedding*)
- линзовидная (*lenticular bedding*)
- мультдообразная или желобчатая (*through cross-bedding*)
- перекрестная (*chevron cross-bedding*)
- петлевидная (*loop bedding*)
- пластовая таблитчатая (*tabular cross-bedding*)
- пучковидная (*plumose structure, feather structure*)
- слоистость типа «елочки» (*herring-bone cross-bedding*)
- текстура «карточного домика» (*cardhouse structure*)
- фестончатая (*festoon cross-bedding*)
- флазерная (*flaser bedding*)

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ (ДЕФОРМАЦИОННЫЕ) ТЕКСТУРЫ

(Postdepositional ore deformational structures)

Деформации поверхности, вызванные изменениями влажности

Трещины усыхания (*mud cracks*)
Полигоны усыхания (*desiccation cracks*)
Корка усыхания инсоляционная (*sun cracks*)
Таймырский полигон (*ice-wedge polygon*)

Деформации внешнего воздействия на осадок

(*Load deformational structures*)

Текстуры взмучивания (*mud flow structures*)
Текстуры внедрения (*injection structures*)
Текстуры воздушных карманов (*air-pocket structures*)
Текстуры воздушного вспучивания (*air-heave structures*)
Факельная (пламенеvidная) текстура (*flame structures*)
Текстура тарелок (*dish structures*)
Текстура песчаных даек (*sand dykes structures*)
Глинистые диапиры (*mud diapers*)
Трубки обезвоживания (*dewatering tube*)

Деформации внутрипластовые, возникающие одновременно с осадконакоплением (*Penescontemporaneous deformational structures*)

Деформации нагрузки (*Load deformational structures*)

Бугорки конические (*conical knobs*)
Бугорки округлые (*bulbous knobs*)
Перистые знаки нагрузки (*feather marks / casts*)
Продольные хребтики (*longitudinal ridges*)
Чешуйчатые знаки (*scaly load marks / casts*)

Деформации оползневые (*Soft sediment deformation*)

Караваеобразная текстура (*pillow structure*)
Колобок оползания (*roll slump*)
Конволютная слоистость (*convolute bedding*)
 конволютные бугорки (*convolute knobs*)
 смятая слоистость (*glide bedding*)
 слоистость скольжения (*slide bedding*)
 кочкообразная слоистость (*hassock bedding*)
 внутрислоиные лежащие складки (*recumbent folds*)
 скрученная слоистость (*contorted bedding*)
 конволютные конические бугорки (*convolute conical knobs*)
 шишковатая или сучковатая слоистость (*gnarly bedding*)
 гофрированная слоистость (*crinkled bedding*)

Окатыш (*flow roll*)
Оползневая опрокинутая складка (*slump overfold*)
Оползневой катыш (*slump ball*)
Оползневые текстуры (*slump structures*)
Слоистость оползания (*slump bedding*)
Текстура мелкого смятия или гофрировки (*corrugated structure*)
Текстура течения (*flow structure*)
Текстура узелковых стяжений (*balled-up-structure*)
Флюидальные текстуры (*fluidal structures*)
Шаровая текстура (*ball structure*)
Шарово-подушечные текстуры (*ball-and-pillow structures*)

БИОГЕННЫЕ (ОРГАНОГЕННЫЕ) ТЕКСТУРЫ (Biogenic ore organic structures)

Биотурбационные / биоэрозионные текстуры (*Bioturbation & bioerosion structures*)

Следы жизнедеятельности (*lebensspur, ichnofossils*)

- биотурбации (*bioturbation*)
- глоссифунгиты (*glossifungites*)
- след бегства (*escape trace*)
- след движения (*trail*)
- след жилья (*dwelling trace*)
- след лапы (*track*)
- след отдыха (*resting trace*)
- след пастьбы (*farming ore grazing trace*)
- след передвижения (*locomotion trace*)
- след питания (*feeding burrows*)
- след ползающего животного (*trackway*)
- след ползания червей (*burrow*)
- след сверления (*boring*)
- слоистость биогенная (*biogenic bedding*)
- фукоиды (*fucoids*)

Строматолитовые (биостратификационные) текстуры (*Biostratification structures*)

Плоские слои строматолитов (*algal structures*)

Мелкие эллипсоидальные или хаотически расположенные куполовидные формы (*algal biscuit*)

Купола и депрессии (*dooms and depressions*)

Купола, разделенные депрессиями (*laterally linked hemispheroid – LLH*)

Колончатые структуры (*vertically stacked hemispheroid – SH*)

Изолированные купола с переменным радиусом действия (*variable basal radius – V*)

Изолированные полигональные текстуры усыхания (*aneverted stacked hemispheroid*)

ВТОРИЧНЫЕ (ДИА- И КАТАГЕНЕТИЧЕСКИЕ) ТЕКСТУРЫ (Secondary (diagenetic ore catagenetic structures))

Конкреции (*concretions*)
Желваки (*nodulares*)
Текстур «конус в конус» / фунтиковая (*cone-in-cone*)
Трещины синерезиса (*syneresis cracks*)
Осадочный будинаж (*sedimentary boudinage*)
Стилолиты (*stylolites*)

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литолого-фациальный анализ. Екатеринбург, 2002. 147с.
2. **Атлас** текстур и структур осадочных горных пород / Под ред. А. В. Хабакова. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 578 с.
3. **Атлас** литогенетических типов среднего карбона Донецкого бассейна / Л. Н. Ботвинкина, Ю. А. Жемчужников, П. П. Тимофеев и др. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 368 с.
4. **Ботвинкина Л. Н.** Слоистость осадочных пород. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 542 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 59).
5. **Ботвинкина Л. Н.** Методическое руководство по изучению слоистости. М.: Наука, 1965. 260 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 119).
6. **Вялов О. В.** Палеоихнология – учение о следах жизнедеятельности организмов. Львов: Изд-во Ин-та геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР. (Препринт № 87-2. С. 1-54).
7. **Жемчужников Ю. А.** Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 72 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 86).
8. **Маслов А. В.** Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
9. **Рейнек Г. Э., Сингх И. Б.** Обстановки терригенного осадконакопления. М: Недра, 1981. 438 с.
10. **Седиментология** / Р. Градзиньский, А. Костецкая, А. Радомский, Р. Унруг М.: Недра, 1980. 640 с.
11. **Селли Р. Ч.** Введение в седиментологию. М.: Недра. 1981, 266 с.
12. **Справочник** по литологии / под ред. Н. Б. Вассоевича, В. И. Марченко. М.: Недра, 1983. 509 с.
13. **Твенхофел У. Х.** Учение об образовании осадков. Л.: ОНТИ СССР. 1936, 915 с.
14. **Фролов В. Т.** Литология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 335 с.

15. **Allen J. R. L.** Current Ripples. – North Holland, Comp. Amsterdam. 1968. 433 p.
16. **Conybeare C. E. B., Crook K. A. W.** Manual of sedimentary structures: Australian Dept. Nat. Development, Bur. Min. Res., Geol., Geophys., Bull., 102, 1968, 327 p.
17. **Martinsson A.** Toponomy of trace fossils. // In: T.P. Crimes, J.C. Harper (eds.) Trace fossils. Liverpool: Seel House 1970. P. 323-330.
18. **Pettijohn P. J., Potter P. E.** Atlas and glossary of primary sedimentary structures. New York: Springer. 1964, 370 p.
19. **Picard M. D., High L. B.** Sedimentary structures of ephemeral streams. Developments in sedimentology. Amsterdam: Elsevier. 1973, 223 p.
20. **Seilacher A.** Biogenic sedimentary structures // In: Imbrie J., Newell N.D. (eds.). Approaches to Palaeoecology. New York: Wiley. 1964, 316 p.
21. **Seilacher A.** Bathymetry of trace fossils. – Marine Geol. № 5: 1967. P. 413-426.
22. **Selley R. Ch.** Applied Sedimentology. New York: Academic Press 2000, 520 p.
23. **Shrock R. R.** Sequence in layered rocks. New York: McGraw – Hill. – 1948, 507 p.

Раздел I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЛИТОЛОГИИ

УДК 552.5

А. Л. Яншин

ОСАДОЧНАЯ ТРИАДА ФОРМАЦИЙ ЛЕДНИКОВЫХ ЭПОХ: ПЕРИГЛЯЦИАЛ, ЛЁСС, ПЕСЧАНЫЕ ПУСТЫНИ

При работе с домашним архивом академика Александра Леонидовича Яншина была обнаружена рукопись неопубликованной статьи «Осадочная триада формаций ледниковых эпох: перигляциал, лёсс, песчаные пустыни», датированная 19 сентября 1992 г. К рукописи приложено обстоятельное письмо директора Института географии АН СССР академика В. М. Котлякова, в котором он, обращаясь к А. Л. Яншину, пишет: «Я с захватывающим интересом прочел Вашу статью «Осадочная триада ландшафтов ледниковых эпох: перигляциал, лёсс, песчаные пустыни», которая, по-моему, содержит новое решение фундаментальных проблем современного ландшафтоведения и истории развития ландшафтов прошлого. Такого же мнения и А. А. Величко, который тоже ознакомился с ее содержанием». И далее: «Как главный редактор журнала «Известия РАН, серия геологическая», я был бы очень рад, если бы Вы передали эту статью для публикации в этом журнале. В этом случае, я думаю, мы смогли бы ее поместить в ближайший номер, подготовляемый к публикации (очевидно, № 2 за 1993 год)». Сам А. Л. Яншин явно хотел придать статье не столько географический, сколько «геологический» вид, о чем свидетельствует его правка в экземпляре рукописи и само изменение названия работы. Правда, в итоге, статья так и не была опубликована.

Вряд ли необходимо сейчас комментировать ее содержание, выяснять спорные моменты и дискутировать по ее сути, но мысли и представления одного из ведущих естествоиспытателей XX века, безусловно, заслуживают прочтения и осмысления, даже спустя 20-летие их изложения. В настоящий текст внесена только правка, сделанная рукой самого А. Л. Яншина.

В. Г. Кузнецов

Введение

Лёссам Украины и Северного Предкавказья посвящены многие сотни статей и десятки крупных монографий. Почти такое же количество литературы посвящено лёссам равнин Средней Азии. Классическое лёссовое плато Северного Китая начали изучать еще в 80-е годы XIX века Ф. П. Рихтгофен и другие европейские геологи, а в последние десятилетия оно служит предметом систематических исследований Лю Тунгшена и других китайских геологов. Может быть несколько меньшее количество работ по-

священо лёссам Венгрии и США. В этой обширной литературе можно найти подробнейшие сведения о механическом составе лёссовых пород, о фациальных изменениях этого состава, о степени карбонатности лёсса разных районов, об изредка встречающихся в них органических остатках, о спорово-пыльцевых комплексах почвенных слоев, всегда переслаивающих лёсс, об уникальных и в ряде случаев опасных инженерно-геологических свойствах лёсса и о ряде других особенностей этой своеобразной формации.

Однако во всей этой громаде литературы мы не можем найти ответа на один очень важный вопрос. Почему нигде на земном шаре неизвестны лёссовые породы дочетвертичного возраста? Почему нет лёссов палеогеновых, меловых или девонских?

Настоящая статья представляет собой попытку ответа на этот вопрос. При поисках такого ответа необходимо отказаться от принципа униформизма, необходимо признать исключительные особенности осадконакопления в определенные геологические эпохи и постараться выяснить, в чем именно заключались эти особенности.

Происхождение лёсса

Лёсс – образование эоловое. Для лёссов Украины это впервые было обосновано П. А. Тутловским и позднее неоднократно подтверждалось другими исследователями. Для лёссов Средней Азии вопрос об их генезисе решался более сложно. Геологи Узбекистана во главе с Г. А. Мавляновым долгое время считали все лёссовые породы аллювиальными, и поэтому еще в 1940-е годы издавались карты четвертичных отложений Средней Азии, на которых границы «аллювиального» лёсса точно совпадали с государственными границами Узбекистана, а за их пределами лёсс был эоловым. При такой трактовке генезиса лёсса не учитывалось, что когда лёссовая ветровая пыль садилась на склоны гор, то она в первую очередь смывалась дождевыми водами и входила в состав аллювия, образуя своеобразную фацию лёссовой формации, в которой лёсс переслаивается с песками, а иногда даже я с галечниками. Однако без ветрового приноса лёссовой пыли не могла бы возникнуть и аллювиальная фация лёссовых пород. На плоских водоразделах в стороне от речных долин и в Средней Азии лёсс является везде чисто эоловым осадком, что было определено еще в конце прошлого века В. А. Обручевым.

Если на Украине образование лёсса давно прекратилось, то в Средней Азии оно продолжается и сейчас. В Душанбе, когда дует сильный юго-западный ветер – «афганец», даже на уровне 5-6 этажа все плоские поверхности покрывает пыль, по составу неотличимая от лёсса, развитого на водоразделах Южно-Таджикской депрессии. Можно доказать, что и лёссовидные суглинки водоразделов бассейна р. Урал также имеют эоловое происхождение. Дело в том, что эта река, как и все ее притоки, была очень

глубоко врезана в среднеплиоценовое время, когда Каспийское море было уже обособлено от Черного, а Южно-Каспийская и Средне-Каспийская впадины интенсивно прогибались, что вызвало резкое понижение уровня моря. В конце плиоцена в Каспий откуда-то, скорее всего по Манычскому прогибу, прорвались морские воды, вызвав акчагыльскую ингрессию. По долине р. Урал морские воды проникли до меридиана станции Кувандык, по его левому притоку реке Илек до станции Мортук и на такое же расстояние по реке Хобде, которая падает с юга в р. Илек. А затем, уже в четвертичном периоде, на плоском водоразделе между реками Илек и Хобда отложились лёссовидные суглинки без видимой слоистости, мощность которых достигает 6 м. Вещество этих суглинков, несогласно перекрывающих дислоцированные соляной тектоникой разные по составу слои меловых пород, могло попасть на водораздел реки Хобды и Илека только эоловым путем.

По-видимому, изучавшиеся мной еще в 1930-е годы лёссовидные суглинки бассейна р. Урал представляют собою наиболее удаленную от источника материала, но все же эоловую фацию лёссовой формации. О применении к ним почвенной гипотезы лёссообразования Л. С. Берга не может быть и речи, поскольку граница их с коренными породами везде очень резкая.

Относительно эолового происхождения лёссов Северного Китая как будто расхождений не было. Их эоловый генезис был убедительно показан еще в прошлом веке Ф. П. Рихтгофеном и подтверждался всеми китайскими исследователями вплоть до последних монографических работ Лю Тунгшена. Литература по лёссам Венгрии и Северной Америки мне известна меньше, но, насколько я знаю, и там не возникало сомнений относительно эолового происхождения лёсса.

Итак, лёссовая формация имеет эоловое происхождение. Это может быть единственная формация, весь материал которой принесен на место современного залегания ветром. Аллювиальная фация лёсса - явление вторичное, частью одновременное с образованием эоловых накоплений лёсса, частью даже более позднее, связанное с перемывом материала ранее отложившихся лёссовых толщ.

Возраст лёссовой формации

Лёссы Украины имеют четвертичный возраст. Они синхронны ледниковым и перигляциальным отложениям более северных районов. Характерной особенностью лёссов вообще и украинских в частности является наличие в них более или менее богатых гумусом темных прослоев, в ряде случаев сохраняющих все морфологические и физико-химические черты ископаемых почв. Наиболее ярко выраженные почвенные слои внутри лёссовой формации соответствуют межледниковым эпохам, менее выражен-

ные – интерстадиалам, на протяжении которых не было достаточного времени для выработки ясно выраженного почвенного слоя.

Следовательно, образование лёссовой формации Украины было прерывистым. Лёсс оседал в холодные ледниковые эпохи, и его образование прекращалось в теплые межледниковые эпохи, когда лёсс покрывался степной, а в ряде случаев, судя по спорово-пыльцевым спектрам, и лесной растительностью. Новое похолодание приводило к исчезновению этой растительности, после чего наступала новая эпоха осаждения лёссовой пыли. В нижней части наиболее полных разрезов лёссов Украины прослеживается магнито-стратиграфическая граница Брюнес-Матуяма, возраст которой сейчас оценивается в 780 тыс. лет. Однако нижнюю стратиграфическую границу четвертичной или антропогенной системы сейчас принято проводить по более низкой магнито-стратиграфической границе Матуяма-Гаусс, возраст которой 2,49 млн лет. Следовательно, время образования лёссов Украины соответствует второй половине четвертичного периода, когда ледниковые явления были выражены наиболее ясно. Во время последней стадии валдайского оледенения 15-20 тысяч лет назад, судя по радиоуглеродным датировкам, образование лёссов на Украине и Северном Кавказе еще продолжалось. Оно прекратилось около 10 тыс. лет тому назад.

Сведения о возрасте лёссов Средней Азии менее определены, хотя, по-видимому, и здесь эпоха их формирования не выходит за пределы четвертичного периода. В Южно-Таджикской депрессии лёсс мощностью до 6-8 м слагает водоразделы между многочисленными правыми притоками Аму-Дарьи, текущими с севера на юг. В выемках дорог хорошо видна их четкая подошва, ниже которой залегают породы различных свит неогена и палеогена, а в западной части депрессии – и верхнего мела. Отложение лёсса началось на выровненной поверхности до четвертичного поднятия депрессии и связанного с этим врезания долин притоков Аму-Дарьи. Продолжается оно здесь, как я писал выше, и сейчас.

Классической страной развития лёсса является Северный Китай, где лёссовое плато занимает площадь около 600 тысяч км² и протягивается в широтном направлении от Ордоса до окрестностей Пекина. Лёссы Китая имеют громадную мощность, в наиболее полных разрезах достигающую 240 м. На полную мощность лёссовая формация вскрыта врезавшейся в нее рекою, которая, из-за постоянного присутствия в ее водах лёссовой взвеси, получила название Желтой (Хуанхэ). В лёссах Китая насчитывается до 36 почвенных горизонтов, однако в полных разрезах четко выделяется верхняя часть формации мощностью до 40 м, в которой почвенные горизонты переслаиваются лёсс лишь несколько раз и значительно более мощная нижняя часть, в которой почвенные горизонты многочисленны, хотя в ряде случаев не очень ясно выражены.

Большая мощность лёссовой формации Китая объясняется не только увеличенной по сравнению с Украиной скоростью накопления лёсса, но

несомненно также и большей длительностью эпохи ее формирования. В лёссах Китая также хорошо прослеживается магнито-стратиграфическая граница Брюнес-Матуяма, однако здесь она проходит примерно в подошве верхней части формации с редкими слоями почв. Ниже прослеживается эпизод прямой намагниченности Олцувай, а в наиболее полных разрезах немного выше подошвы формации выделяется и магнито-стратиграфическая граница Матуяма-Гаусс. Этому соответствуют и определения абсолютного возраста прослоев вулканического пепла, которые имеются в самых низах лёссовой толщи. Они дают цифры от 2,8 до 3 млн лет.

Следовательно, накопление лёссов Китая началось немного раньше инверсии магнитного поля Матуяма-Гаусс – в самом конце плиоцена и охватило почти весь четвертичный период с перерывами, которым соответствуют погребенные почвенные слои. Оно раньше, чем в других местах, началось и, по-видимому, раньше закончилось. Синантроп жил уже тогда, когда в лёссовую формацию началось врезание долины Хуанхэ и ее притоков, хотя на плоских водоразделах в это время лёссовая пыль еще могла отлагаться.

Лёссы Венгрии, по-видимому, синхронны лёссам Украины. Лёссы Соединенных Штатов Америки имеют небольшую мощность и, вероятно, соответствуют лишь второй половине четвертичного периода. Некоторые американские геологи считают, что они образовались лишь за время последнего висконсинского оледенения.

Таким образом, мы видим, что образование лёссовой формации в разных областях ее распространения не строго синхронно. В Китае оно началось в конце плиоцена и, по-видимому, закончилось уже довольно давно. В Средней Азии мы не знаем его начала, но продолжается оно и сейчас.

На Украине, в Венгрии и Северной Америке оно соответствует времени крупных материковых оледенений четвертичного периода.

Источники материала лёссовой формации

Для лёссов Украины и северного Кавказа до сих пор остается в силе гипотеза, предложенная еще 100 лет тому назад П. А. Тутковским. Он видел источник их материала в пыли от развивавшихся зандровых песков. Когда материковый лед наступал, осадки перед его фронтом практически отсутствовали. Когда же наступало стационарное состояние края ледяного покрова и, в особенности, когда он отступал, начиналось образование краевой морены, а водными потоками из-под льда и поверх него на предледниковую пустынную равнину выносилась масса песчаного, алевритового и глинистого материала. Перед фронтом материкового оледенения по всем метеорологическим расчетам и наблюдениям в течение большей части года должен был господствовать антициклон, ветры которого перебива-

ли весь этот терригенный материал, оставляя на месте то, что мы называем задровыми песками, а тонкоалевритовую и глинистую пыль уносили на юг и отлагали на плоских поверхностях рельефа территорий теперешней Украины, Нижнего Поволжья и Северного Кавказа в виде лёсса.

Сходный источник материала можно предполагать для лёссов Венгрии и Соединенных Штатов Америки.

Иначе обстояло дело в Средней Азии.

Покровного оледенения здесь не было. Горные ледники Памира и Восточного Тянь-Шаня, судя по положению конечных морен, в холодные эпохи четвертичного периода опускались несколько ниже, чем сейчас, но на равнины не выходили и терригенный материал их таяния целиком попадал в аллювий малых и больших рек.

Очевидно источниками лёссового материала здесь служили современные песчаные пустыни, прежде всего Кызылкумы и Каракумы, в меньшей мере песчаные массивы Северного Приаралья и Центрального Ирана. В большинстве своем эти пустыни образовались за счет развеивания четвертичных аллювиальных отложений, накопившихся в плювиальные эпохи, соответствовавшие межледниковьям. Кызылкумы – это результат блужданий русла нижнего течения Сыр-Дарьи, в которую впадала р. Чу. До сих пор здесь сохранились старые русла этой реки – Кувадарья и Жаныдарья, постепенно смещавшиеся на север в связи с поднятием Тянь-Шаня. Пески Каракумов представляют собой результат такого же блуждания русла Аму-Дарьи и других рек Средней Азии, которые в плювиальные эпохи, заполнив водою впадины Арала и Сарыкамыш, текли во впадину Южного Каспия.

Приаральские Каракумы, лежащие к северу от нижнего течения Сыр-Дарьи, представляют собой развеянный аллювий всего бассейна р. Тургай, которая сейчас кончается значительно севернее во впадине соленой грязи Челкар-Тениз. И лишь меридионально вытянутые массивы песков Большие и Малые Барсуки являются результатом развеивания песчаных отложений саксаульской свиты верхнего эоцена.

Аллювиальные отложения современных пустынь Средней Азии не были первоначально чисто песчаными. Как и всякий аллювий, они содержали прослой алевритов и глин. Однако в экстрааридные и более холодные эпохи господства ветрового режима они перевеивались и весь тонкообломочный терригенный материал из них выносился, оседал в виде лёсса на прилегающих плоских поверхностях и на склонах гор, откуда он быстро смывался, образуя аллювиальную фацию лёссовой формации.

Что дело обстояло именно таким образом, хорошо видно на примере песков Малые Барсуки в Северном Приаралье. Это развеянные отложения саксаульской свиты верхнего эоцена, выходящие в ядре антиклинали. На севере пески ограничены небольшим широтным сбросом с опущенным северным крылом. К югу антиклиналь погружается, в связи с чем площадь

песков клиновидно суживается. К востоку и к западу от песков Малые Барсуки, судя по данным бурения на станциях Саксаульская и Тогуз, саксаульская свита представлена песчанистыми глинами темно-серого цвета. Ранее я объяснял чисто песчаный характер осадков этой свиты в Малых Барсуках их мелководным образованием. Я полагал, что в позднем эоцене уже началось образование антиклинали, и здесь располагалась отмель, с которой глинистый материал удалялся волнением.

Картографирование последних лет показали, что я ошибался. Переход от чисто песчаных отложений саксаульской свиты к песчано-глинистым оказался очень резким и точно совпадающим с контуром выхода этих отложений на поверхность. К тому же в Малых Барсуках нигде не обнаружены банки раковин *Pectunculus aralensis* Rom., которые характерны для всех первично песчаных мелководных отложений саксаульской свиты и встречаются во многих впадинах выдувания песков Большие Барсуки.

Следовательно, в антиклинали Малых Барсуков были выведены на поверхность песчано-глинистые отложения саксаульской свиты, однако в эпохи развевания весь глинистый и алевритовый материал из них был удален и пошел на образование лёссов Средней Азии.

Еще более очевидна связь образования лёсса и песчаных пустынь в Китае. Источником терригенного материала для формирования мощной лёссовой формации этой страны были песчаные пустыни Гоби и Такла-Макан. Это убедительно доказывают фациальные изменения, наблюдаемые в разрезах самой лёссовой формации. Чем западнее, тем больше в ней прослоев алевритового и даже песчаного материала; чем восточнее, тем чаще встречаются горизонты очень тонкого материала с размерностью зерен менее 0,01 мм.

Пески пустынь Гоби и Такла-Макан имеют разное происхождение. В первом случае это в основном результат развевания континентальных верхнемеловых отложений, богатых останками динозавров. Во втором - это развеванные аллювиальные отложения р. Тарим и других ранее существовавших рек бессточной области Центральной Азии. В обоих случаях первоначально развивавшиеся отложения не были представлены чистыми песками, но содержали многочисленные прослои и линзы более тонкого терригенного материала.

Однако в процесс экстрааридного развевания терригенных отложений, существовавших ранее на месте этих пустынь, наиболее тонкая часть материала уносилась господствующими здесь ветрами широтного направления на восток и оседала в виде лёсса на равнинах Северного Китая. Как я уже отмечал, этот процесс был прерывистым. Как только наступало потепление и увлажнение климата, он прекращался, эоловые формы микрорельефа песчаных пустынь закреплялись, а на лёссах образовывался почвенный слой. Современная эпоха в Китае соответствует как раз такому перерыву в

лессообразовании. Возобновится ли этот процесс – узнают наши потомки. Может быть и не возобновится, потому что антропогенное воздействие стало мощным геологическим фактором, меняющим ход естественных природных процессов. Выпас скота в пустынях Центральной Азии ничтожен по объему, дикие верблюды почти истреблены и потому разрастание площади песчаных пустынь, подобное происходящему к югу от Сахары, здесь вряд ли может прогнозироваться.

Если главная в мире по площади и по мощности лёссовая формация Китая так тесно связана генетически с песчаными пустынями Центральной Азии, то естественно возникает вопрос: а что же было с этими пустынями до начала формирования лёсса?

И ответ может быть только один. Они не существовали.

Песчаные пустыни в геологической истории Земли

В русском языке слово «пустыня» имеет совсем другое значение, чем в геологическом словаре. Это просто «пустое» от человека незаселенное место. Оно может быть аридным и гумидным по климату, степным и даже лесным по растительности. Отсюда появились монашеские обители «Оптина пустынь», «Сергиева пустынь».

В геологических словарях понятие сужается. Пустыня – это обязательно территория с очень сухим аридным климатом и, вследствие этого, со скудной ксерофитной растительностью, за исключением орошаемых участков, непригодных для земледелия.

Однако и при таком суженном понимании ландшафты пустынь, а следовательно, и их генетические типы очень разнообразны. Это и абсолютно голые скалистые горные участки, подобные Монгольскому Алтаю или хребту Загрос в Иране. Это и каменистые плато вроде Устюрта или Дарфура в Судане. Это трудно проходимые "бедленды" с причудливыми формами выветривания песчано-глинистых обрывов, множеством маленьких каньонов и останцов, характерные для юга США, но встречающиеся в Сахаре, на юге Казахстана и в северной монгольской части Гоби. Это каменистые равнины, покрытые щебенкой различных коренных пород с характерной темной корочкой "пустынного загара", как в алжирской части Сахары, или оставшимися от выдувания кремнистыми конкрециями, как на западе Марокко и в Мавритании. Наконец, это песчаные пустыни с характерными для них формами барханного или грядового рельефа, подобные упоминавшимся ранее или "эргам" Сахары.

Важно подчеркнуть, что основным критерием возникновения и существования всех этих типов пустынь, особенно песчаных, является не высокая температура, а сухость климата.

На мировых картах климата и растительности хорошо видно, что аридная зона Старого Света, протянувшаяся в Сахаре и Саудовской Ара-

вии вдоль тропика Рака, оставляя на этой широте пустыни Тар в Индии, отворачивает на северо-восток через пустыни Ирана в Среднюю Азию, расположенную на широте Средиземноморья, а восточнее уходит еще дальше на север в пустыню Гоби с ее морозными зимами, лежащую на широте Украины. Важно лишь то, что во всей этой аридной полосе количество осадков в современную эпоху не превышает 200 мм в год, причем распределены они крайне неравномерно. Даже в Сахаре бывают обильные дожди и наводнения. Однако случаются они один раз в несколько лет.

Песчаные пустыни Центральной Азии, как мы уже видели, возникли одновременно с началом образования лёссовой формации Китая в самом конце плиоцена где-то около 3 млн лет тому назад. До этого климат здесь был более влажным, на месте пустыни Такла-Макан существовала озерно-аллювиальная равнина, а на месте пустыни Гоби – холмистая страна со степной, судя по остаткам плиоценовой фауны, растительностью.

А другие пустыни, упоминавшиеся мной ранее?

Я уже писал, что все они возникли не ранее начала четвертичного периода, а многие лишь во второй его половине, когда в Северном полушарии начались покровные оледенения и климат в аридной зоне стал особенно засушливым. Лишь навязанный нам актуалистический образ мышления заставляет думать, что пустыни существовали всегда. На самом деле они – результат контрастности климатических зон, возникавшей только в эпохи материковых оледенений. Мы живем в конце последней ледниковой эпохи. Только поэтому на Земле еще сохраняются пустыни. Если термический режим Земли вернется хотя бы к тому, который существовал 4-5 млн лет тому назад в нижнем плиоцене, то исчезнут льды Северного Ледовитого океана, и ледники на островах Арктики (хотя они сохраняются в Антарктиде и, вероятно, в Гренландии) и одновременно исчезнут все пустыни.

Ведь в ископаемом состоянии мы следов пустынного режима практически не знаем. Во многих учебных курсах петрографии осадочных пород или литологии при описании текстур приводятся и изображаются различные типы кривой слоистости песков, в том числе ветровой. Однако конкретные примеры такой кривой слоистости всегда берутся из наблюдений и зарисовок в современных пустынях, и ни одно изображение эоловой кривой слоистости древних песчаников мне не встречалось.

Аридный тип осадконакопления, выделявшийся в статьях и монографиях Н. М. Страхова, также не включал эоловые пески песчаных пустынь. Это преимущественно различные соленосные формации, не сингенетичные песчаным пустыням, которые требуют более аридных условий.

Песчаные эоловые отложения в виде дюн образуются и в условиях гумидного климата. Однако в противоположность пескам пустынь они никогда не занимают больших территорий, а развиты локально, преимущественно по берегам крупных рек и морей. Формирование дюн гумидного пояса происходило при климате, несколько более сухом, чем современный.

Сегодня большинство дюн закреплено растительностью, как на Куршской косе в Литве и Калининградской области.

В древние геологические времена, до девонского периода, когда в атмосфере было еще сравнительно мало кислорода, озоновый слой еще не образовался и живые организмы вследствие этого не могли выйти за пределы гидросферы, вся суша представляла собою сплошную пустыню, но это была пустыня, совершенно непохожая на современные, жаркая и влажная. Ее осадки сохранились в виде красноцветных аллювиальных толщ нижнего палеозоя ряда континентов. В более поздние времена эоловые накопления песчаного материала, несомненно, иногда возникали, но в масштабах, несоизмеримых с масштабами песчаных пустынь четвертичного периода.

Одним из примеров таких древних эоловых образований могут служить кварцевые пески и сливные кварцитовые песчаники континентального верхнего эоцена, спорадически встречающиеся в разных местах Южного Урала, Примугоджарья и северной части Центрального Казахстана. Эти породы состоят из очень хорошо окатанных и отсортированных зерен кварца величиной от 0,2 до 0,5 мм, совершенно одинаковых по величине в каждом отдельно взятом куске кварцита. Уже окатанность и отсортированность зерен кварца, достигаемые только при многократном переотложении, говорят об эоловом происхождении породы. Однако это заключение подтверждается и другими фактами. Нередко горизонтально лежащие плиты кварцитового песчаника густо прорезаны вертикальными ветвящимися кверху пустотками. По-видимому, это следы выгнивших стволиков и веточек какого-то засыпанного песком ксерофитного кустарничка. Местами в песчаниках встречаются отпечатки листьев веерной пальмы *Sabal*. и ксерофитного дерева *Andromeda protogaca* Ung., причем последние в согнутом или даже свернутом виде, явно захороненные песком на сухой земле, а не в водной среде.

Все это говорит об островках отложений эолового генезиса, хотя описываемая в учебниках эоловая косая или, вернее, перекрестная слоистость здесь и не наблюдалась.

Интересно, что совершенно такие же островки верхнеэоценовых кварцитовых песчаников известны и во Франции за пределами Парижского и Аквитанского морских бассейнов. Во французской геологической литературе они известны как «песчаники с *Sabalites*». Видимо, климат позднего эоцена на большом пространстве от Франции до Казахстана был теплым и достаточно сухим. Однако он позволял существовать веерным пальмам и другой ксерофитной растительности, а значит, существенно отличался от климата современной Сахары, в пределах которой финиковые пальмы и акации растут только у источников воды в редких оазисах.

Палеонтологическим доказательством молодости всех пустынь Старого Света служит отсутствие в многочисленных и хорошо изученных

плиоценовых фаунах млекопитающих остатков верблюда. Отряд мозоленогих (*Tylopoda*), к которому принадлежит верблюд, появился еще в верхнем эоцене Северной Америки и оттуда распространился в Южную Америку и в Азию, но до начала четвертичного периода это были животные, не приспособленные к аридным условиям, типа современных альпак или гуанако.

Родиной двугорбого верблюда, или бакриана, является пустыня Гоби, где он до сих пор сохранился в диком состоянии. Родину одногорбого верблюда, или дромадера, следует предполагать в пустыне Рубэль Хали на юго-востоке Аравийского полуострова. В этих двух наиболее древних пустынях, образовавшихся еще в самом конце плиоцена, путем естественного отбора на протяжении трех с лишним миллионов лет шло образование двух новых видов крупных травоядных млекопитающих, специально приспособленных к обитанию в условиях экстрааридного климата. Систематиками они искусственно соединены по морфологическим признакам в один род *Camelus*. Из этих двух центров верблюд расселился в другие страны с аридным климатом, а с помощью человека акклиматизировался даже в Австралии и в Мексике.

Примеры «хрупкости», неустойчивости пустынного режима дает нам четвертичная палеогеографическая история Сахары. По единодушному мнению всех ее французских исследователей, эта пустыня возникла во время самого большого рисского покровного оледенения около 200-300 тыс. лет тому назад.

Во время росс-вюрмского или, как называем мы, микулинского межледниковья, территория Сахары была довольно густо заселена охотничьими племенами раннего палеолита. Остатки грубых каменных орудий шельской и ашельской культуры встречены в очень многих местах Сахары, преимущественно на берегах сухих ныне русел уэдов. Были охотники, значит была и крупная травоядная дичь, на которую они охотились. Следовательно, была, если не везде, то на обширных пространствах травяная растительность, что говорит о климате, значительно более влажном, чем современный.

Затем наступила сухая эпоха вюрмского, или валдайского, оледенения, во время которого в Сахаре восстановился пустынный режим. Вюрмский интерстадиал, соответствующий верхнему палеолиту Европы в Сахаре, отчетливо не проявился, в связи с чем находки позднепалеолитических каменных орудий мустьерского типа здесь очень редки и приурочены лишь к северной окраине Сахары, ближайшей к Средиземноморью.

Поздний палеолит и время появления кроманьонского человека современного типа было, как известно, на пространстве от Пиренеев до Южного Урала временем расцвета реалистической пещерной живописи. В Сахаре тоже очень много мест, где поверхность вертикальных обрывов песчаника испещрена изображениями животных и сцен охоты на них. Первые

исследователи сопоставляли фрески на скалах Сахары с живописью Альгамбры и полагали, что все это дело рук живописцев позднего палеолита. Однако более поздние исследования показали, что фрески Сахары значительно моложе и в основной своей части созданы в эпоху неолита всего 6-8 тыс. лет тому назад.

Сахара продолжала оставаться пустыней до конца холодной вюрмской эпохи около 10 тыс. лет тому назад. Затем началось глобальное потепление, достигшее максимальной величины во время так называемого голоценового оптимума 6-8 тыс. лет тому назад, когда средняя годовая температура на широте Москвы, судя по соотношению изотопов кислорода в костях животных и древесине, была на 3-4° выше современной.

И Сахара в эту эпоху, в связи с увеличением испарения с поверхности океанов и увеличением количества осадков, перестала быть пустыней. Протянувшиеся на десятки и сотни километров сухие русла уэдов в то время были реками. На их берегах расположены многочисленные следы стоянок неолитического человека с «кухонными кучами», в которых много костей рыб, травоядных животных, в том числе бегемотов, и крокодилов. Живые крокодилы сохранились с тех пор в центре Сахары в непересыхающих плёсах воды, которые существуют в глубоких ущельях горного массива Ахачгар. К этому же времени относятся упоминавшиеся фрески на скалах, изображающие стада слонов, жирафов, различных антилоп, а также сцены охоты на бегемотов людей, сидящих в лодках.

Очевидно в эту эпоху, продолжавшуюся не менее двух тысяч лет, на месте Сахары расстилалась саванна, богатая водою и травоядными животными, достаточно густозаселенная.

По расчетам климатологов, которые приведены в книге «Антропогенные изменения климата», при повышении средней годовой температуры Земли на 3° в Сахаре должно выпадать за год около 300 мм осадков. Этого количества, очевидно, было достаточно, чтобы во время голоценового оптимума Сахара как сплошная пустыня перестала существовать.

А позднее началось общее похолодание климата Земли и аридизация его на территории Сахары. Во времена Римской империи в ней еще жили скотоводческие племена гарамантов, но Светоний отмечал, что расстояния между колодцами в Ливии, как тогда называли всю Сахару, довольно велики и потому, путешествуя по ней, надо к брюху лошади привязывать бурдюк с водою. Слоны, прирученные для армии Ганнибала, также еще водились где-то в западной части Сахары. Однако верблюда, без которого мы не можем себе представить ландшафты этой пустыни, в то время в Сахаре еще не было. Достоверно известно, что он привезен сюда из Аравии только в конце III века нашей эры.

Пример Сахары показывает, как неустойчив пустынный режим и как легко он исчезает даже при небольшом увеличении количества осадков.

С Сахарой связан еще один частный вопрос, который может возникнуть у читателей этой статьи.

Мы видим, что источником материала лёссовой формации могут быть не только зандровые поля перигляциала, но и развеваемые пески пустынь. А где же тогда лёсс, который должны были давать развеваемые пески Сахары?

Ответ на этот вопрос есть, и он очень прост. Во-первых, вся центральная часть Сахары – это преимущественно не песчаная, а каменистая пустыня – гаммада. Массивы развевающихся песков – эрги расположены главным образом в ее западной части, Во-вторых, Сахара лежит под тропиком Рака, т. е. в зоне постоянно дующих восточных ветров, тех самых ветров, которые позволили 500 лет тому назад каравеллам Колумба так легко пересечь Атлантический океан. Значит, лёссовая пыль развеваемых песков Западной Сахары должна уноситься пассатными ветрами в Атлантический океан. И это действительно так. Еще португальские мореплаватели XV века, искавшие путь в Индию вокруг Африки и, в конце концов, открывшие его, называли часть Атлантики к западу от Мавритании "Mare tenebrum" – морем мглы из-за постоянных облаков пыли, через которые приходилось плыть их каравеллам. Ветрами несетя из Сахары не только лёссовая пыль, но и мелкий песок, зерна которого постоянно обнаруживаются в глинистых осадках дна этой части океана на расстоянии до 600 км от берега.

Пустыни и соленакопление

В ряде своих статей и монографий о типах литогенеза Н. М. Страхов считал аридное и пустынное осадконакопление синонимами. Однако это верно лишь в первом приближении, в действительности первый из названных терминов гораздо шире второго.

Аридным климатом называют такой, при котором величина испарения превышает величину выпадающих за год в данном районе осадков. Соотношение этих величин определяется широтой местности, высотой над уровнем моря, удаленностью от его берегов, господствующим направлением ветров и другими причинами. Большинство климатологов различают климат семиаридный, собственно аридный и экстрааридный. Зона современных экстрааридных климатических условий Старого Света, как я писал выше, в Сахаре вытянута вдоль тропика Рака, а дальше на восток уходит к северу в пустыне Гоби до широты 45°, пересекая при этом области совершенно разной высоты над уровнем моря. Общим для всей этой зоны остается лишь мизерное количество осадков, не превышающее 200 мм в год.

Интересно, что повсюду здесь либо совершенно отсутствуют, либо крайне редки соленые самосадочные озера. В огромной Сахаре их нет" за исключением нескольких «себхов» на юге ее алжирской части, за пользо-

вание солями которых велись войны между марокканцами и государствами, возникавшими в долине р. Нигер. В Саудовской Аравии и в пустыне Гоби их совсем нет. Видимо, при количестве осадков менее 200 мм в год создались условия, неблагоприятные для внутриконтинентального осадко-накопления. Воды слишком мало для того, чтобы она могла создавать медленно движущиеся на глубине потоки, выщелачивающие горные породы и выносящие во впадины рельефа хлоридные и сульфатные соли.

Зона континентального соленакопления лежит в Северном полушарии намного севернее и соответствует климату не экстрааридному, а ариднему и семиаридному, при котором количество осадков колеблется обычно от 200 до 350 мм в год. Оно еще не достаточно для создания постоянно текущих рек, но уже достаточно для образования временных водотоков и подземных потоков, приносящих в бессточные впадины содержащую соли воду. Последующее испарение вызывало концентрацию этих солей и в ряде случаев их осаждение.

Наиболее крупные самосадочные озера нашей страны с большими запасами чистой поваренной соли – Баскунчак, Эльтон, Индер – лежат между 48 и 50° с. ш., Кулундинские содовые озера севернее 52°, а большое соленое озеро штата Юта Северной Америки находится на 41° с. ш.

В условиях сухости климата и превышения испарения над количеством осадков соленакопление возможно даже за Полярным кругом, о чем свидетельствует озеро на о. Кильдин в Баренцевом море и такое же соленое озеро оазиса Бангера в Антарктиде.

Таковы же условия образования соляных озер высокоподнятого и холодного Тибета.

Морское соленакопление прошлых геологических эпох, по видимому, также происходило главным образом в условиях семиаридного, но не экстрааридного климата. Превышение испарения над поступлением воды в солеродные бассейны всегда было необходимо, но оно достигалось в ряде случаев уже в средних широтах. Ведь и современные аналоги таких бассейнов расположены на таких широтах: Сиваши, получающие приток воды из полупресного Азовского моря, на 46° с. ш., Карабогаз на 41-42° с. ш. А ведь на протяжении главной части геологической истории климат всей Земли был более теплым, чем современный, следовательно, испарение было сильнее.

Соленосные толщи большого и малого размера при соответствующих геоморфологических и климатических условиях образовывались в большом количестве во все периоды и почти во все эпохи существования Земли, начиная с позднего протерозоя. Условия их возникновения рассмотрены во многих работах, особенно подробно в монографиях М. А. Жаркова. Детально изучены различные варианты перехода соленосных формаций в морские формации нормальной солености. Когда же известны континентальные стратиграфические аналоги соленосных формаций, то

это всегда аллювиальные, озерные, иногда даже пролювиальные отложения, но не эоловые пески пустыни. Мощные соленосные толщи кунгура, широко развитые в Предуральском прогибе и Прикаспийской впадине, с приближением к Уралу замещаются песками красноцветной уфимской свиты, которая сложена аллювиальными песками и глинами с линзами озерных мергелей и доломитизированных известняков. Во многих разрезах, например, по р. Нугуш, правому притоку р. Белой, хорошо видна наклоненная к западу косая наслоенность всех пород этой свиты, создающая ложное впечатление о ее большой суммарной мощности.

Подобным же образом верхняя соленосная часть казанского яруса верхней перми с приближением к Уралу переходит в континентальную красноцветную белебеевскую свиту, аллювиальный генезис которой столь же несомненен, как и уфимской свиты.

В упомянутых монографиях М. А. Жаркова и других его работах приводятся случаи, когда стратиграфическими аналогами соленосных толщ на прилегающих участках суши служат не красноцветные, а сероцветные аллювиальные формации, что подтверждает возможность соленакопления при средних годовых температурах ниже 23 °С.

Нужна лишь относительная сухость климата, т. е. превышение испарения над поступающими разными путями в бассейн количествами воды.

Становится понятным, что при небольшом увеличении влажности климата с бассейнами соленакопления могут соседствовать даже торфяные болота и бассейны угленакопления, весьма далекие от условий климата пустынь. В кунгурское время в районе теперешнего Соликамска накапливались каменные и даже калийные соли. А в 900 км севернее в это же самое время формировался Воркутинский бассейн с мощными пластами каменного угля.

Таким образом, континентальное и морское соленакопление является результатом семиаридного климата, который всегда существовал в тех или других местах на поверхности Земли на протяжении фанерозоя. Поэтому соленосные толщи распространены широко. Однако это не служит доказательством существования пустынь, для образования которых был необходим экстрааридный климат, возникавший лишь при исключительном стечении обстоятельств.

Причина возникновения пустынь в ледниковые эпохи

При возникновении покровных оледенений, осадков должно выпадать достаточно много: ведь они приводят к нарастанию масс льда, вызывающих их движение. Однако уже в начале эпох глобального похолодания в высоких широтах возникают аридные области с количеством осадков, недостаточным для возникновения покровного оледенения и степным характером растительности. Существование такой области во время послед-

него оледенения на северо-востоке Якутии и в пределах Чукотского национального округа убедительно доказано работами С. В. Томирдиаро.

Что здесь была в это время не тундра, а холодная степь, подтверждается спорово-пыльцевыми спектрами и характером ископаемой фауны (сайгак и др.).

Сильная аридизация климата, приводившая к образованию пояса пустынь, наступала во время максимума каждого из оледенений.

Три обстоятельства были причинами такой аридизации. Во-первых, уменьшение величины испарения с поверхности Мирового океана вследствие глобального снижения температуры всех широтных зон, минимального на экваторе. Во-вторых, и это, может быть, самое главное, резкое сокращение площади испарения. В 1989 г. мне пришлось пересекать Атлантический океан на борту научно-исследовательского судна "Мстислав Келдыш". Во время этого рейса детально изучался подводный грабен Кинг-трог, расположенный восточнее Срединно-Атлантического хребта на широте Португалии.

На дно его на глубину 5000 м опускались обитаемые подводные аппараты "Мир", которые затем поднимались вдоль крутых склонов грабена, отбирая образцы пород для составления их разреза. Однако составить такой разрез, состоящий из основных вулканических пород было трудно, потому что аппараты «Мир» поднимали на поверхность преимущественно не их, а валуны гнейсов и гранитов, принесенные льдом из Гренландии и Лабрадора. Эти валуны буквально усеивали и плоское дно, и склоны грабена. Оказалось, что во время максимума последнего оледенения 15-20 тыс. лет назад край сплошных льдов располагался как раз на широте Португалии. Следовательно, вся северная часть Атлантического океана перестала быть к этому времени площадью испарения.

Труднее определить границу сплошного ледяного покрова, существовавшего во время максимума оледенения в северной части Тихого океана, но валуны экзотических пород континентального происхождения, несомненно выпавшие из таявшего льда, встречаются на его дне вплоть до широты 40°. Следовательно, очень большая площадь северной части Тихого океана также переставала быть поверхностью испарения.

Ледниковые валуны рассеяны на дне океана и вокруг Антарктиды. Несомненно, что шельфовые ледники, сохранившиеся сейчас в морях Уэдделла и Росса, во время максимумов похолоданий окружали кольцом весь этот материк, сокращая и в этом районе площади испарения.

По моим очень приблизительным подсчетам, во времена максимумов последних оледенений не менее 60 или 70 млн км² общей площади морей и океанов было покрыто льдами и, следовательно, исключено из поверхности испарения.

Интересны соображения М. А. Жаркова о том, что во время крупных эпох соленакопления понижается соленость воды верхних слоев океана.

Если это так, то должна повышаться температура замерзания морской воды. Ведь Азовское море и северная часть Каспия замерзают раньше, чем образуется ледяной припай у северных берегов более соленого Черного моря. А холодному плиоценово-четвертичному отрезку геологического времени предшествовало грандиозное по масштабам мессинское соленакопление во всей области Средиземноморья и в Красном море. Возможно, что воды верхних слоев Мирового океана во время максимума оледенений были несколько опреснены и потому легче покрывались льдом до сравнительно низких широт.

Наконец, третьей причиной уменьшения испарения и аридизации климата было осушение значительных пространств мелководных морей вследствие понижения уровня Мирового океана. О величине этого понижения идут споры, и они понятны, потому что везде происходят вертикальные движения земной коры, достигающие даже на платформах 1-2 см в год. По данным китайских геологов, которые были доложены на XII конгрессе ИНКВА в Пекине в августе 1991 г., только за четвертичный период Тибет был поднят на 2000 м, а прибрежные части восточного Китая к югу от Шаньдуня за это же время испытали опускание на величину до 700 м.

Однако на 29-й сессии Международного геологического конгресса в Киото работала специальная секция по определению величины колебаний уровня Мирового океана и, по заключению докладчиков этой секции (Л. И. Слосс, Д. Б. Сангре, Р. Г. Файрбанк, М. Стейн, М. Ито и другие), во время двух последних оледенений плейстоцена уровень Мирового океана снижался не менее чем на 160-170 м. А это значит, что суши становилось Желтое и Южно-Китайское моря, значительно сокращались площади Сиамского залива, Бенгальского залива и Аравийского моря, обсыхал почти весь Мексиканский залив, залив Карпентария в Австралии и многие другие акватории.

Словом, причин для резкого уменьшения суммарной величины испарения и, как следствие, для возникновения зон экстрааридного климата во время максимумов четвертичных оледенений было более чем достаточно.

Не исключена возможность, что эта сухость климата была одной из причин начала отступления ледниковых покровов.

Заключение

Итак, мы видим, что пустыни в современном понимании этого слова не являлись постоянным элементом ландшафтов Земли. На протяжении большей части геологической истории их не было, и климат разных широт был гораздо менее контрастным, чем сейчас. Пустыни возникали только во время очень крупных глобальных похолоданий, приводивших к образованию покровных оледенений, в результате их резкой аридизации климата. Наиболее древние из современных пустынь появились в самом конце

плиоцена в связи с начавшимся понижением средней глобальной температуры, а большая их часть лишь во второй половине четвертичного периода, синхронно с развитием покровных оледенений.

Даже на протяжении четвертичного периода пустыни существовали не постоянно. Во время более теплых межледниковых эпох и даже во время голоценового температурного оптимума в связи с глобальными увлажнениями климата они исчезали. На их месте возникали саванны и степи. Современные пустыни служат наследием последнего еще не вполне закончившегося оледенения, остатки которого сохранились в Исландии, на Шпицбергене, на островах Земли Франца-Иосифа, на Новой Земле, Северной Земле, островах Канадского Арктического архипелага (Я умышленно не включал в этот перечень Гренландию, которая, по-видимому, была покрыта льдом и до четвертичного периода).

Из сказанного следует важный футурологический вывод. Если средняя глобальная температура в результате антропогенного усиления парникового эффекта или по другим причинам поднимается на 3-4°, то климат Земли станет значительно менее контрастным и более влажным, а пустыни исчезнут, сменившись зелеными степями и саваннами, благоприятными для заселения.

В заключение возникает еще один вопрос: действительно ли в геологическом прошлом полностью отсутствуют отложения лёсса и песчаных пустынь? Полагаю, что утверждать это нельзя. Ведь мы знаем, что четвертичный ледниковый период был не единственным в истории Земли. Были и более древние оледенения и на границе каменноугольного и пермского периодов. Наземные морены последнего хорошо сохранились в разных частях некогда единой Гондваны: в Южной Америке, на юге Африки, в Индии и Австралии.

Целенаправленные поиски осадочных формаций, парагенетически связанных с древним оледенением, следует организовывать при изучении именно этого стратиграфического уровня. Наиболее перспективной для таких поисков представляется мне территория Южной Америки. В прибрежных районах Уругвая и самых южных штатов Бразилии известны типичные отложения позднепалеозойских конечных морен, образованных таянием ледникового покрова, наступавшего откуда-то с востока, со стороны теперешнего Атлантического океана. Детальное изучение состава ледниковых валунов показало, что они принесены с плоскогорий Намибии и сейчас поднимающихся до высоты 2600 м над уровнем Атлантического океана. В конце карбона этого океана еще не было, и территория Намибии вплотную прилежала к современному побережью Южной Америки.

К западу от субмеридиональной полосы древних конечных морен известны выходы синхронных им песков, видимо, флювиогляциального происхождения. Очевидно, что синхронный им древний окаменевший лёсс следует искать на территории северных провинций Аргентины, которые

находятся на таком же расстоянии от конечных морен в Бразилии (700-1300 км), как Украина от конечных морен валдайского оледенения.

Найдены будут древние лёссы или нет, это не меняет вывода о большой геологической молодости всех современных пустынь. И возможность естественного озеленения их огромных территорий в случае повышения средней глобальной температуры должна учитываться при оценке последствий увеличения парникового эффекта и разработке стратегии развития мировой энергетики.

А. Яншин

19 сентября 1992 г.

УДК 551

Э. О. Амон¹, В. П. Алексеев²

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН,

²Уральский государственный горный университет

О НЕКОТОРЫХ «БОЛЕВЫХ ТОЧКАХ» СОВРЕМЕННОЙ СТРАТИГРАФИИ

2011-2012 годы довольно примечательны, поскольку наступило или наступает 35-летие первого (1977 г.) и 5-летие третьего (2006 г.) изданий Стратиграфического кодекса России [27]. В этих изданиях аккумулированы и проанализированы громадный опыт и наследие стратиграфических исследований [15], проведенных отечественными и зарубежными специалистами на протяжении почти 350 лет. Сжатый до емких юридических формул, этот опыт вооружает современных специалистов мощным средством и инструментом для правильного изучения и понимания строения и структуры слоистой литосферы Земли, регламентирует и направляет любые стратиграфические работы. Означает ли это, что стратиграфия, «отлитая в бронзу» отточенных формулировок российского и зарубежных стратиграфических кодексов, завершила свое развитие и утратила свое значение как наука, превратившись в свод регламентов и инструкций? Представляется, что это не так: «Стратиграфия навсегда сохранит свою роль фундамента геологии. Она постоянно совершенствуется, расширяет свои методы, повышает точность и обоснованность построений, от которых прямо зависят результаты большинства геологических работ» [22].

Стратиграфия продолжает развиваться и совершенствоваться, но это одновременно означает, что в самой этой науке существует круг вопросов и проблем, не до конца проясненных, трудных для решения и остродискуссионных. Некоторым из таких вопросов посвящена настоящая статья, основанная на личном опыте работы с мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом Западной Сибири.

Кризис бассейновой стратиграфии и формационный анализ

В некоторых теоретических работах последнего десятилетия объявлен кризис бассейновой свитной стратиграфии, например: «...критическое состояние современной бассейновой стратиграфии многим геологам становится все более очевидным...» [18, с. 65].

Исходя из того, что современная региональная стратиграфия базируется на свитной*, точнее свитно-горизонтной парадигме, к ней высказан ряд серьезных претензий [18, с. 65-66].

В частности, представления о свитах с их возрастным скольжением границ (как и у формаций) не выполняют главную функцию стратонов – корреляционную. Горизонт так же, как и свита, не в состоянии выполнять эту функцию, так как выделяется либо в объеме и границах свиты и с ее же названием, либо представляет комбинацию свит или их частей без каких-либо правил их объединения. Существует чрезмерное обилие свит и их названий, все более возрастающее. Нет убедительного ответа на вопрос, что делать с гигантским количеством уже признанных, узаконенных названий свит (и их самих), нашедших отражение на геологических картах, в стратиграфических схемах, справочниках, многочисленных официальных документах и т. д.

Весьма затруднительно доказать, установить (уловить) скольжение возраста границ свит в некотором возрастном диапазоне. Традиционный палеонтологический метод сделать это не позволяет. Поскольку ни «главный» местный стратон-свита, ни «основной» региональный стратон-горизонт не способны выполнять корреляционную функцию, нет и не может быть обоснованной субординации и непротиворечивой номенклатуры бассейновых стратонов. Кризис проявляется и в фактическом непризнании целыми коллективами и многими организациями официальной стратиграфической схемы из-за ее противоречивости. Это касается и индексации продуктивных и сейсмических отражающих горизонтов, «привязанных» к той или иной стратиграфической схеме. Ущербность стратиграфической схемы видна и в том, что в ней не нашли отражение явные региональные стратиграфические несогласия.

* Существует жаргонное выражение «блинная стратиграфия» применительно к свитам, весьма распространенное в лексике сибирских геологов. Оно основано на образе «стопки блинов на тарелке».

И как результат такого состояния дел – суровый вердикт: «Выполненные ранее на ложной стратиграфии различные геологические и экономические построения, расчеты (например, ресурсов и запасов углеводородов) и палеорекострукции также ошибочны, ложны и нуждаются в серьезной переинтерпретации и переоценке. Неудовлетворительная схема стратиграфии Западной Сибири – одна из важнейших причин низкой эффективности поисково-разведочных работ последних лет и резкого сворачивания объемов поисково-разведочных работ нефтяными компаниями» [18, с. 67].

В приведенных выше суждениях в яркой образной форме довольно верно переданы настроения значительной части геологов-практиков. Вместе с тем общая ситуация не представляется неразрешимой.

Затронутая выше проблема изохронности/гетерохронности (диахронности) стратиграфических границ, т. е. границ литостратонов, является одной из острейших. Здесь нет необходимости проводить ее полный анализ, однако нельзя не признать, что «диахронность границ может рассматриваться в качестве *универсального* свойства свит, серий и других местных стратонов, основу *имманентной* характеристики которых представляет вещественный состав. Другое дело, что диахронность далеко не всегда удастся установить существующими методами исследований» [29, с. 863. Выделено нами. – Э. А., В. А.]. С нашей точки зрения, диахронность литостратиграфических рубежей является свидетельством реализации нелинейного процесса в литологии (миграционный тип стратоседиментогенеза), при этом вполне может быть предложен принцип со следующей формулировкой: «Геологические тела, занимающие одинаковое положение в разрезе, могут быть разновременными образованиями, равно как и одновременно сформировавшиеся геологические тела могут занимать разное положение в разрезе» [4, с. 35].

Количество свит, горизонтов и их названий действительно превысило все разумные пределы, что создает подчас неразрешимые трудности при «сбивке» листов геологической карты, структурно-фациальном районировании, палеогеографических реконструкциях или в таком специфическом для Западной Сибири деле, как индексация пластов-коллекторов и их межрайонная корреляция. За создавшимся положением отчетливо просматриваются честолюбивые устремления авторов свит, охраняемые, к несчастью, правилом приоритета Стратиграфического кодекса России. Тем не менее ясно, что не удастся остановить процессы ревизии, унификации названий стратонов, устранения избыточностей, активно происходящие сейчас в коллективах геологов-практиков и «..совершенно напрасно некоторые специалисты в области стратиграфии (в основном авторы свит), осознавая действительную роль свиты, воспринимают ситуацию как личную трагедию» [18, с. 67].

Как и другие исследователи, мы видим один из магистральных путей преодоления сложившегося кризисного положения в учете многопорядковой цикличности для целей стратиграфии [3]. Состав литоциклов может сколько угодно меняться по латерали (вплоть до инверсии «треугольных» циклитов). Границы же литоциклов, если и будут скользить во времени, то градиент данного скольжения настолько мал, что пока его невозможно фиксировать и определить, поскольку он выходит за пределы точности палеонтолого-стратиграфического метода.

Вместе с тем существенно (и по некоторым аспектам – принципиально) иной подход к стратификации терригенных толщ может быть рассмотрен с позиции инвариантов, как результатов реализации неких закономерностей вне временных зависимостей (т. е. вне проблемы изохронности/гетерохронности). В частности, для тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (НГР) Западной Сибири, в условиях редуцированного характера ее нижней части, постоянство строения модели сохраняется даже при неодновременном последовательном вовлечении отдельных блоков в процессы осадко- и торфонакопления. Эти нарушения нивелируются скольжением инициальной части формации, «запечатывающей» породы фундамента. Иначе говоря, накоплением таковой осуществляется запуск системы осадко- и торфонакопления в действие. Уместно отметить, что именно данному механизму и обязана высокая стратиграфическая валидность тюменской свиты на территории не только Шаимского НГР, но и в более широких пространственных пределах. Запуск системы производится факторами и событиями геологической эволюции в предшествующий период, это своего рода генераторы (генератор) автоколебательных процессов с релаксацией в неравновесной, гетерогенной и нелинейной среде. Запуск системы генератором автоколебаний затем дополняется полосой синхронизации и установлением синхронных режимов во всех локальных объектах и ячейках системы осадконакопления, но нарушение режима синхронизации выводит систему либо в режим биений, либо в новый синхронизм с новым стабильным распределением фаз и амплитуд с новой общей частотой. Отсюда следует, что новый синхронизм вызывается к жизни новым генератором, который на временной шкале лежит вне пределов анализируемой системы (аттрактор). Наиболее сложная задача при таком подходе – это идентификация, распознавание аттрактора, а затем визуализация и вербализация его в привычной понятийно-терминологической и знаковой трактовке.

Еще одним возможным средством преодоления трудностей может служить опыт американских стратиграфов, предложивших формационный анализ для бассейновой стратиграфии [подробнее см. 23]. Для Западной Сибири это, по существу, означает возврат к крупным породно-слоевым ассоциациям, выделенным Н. Н. Ростовцевым в 50-х годах XX века и на-

званным им *сериями* [25], – туринской, челябинской, заводоуковской и другими.

Учет перерывов

В геологии осадочных и вулканогенно-осадочных образований перерывы (нарушения, пропуски, промежутки) нормальной стратиграфической последовательности лито- и биостратонов играют значительную роль. Многие исследователи сходятся во мнении, что перерывы в осадконакоплении являются наименее изученной областью стратиграфии. Рано или поздно большинство геологов, имеющих дело с осадочными толщами, обнаруживают «крайне неприятное... обстоятельство: регионально-конкретные разрезы стратисферы весьма и весьма далеки от стратиграфической полноты, ... подавляющая часть видимо непрерывных разрезов является артефактом: в действительности они содержат ускользавшие ранее от внимания исследователей перерывы» [8, с. 8].

В настоящем сообщении мы не ставим перед собой задачу исследовать проблему перерывов во всей ее полноте и многообразии, мы ограничиваемся лишь попыткой ее обобщенного анализа со стороны одного из наиболее значимых аспектов – с точки зрения статики и динамики.

Как и большинство объектов геологической реальности, перерывы нормальной стратиграфической последовательности (здесь и далее – ПНСП) имеют дуальную (двойственную, бинарную) природу – статическую и динамическую. ПНСП выступают одновременно и как «застывший» результат некоего геологического процесса, и как собственно самый процесс с его характерными динамическими взаимодействиями, что в целом весьма напоминает фации и фациальный анализ [3].

Если взять ПНСП в статике (строго статическое геологическое пространство, по Ю. А. Косыгину [11]), то мы получаем своеобразную, но привычную многим геологам дискретную картину, в которой каждый перерыв предстает как отдельная обособленная единица в дискретном конечномерном пространстве всех возможных перерывов. На этом дискретном поле возможны и необходимы многие обычные операциональные акты, в том числе фиксация, морфологические, структурные и вещественные описания, типологизация, периодизация, классифицирование и диагностика, выяснение корреляционных возможностей перерывов. Здесь достигнуты весьма ощутимые результаты и начиная с первых работ Дж. Хеттона, Ч. Лайеля, Ч. Дарвина, А. Грабау, Ч. Шухерта и др. разработка основ описаний, классифицирования и диагностики перерывов занимала пристальное внимание многих геологов. В настоящее время операции по фиксации перерывов регламентированы как в инструктивных документах [14, приложение 11; 27, статья XI.11], так и в образовательных программах [8].

Наибольшую трудность здесь представляет оценка величины (объема) конкретного перерыва, но вместе с тем считается, что такого рода задача *в принципе* решается. Признается, что приемлемые на современном уровне оценки величин перерывов можно получить в результате комплексного применения различных стратиграфических методов, в первую очередь биостратиграфического, седиментометрического и радиометрического [8].

Динамическая природа ПНСП, во всей ее значимости и трудной разрешимости, впервые, вероятно, была вскрыта и проявлена в работах Джозефа Баррелла 1906-1925 гг. и особенно в его знаменитой статье «Ритмы и измерение геологического времени» (1917)*. В нашей стране наиболее значительные результаты в этой области были достигнуты С. И. Романовским в работах 1977-1998 гг. Поскольку проблема ПНСП неотделима от динамической седиментологии и теории литогенеза, то она входит составной частью в тот современный синтез, который был назван нелинейной литологией [1, 2].

Поверхности межслоевых ПНСП, вне зависимости от причин, вызвавших перерывы, по своей сути являются граничными поверхностями слоев, разрывами первичной сплошности гомо- или гетерогенной геологической среды. Не вдаваясь в дискуссию относительно природы границ геологических тел и следуя в русле общей геологической традиции, признаем, что внутри- и межслоевые ПНСП подчеркивают прерывистую непрерывность процессов формирования, закрепления, литификации, сохранения и трансформаций осадков. ПНСП вторичны по отношению к процессам седименто(лито)генеза, они не формируют слоистый характер осадков, но могут существенно повлиять на пространственное размещение слоев и усиливают слоистую структуру стратисферы. В отдельных случаях межслоевые ПНСП помогают определить вектор и интенсивность автоколебательного (автомодельного) процесса седиментогенеза, например, в ситуациях ритмики климатических колебаний, генерирующих слоистость, кроме того, в оценке стабильности режимов флишеобразования и др. Внутрислоевые ПНСП или диастемы, часто не фиксируемые никаким из имеющихся аналитических методов и связанные с кратковременными паузами, приостановками в осадконакоплении, в суммарном своем объеме способны полностью исказить первичное строение толщ.

С динамической точки зрения, процессы седименто(лито)генеза характеризуются высокой самоорганизацией (автомодельностью), что во многом обусловлено эффектом памяти. Наличие внутри- и межслоевых перерывов связывается с проявлением бифуркаций, приводящих к закреплению слоев в геологическом пространстве. Здесь весьма перспективным, особенно в нефтегазовой литологии, представляется изучение бифуркаци-

* Здесь можно было бы дополнительно отметить более ранние труды Н. А. Головкинского (1868), А. А. Иностранцева (1885), в которых эти вопросы также косвенно освещались.

онных режимов с обострением. Возможно использование ПНСП при изучении литоцикличности с точки зрения порядковости (вложения) литоциклов как фракталов во фрактальном поле [2]. Не исключено, что внимательное изучение перерывов позволит выделить в функциональном поле области (точки) аттракторов.

Наибольшую трудность в динамическом изучении ПНСП представляет собой кинематика процессов, без которой нередко невозможно количественно описать дифференциальными уравнениями линейные и нелинейные эффекты, поскольку это связано с непрерывно измеримыми системообразующими функциями. Кинематика, или скорость, вектор и траектория протекания процесса напрямую связаны с точными физическими измерениями тех или иных параметров, что представляет собой в геологии трудно решаемую задачу. К примеру, С. И. Романовский [24, с. 269-270] среди скоростей осадконакопления различает три скорости: а) седиментации, б) осадконакопления (аккумуляции) и в) формирования разрезов осадочных толщ. Если скорость седиментации (скорость выпадения частиц в осадок из водной или воздушной сред), измеряемая на основе законов Стокса и Ньютона-Риттенгера, поддается прямым измерениям, то этого нельзя сказать о двух других скоростях. Так, к примеру, прежде чем приступать к измерению скорости осадконакопления (аккумуляции), определяющей темп формирования мощностей слоев в какой-нибудь из систем фанерозоя, следует предварительно палеогеографически проанализировать разрезы этой системы с целью уточнения характера компенсации тектонического режима. Ясно, что такой анализ может дать лишь косвенные не прямые измерения. Со скоростью формирования разрезов осадочных толщ дело обстоит еще хуже, поскольку здесь вообще не существует однозначно-адекватных параметров, а возможны только косвенные не прямые (завышенные или заниженные) оценки.

Сказанное не должно вселять пессимизм. Современный математический аппарат нелинейной динамики предлагает богатый спектр возможных путей преодоления трудностей, подобных названной. Одним из таких решений может быть использование инвариантной меры, которая не меняется при временном сдвиге траекторий – переходе от $x(t)$ к $x(t = r)$. Мера позволяет множеству в фазовом пространстве (динамической системе) сопоставить некоторое число, которое можно интерпретировать как вероятность того, что траектория посетит данное множество [13, 20]. Исходя из этого можно применять к динамическим системам комплекс разнообразных статистических приемов и методов, например ввести понятия средней величины, дисперсии, различных моментов распределений, корреляций, информации, энтропии и т. п., а также получать для них оценки. Г. Г. Малинецкий подчеркивал, что для динамических систем с регулярным поведением введение инвариантной меры не имеет большого смысла, но в случае динамического хаоса статистика является подходящим языком для его

описания [20, с. 158]. Кроме того, мера дает возможность описания поведения динамических систем, на которые воздействует случайный шум. Возникновение ПНСП как раз и представляется такой ситуацией, когда на динамическую систему осадконакопления воздействует случайный шум, либо когда она попадает в режим динамического хаоса.

Применение инвариантной меры позволяет избегать непрерывного измерения динамической системообразующей функции, заменив его выборочным опробованием того или иного качественного или количественного признака, являющегося заместителем функционального параметра. Такими признаками могут служить замеры мощностей, вещественные, структурные или текстурные литологические особенности пород, количественные и качественные особенности распространения фоссильной биоты, геохимические концентрации, данные ГИС. Важно, чтобы имелось ясное понимание того, какую сторону динамического процесса и какую его часть подобный заместитель интерпретирует, иными словами, формализация динамического параметра должна быть проведена полно и без нарушений.

Вообще связь теории динамических систем и теории вероятности и информации является весьма глубокой и до конца еще не понятой. Ряд важных теорем, таких как теорема о существовании инвариантной меры, эргодическая и теорема о возвращении, показывают, что если у динамической системы есть компактный аттрактор, то на нем существует инвариантная мера, для движений на аттракторе существуют средние по времени, а траектории, даже если они и не являются периодическими или квазипериодическими, возвращаются в сколь угодно малую окрестность почти всех точек аттрактора [20]. С технической стороны, например в приложениях теории информации к динамическим системам, строятся разбиения фазового пространства, оцениваются инвариантные меры каждого из них, рассчитываются энтропия, взаимная информация и другие подобные характеристики [7].

Секвентный анализ в стратиграфии

Нам уже приходилось писать [6], что к гипертрофированному использованию принципа актуализма нередко прибегают в секвенс-стратиграфических реконструкциях, находя секвенсы, скажем, в докембрийских осадках. Но здесь, помимо этого «родимого пятна», есть еще не очень приятный аспект, заключающийся в том, что секвенс-стратиграфические построения [10, 14, 27, 28] стали в отечественной стратиграфической практике последних 10-15 лет весьма «модными» или «престижными». Напомним, что методология секвенс-стратиграфических конструкторов в геокартировании, впервые разработанная американскими геологами-нефтяниками на базе сейсмостратиграфии в 60-70-х гг. XX века и далее развитая специалистами разных стран (работы Боума, 1962; Слос-

са, 1963, 1972; Вейла, 1977; Хака и Харденбола, 1987; Ван Вагонера, 1990; Хенфорда и Лука, 1993 и др.), применима лишь к ограниченному набору геологических объектов и структурно-фациальных обстановок. Полноценно проведенный секвентный анализ на соответствующем представительном материале дает неплохие результаты, что, например, было продемонстрировано Б. Н. Шурыгиным с коллегами для васюганского горизонта юго-востока Западной Сибири (келловей – верхняя юра) [30] или Р. Р. Габдуллиним с коллегами для сеномана Крыма [10]. Но таких примеров сравнительно мало, гораздо больше других – когда секвенс-стратиграфическая методология применяется без достаточных оснований либо с очень неясными целями. Последнее представлено, например, при выделении секвенций в средней-верхней юре Ульяновско-Саратовского Поволжья (кстати говоря, неполных, что резко снижает правдоподобность построений), что продиктовано туманным требованием «увеличения геохронологической точности проведения нижних границ подразделений *общей стратиграфической шкалы*» [16, с. 102. Выделено нами. – Э. А., В. А.].

Особенно впечатляют работы с выделением секвенций в заведомо континентальных отложениях. Скажем, в юрско-меловых отложениях Буреинского бассейна (Хабаровский край) в интервалах волжского яруса – апта (угленосные озерно-аллювиальные и болотно-озерные богатые ОВ породы) и альба-сеномана (слабосцементированные конгломераты, галечники, слабоуплотненные песчаники, алевролиты) выделены два суперсеквенса [Крапивенцева, 2007, с. 133, и другие работы]. Здесь нечего добавить, кроме цитаты: «Секвенс (sequence) – основная секвенс-стратиграфическая единица, относительно согласная последовательность генетически связанных слоев, ограниченная несогласиями и коррелятивными им согласиями, образованная *за один цикл колебаний относительно уровня моря*. ...В образовании секвенсных подразделений значительная роль отводится *колебаниям уровня моря*» [14, с. 60. Выделено нами. – Э. А., В. А.].

Тесно связанным с секвентным анализом является выделение клиноформ. Согласно работе [27, с. 36]: «Клиноформы – термин свободного пользования для клиновидных седиментационных тел с отчетливыми первичными наклонами слоев; они формируются в склоновой части секвенса и сложены терригенными породами. Различаются клиноформы трактов низкого и высокого стояния уровня моря».

Вообще понятие «неокомская клиноформа» (НК) в Западной Сибири и за ее пределами к настоящему времени стало нарицательным, причем не только среди геологов и геофизиков, занимающихся их изучением. Наиболее полные взгляды авторских коллективов и отдельных исследователей на разные стороны генезиса и локализации этого интереснейшего и во многом уникального объекта Западно-Сибирской нефтегазоносной мегапровинции рассмотрены Ф. Г. Гурари [12] в специальной сводке. Им, в частности, ука-

зано на несомненный приоритет А. Л. Наумова в том, что он впервые графически изобразил (1977), как неокомские пласты не только скользят по возрастной вертикали, но и налегают друг на друга в направлении к западу, «подобно черепице на крыше дома» [12, с. 10].

Как мы уже отмечали ранее [5], имеются многочисленные и настойчивые попытки трансляции представлений о НК на более древние верхнеюрские отложения [17]. При этом широко используется методология системно-литмологического анализа, а по сути «треугольной циклитовости» Ю. Н. Карогодина [9, 17 и др.], представляющей собой чисто «механическое циклирование» (по Ю. А. Жемчужникову).

Считается, что «клиноформный разрез в целом начинается с васюганского стратона, а неокомский – с яновстанского» [17, с. 102], поскольку в последние годы достигнута одинаковость «циклитовости» неокомских и верхнеюрских отложений. Правда, при этом указывается, что «...васюганскую свиту многим [геологам] сложно воспринимать как клиноформную...» [9, с. 204], но следует понимать, что, по мнению сторонников такой точки зрения, это лишь дело времени.

Вместе с тем, исходя из смысловой нагрузки самого понятия «клиноформа»*, оно никоим образом неприменимо для внутриконтинентальных отложений васюганской свиты Широкого Приобья и юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, где они включают угольные пласты и прослои. Попутно заметим, что саму клиноформность в строении толщ (прежде всего там, где она сомнений не вызывает) стало общепринятым связывать с эвстатическим фактором. С «легкой руки» сейсморазведчиков это делается уже и большинством литологов.

Собственно, есть все основания для заключения о необоснованности трансляций представлений о морских неокомских клиноформах на верхнеюрские внутриконтинентальные отложения. Во многом такая надуманность относится и к безудержному распространению все и вся пронизывающих эвстатических процессов, что напоминает известный поиск темной кошки в темной комнате...

Необходимость исторических стратотипов

В стратиграфии мезозоя и кайнозоя Западной Сибири подавляющее большинство местных и региональных стратонов (свит и горизонтов) имеют стратотипы по скважинам, пробуренным в начале геологического освоения региона в 50-70-е годы XX века. Современная ситуация такова, что

* Термин впервые предложен Дж. Ричем в 1951 г. при изучении морских (!) осадков. В краткой и емкой статье К. М. Седаева четко определила: «...необходимо рекомендовать пользоваться термином «клиноформа» именно так, как было предложено его основоположником: это форма *подводной поверхности*, определенной обстановки осадконакопления» [26, с. 64. Выделено нами. – Э. А., В. А.].

кern многих таких скважин утрачен, а первоначальные описания пород, толщ, фоссилей, данные ГИС и др. неполны, неточны, устарели. В ряде случаев позднее выяснилось, что первоначально предложенные стратотипы неудачны, неполны, не отражают всего разнообразия фаций, присущих данному стратону. С одной стороны, это, в общем-то, далеко не самая редкая ситуация в стратиграфии, если вспомнить постоянный поиск новых разрезов ярусов всех систем фанерозоя и их границ, наилучшим образом отражающих представления об объеме ярусов, и признание исторических стратотипов малопригодными. Однако, с другой стороны, Стратиграфическим кодексом России строго охраняется право приоритета (глава XII кодекса) и единообразное понимание однажды выделенного и утвержденного стратона. В конечном итоге создается не совсем удобное положение, когда одновременно приходится и соблюдать правило приоритета, придерживаясь первых (может быть, не самых удачных) трактовок содержания стратона, и постоянно вносить коррективы в его содержательную часть. Статьи XII.7-XII.10 кодекса [27] предоставляют некоторую свободу в изменении первоначального содержания стратона, охраняемого данным названием, однако в ограниченных пределах.

Уже отмечалось, что в неокоме Западной Сибири выделено десять типов разрезов, каждый со своим набором свит [Нестеров и др., 2008]. Интервалы залегания продуктивных пластов закреплены Решением совещания по вопросам корреляции и индексации продуктивных пластов мезозойских отложений Тюменской области (20–21 февраля 1986 г.). Региональная стратиграфическая схема предписывает применение стратотипических разрезов согласно литолого-фациальному районированию.

Однако ряд важных обстоятельств, таких как изменение преобладающей точки зрения на строение осадочных комплексов (клиноформы), увеличение плотности сейсморазведочных и буровых работ, показывают острое противоречие в корреляции между стратотипами и гипостратотипами. Количество выделенных пластов по разным районам также отличается. Поэтому одной из важных задач является ревизия утвержденных стратотипических разрезов и выбор дополнительных, наиболее полно характеризующих строение продуктивных и перспективных комплексов, уточнение межрайонного соотношения групп песчаных пластов Западной Сибири и разработка их унифицированной номенклатуры [21].

В этой связи может встать вопрос об отказе от концепции охраны исторических стратотипов и повсеместном переходе на концепцию гипостратотипов, что частично уже делается [31].

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГ-ГУ, 2006а. 149 с.

2. **Алексеев В. П.** Нелинейная литология: соответствие новой научной парадигме // Литологические аспекты геологии слоистых сред. Екатеринбург: УрО РАН, 2006б. С. 7-9.

3. **Алексеев В. П., Амон Э. О.** Бассейновая непалеонтологическая стратиграфия юры Северной Евразии: поиск и значимость инвариантов // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 4-6.

4. **Алексеев В. П., Амон Э. О.** Диахронность литостратиграфических рубежей как реализация нелинейного процесса (миграционный тип стратоседиментогенеза) // Био- и литостратиграфические рубежи в истории Земли. Труды Международной научной конференции (г. Тюмень, 25-25 ноября 2008 г.). Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. С. 33-38.

5. **Алексеев В. П., Амон Э. О.** Внутриконтинентальные юрские клиноформы Западной Сибири: реальность или иллюзия? // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. С. 5-7.

6. **Алексеев В. П., Амон Э. О.** «Рамочные» границы и возможности применения актуализма в седиментологии // Литология и геология горючих ископаемых: межвуз. науч. темат. сб. Вып. V (21). Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2011. С. 4-24.

7. **Амон Э. О., Алексеев В. П.** Перерывы стратиграфической последовательности: дискретность и прерывистая непрерывность // Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках: материалы V Международной конференции. Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. С. 91-95.

8. **Барабошкин Е. Ю., Веймарн А. Б., Копаевич Л. Ф., Найдин Д. П.** Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки: методические рекомендации. М.: Изд-во МГУ, 2002. 163 с.

9. **Белослудцев П. Ю., Карогодин Ю. Н., Лац С. А.** Системная модель келловей-верхнеюрских отложений Широкого Приобья // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры (Девятая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2006. Т. 1. С. 204-208.

10. **Габдуллин Р. Р., Копаевич Л. Ф., Иванов А. В.** Секвентная стратиграфия: учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. 113 с.

11. **Геологические тела:** терминологический справочник. М.: Недра, 1986. 334 с.

12. **Гурари Ф. Г.** Строение и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. 141 с.

13. **Данилов Ю. А.** Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение. Изд. 2-е, испр. М.: КомКнига, 2006. 208 с.

14. **Дополнения к Стратиграфическому кодексу России.** СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.

15. **Жамойда А. И.** Стратиграфический кодекс – творение коллективное // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11, № 5. С. 117-122.
16. **Зорина С. О.** Средне-позднеюрские секвенции северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. М.: ГИН РАН, 2005. С. 102-106.
17. **Карогодин Ю. Н., Климов С. В.** Где начало неокомских клиноформ Западной Сибири? (Системно-литологический подход) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 100-102.
18. **Карогодин Ю. Н., Симаков А. Л.** Кризис в стратиграфии: методологические и теоретические основания // Философия науки. 2004. № 4 (23). С. 65-75.
19. **Крапивенцева В. В.** Секвенстратиграфия, литология и палеогеография юрских отложений Буреинского бассейна (Хабаровский край) // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 132-134.
20. **Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б.** Нелинейная динамика и хаос. Основные понятия. М.: КомКнига, 2006. 240 с.
21. **Нестеров И. И. (мл.), Бородкин В. Н., Милицкая К. А.** Нижнемеловые стратона и клиноформная модель строения Западной Сибири // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 132-135.
22. **Прозоровский В. А.** Начала стратиграфии: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2003. 228 с.
23. **Прозоровский В. А.** Общая стратиграфия: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 208 с.
24. **Романовский С. И.** Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.
25. **Ростовцев Н. Н., Алескерова З. Т., Еганов Э. А.** и др. Стратиграфия мезозойских и третичных отложений Западно-Сибирской низменности // Труды Межвед. сов. по разраб. унифицир. схем Сибири 1956 г.: доклады по стратиграфии мезозойских и кайнозойских отложений. Л.: Гостоптехиздат, 1957. С. 113-128.
26. **Седаева К. М.** О термине «клиноформа» // Бюл. МОИП, отд. геол. 1989. Т. 64, вып. 1. С. 62-65.
27. **Стратиграфический кодекс России.** Издание третье. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
28. **Холмовой Г. В., Ратников В. Ю., Шпуль В. Г.** Теоретические основы и методы стратиграфии: учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Воронежский гос. университет, 2008. 153 с.
29. **Цыганко В. С.** Свита и горизонт. Типы границ и их соотношения // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 8. С. 862-870.

30. Шурыгин Б. Н., Пинус О. В., Никитенко Б. Л. Секвенс-стратиграфическая интерпретация келловоя и верхней юры (васюганский горизонт) юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 6. С. 843-862.

31. Шурыгин Б. Н., Никитенко Б. Л., Девятов В. П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 480 с.

УДК: 551.1/4 + 550.8.01

В. П. Макаров

Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЛИТОЛОГИИ. К ВОПРОСУ О ФОРМЕ ЗЕРЕН В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Формирование осадочных пород является результатом взаимодействия вещества потоков и твердых частиц, перемещаемых этим потоком. Главными факторами, определяющими условия переноса и отложения частиц взвеси, являются физико-механические свойства потока (его плотность, вязкость и скорость движения) и физико-механические свойства зерен (их плотность, линейные (объемные) размеры и форма). Плотность ρ и объем V частиц определяют дальность ее переноса потоком, а форма – силу, с которой частица оказывает сопротивление переносимому ее потоку. Из этих параметров плотность частицы – наиболее достоверная величина, измеряется достаточно надежно и точно. Поэтому этот параметр используется в качестве аргумента. Объем частицы и особенно ее форма достаточно виртуальны, в их оценке содержатся ошибки. Как правило, в литологических исследованиях объем частиц не измеряется, а заменяется измерениями линейных размеров частицы – ее длины A , ширины B и толщины C , по которым и оценивают этот объем. Ясно, что форма частицы также играет значительную роль в оценке ее объема.

У классиков (Л. Б. Рухин, Н. М. Страхов, М. С. Швецов и др.) обычно отсутствует морфологический анализ осадочных зерен. Они рассматривали только степень окатанности обломков, что не является морфологиче-

ским анализом, поскольку окатанность – это не форма, а некоторое качество, отражающее степень изменения первичной формы зерен.

При анализе форм зерен (частиц) необходимо разделять их по составу: зерна сложены кристаллическим моновеществом или поликристаллическим веществом (породой). Форма второй группы зерен определяется первичной протоструктурой породы, ее зернистостью, текстурой и пр.

У минералов эти признаки отсутствуют. Считается, что у последних определенную роль играют кристаллографические особенности минералов. Однако анализ показывает, что это не совсем так. В табл. 1 приведены результаты измерений (средние значения) осей зерен различных минералов с пляжей Белого моря по материалам работы [4]. Видно, что, несмотря на различие в сингониях кристаллов и размеров кристаллографических осей, зерна минералов имеют эллипсоидную форму, причем размеры зерен связаны между собой, что отражается в уравнениях $A = 0,993B + 0,017$ (коэффициент корреляции $KK = 0,997$), $C = 0,482B + 0,00521$ ($KK = 0,944$).

Таблица 1

Результаты грануло-минералогического анализа проб пляжа «Зимний берег» в Горле Белого моря [4]

Минерал	ρ , г/см ³	Сингония	Параметры решетки, Å			Средние размеры, см		
			a_0	b_0	c_0	A	B	C
Циркон	4,7	Тетраг.	6,59	6,59	5,94	0,034 1	0,019 0,56	0,013 0,38
Гранат	3,7	Кубич.	11,84	11,84	11,84	0,053 1	0,039 0,74	0,023 0,43
Дистен	3,62	Триклин	7,10	7,74	5,57	0,048 1	0,028 0,58	0,017 0,35
Эпидот	3,4	Монокл.	8,94	5,61	10,23	0,052 1	0,034 0,66	0,024 0,46
Кварц	2,65	Тригон.	4,903	4,903	5,393	0,065 1	0,048 0,74	0,033 0,51
Среднее						0,504 1	0,035 0,667	0,022 0,437

Из отечественных ученых впервые об этом, видимо, заговорил И. А. Преображенский [7, с. 557], выделивший уплощенные, округлые, уплощенно-цилиндрические, цилиндрические формы. Позже этому фактору уделил внимание Ю. А. Билибин [1] на примере изучения морфологии золотин из россыпей различного типа. Из всего разнообразия им выделены 15 групп (по [1], – категорий) форм золота, встречающихся в россыпях различного типа: аллювиальных, делювиальных, элювиальных и др. Это

кристаллы, кристаллические сростки, дендриты, дендритовидные формы, палочки, проволочки, нитевидные формы, зерна, крупинки, таблички, пластинки, чешуйки, пылинки, самородки. Согласно работе [1], при поступлении золота в речной аллювий и формировании зрелых россыпей формы зерен золотин изменяются в сторону упрощения и уменьшения количества таких групп. Эту закономерность можно назвать правилом Билибина.

Громадный фактический материал по формам зерен с многочисленными зарисовками, к сожалению, слабообработанный, содержится в работе А. В. Суркова [2].

Во фракциях ситового анализа [3] К. К. Гостинцев выделил обобщенные формы зерен нерудных минералов: сферы (шаровидные формы), эллипсоиды с колебаниями по осям $A:B:C = 0.4:1:2$ (минимальные по оси A и максимальные по C), параллелепипеды, диски, чешуйки, таблички. Принадлежность зерен к шарам и эллипсоидам обосновывается, кроме визуальных наблюдений, слабо. Это деление может быть отнесено к геометризированным классификациям, что более приемлемо для решения обратных задач литодинамики.

Оценка форм зерен минералов всегда производится при прямых измерениях линейных параметров зерен. Естественно, возникает задача построения обобщенной оценки на основе их геометризации, весьма необходимой при решении задач литодинамики.

Любая частица характеризуется измерениями по трем осям, которые в той или иной степени отражают ее объем. Эти измерения можно рассматривать как координаты в некотором пространстве, в математической физике называемом фазовым. Мы будем называть его литодинамическим пространством, или, проще – литопространством. Особенности изменения параметров можно рассматривать как некоторую траекторию движения точки в этом литопространстве. Существуют три этапа изучения особенностей поведения точки в литопространстве, которые в целом объединяются понятием **кинетики** движения точки. В ней выделяют статические, кинематические и динамические особенности.

В литологии *статические* исследования затрагивают в основном собственно размерные параметры без выявления связей между ними. Затем эти свойства включаются в понятие породы и часто предназначаются для анализа фаціальных особенностей осадкообразования. Такая сущность статического изучения содержится в понятии «структура».

Одной из форм изучений статики является гранулометрический анализ. В варианте, часто устанавливаемом на основе ситового анализа, достигнуто определенное насыщение информации, что свидетельствует о тупике в развитии этого метода. Это положение анализировал С. И. Романовский [6]. Однако ряд вопросов не получил освещения для решения практических обратных задач. Это, в первую очередь, касается правил ориентирования осей зерен; не изучены зависимости ориентирования осей зерен

относительно осей анизотропии образца. Конечно, в породах слоистых (сланцеватых) типа слоистых песчаников (или алевролитов и пр.) или гнейсов со сланцеватостью ориентировка осей будет подчиняться ориентировке осей анизотропии, в частности, ориентировке прототекстур (структур), но как проявляется эта связь, в каких пропорциях – не известно. Вероятно, ось *C* будет располагаться нормально к слоистости или сланцеватости, положение же осей *A* и *B* – не ясно.

Кинематика изучает связи между размерными параметрами зерен, не касаясь сил, вызывающих появление этих связей. Это наименее изученная часть литологического анализа осадков.

Динамика заключается в выявлении сил, вызывающих появление связей между параметрами зерен, и является главной частью решения литологических задач. Попыток решения подобных задач много, но они выполнены без знания кинематики распределения зерен в осадке. Многие вопросы гидродинамики, описывающие формирование осадочных толщ, сложенных зернистыми породами, приведены в работах Риттингера и Ричардсона еще на рубеже XIX–XX веков [8]. Крупные работы и эксперименты по изучению гидродинамики переноса русловых отложений проведены гидрологами и океанологами ([9]; В. М. Гончаров; В. П. Зенкович; А. М. Годен; Л. Прандтль; Я. Церебровский; Л. Г. Лойцянский; Дж. Гриффитс и др.). Но они не отвечают на главный вопрос, интересующий геологов: как их использовать при решении конкретных задач строения осадочных толщ? Кроме того, в литологии их практически не используют.

Ниже рассматриваются некоторые кинематические особенности поведения зерен в осадочной породе. При кинематическом анализе мы, в первую очередь, будем анализировать поведение зерен простого класса. Естественно, что этот анализ требует выделения множеств зерен, обладающих общими свойствами, и выявления критериев отнесения зерен к этим множествам.

Это вызывает необходимость выделения множества **типоморфных зерен**, т. е. зерен, относящихся к одному типу в морфологической классификации [13]. Для выявления обобщенных форм зерен используются определения не только размерных, но и весовых параметров зерен. Если V – вычисленный объем зерна, а P – его вес, то равенство $\rho = P/V$ определит виртуальную (условную) плотность вещества зерна для априорно заданной исходной формы. Поэтому сравнение ρ с эталонным значением ρ_0 плотности покажет степень близости вычисленного объема частицы к реальному его значению. На практике необходимо построить диаграмму в координатах P - V . Поскольку величина объема определяется заранее заданной формой зерен, то эта степень близости и определит его типоморфную особенность. Вместе с этим даже если форма зерен заранее не известна, то выполнение функции $P = \rho V$ покажет принадлежность зерен к одному типу, независимо от реальной формы зерен. Действительно, объем зерна можно

выразить через равенство $V = k(ABC)$, где k – коэффициент формы, всегда постоянный для конкретной геометрической фигуры. Подстановка его в уравнение определения веса частицы приводит к выражению $P = (\rho k) ABC$, что свидетельствует о возможном изменении углового коэффициента этого уравнения, при сохранении самого уравнения. Подобные построения позволяют устанавливать величину коэффициента формы k .

Таблица 2

**Параметры зерен различных минералов в россыпях
Якутии и Тимана [5]**

№ п/п.	Номер пробы	Минерал	Вес, мг	Размеры по осям, мм			$D = ABC$, мм ³
				<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
1	3	Золото	0,072	1,2	0,66	0,005	0,0394
2		Алмаз	0,072	0,28	0,28	0,33	0,0204
3		Кварц	0,071	0,33	0,31	0,26	0,0267
4	6	Золото	0,12	1,1	0,62	0,01	0,0069
5		Алмаз	0,12	0,36	0,32	0,3	0,0346
6		Кварц	0,12	0,51	0,41	0,22	0,1120
7	6а	Золото	0,25	0,26	0,24	0,2	0,0125
8		Алмаз	0,26	0,46	0,41	0,4	0,0754
9		Кварц	0,26	0,63	0,49	0,32	0,0986
10	10	Золото	0,46	1,23	0,69	0,03	0,0254
11		Алмаз	0,47	0,57	0,51	0,46	0,1337
12		Кварц	0,46	0,71	0,52	0,47	0,3340
13	11	Золото	1,12	4,51	2,73	0,005	0,0616
14		Алмаз	1,14	0,75	0,71	0,61	0,3248
15		Кварц	1,14	0,83	0,78	0,67	0,4338
16	12	Золото	4,02	4,51	2,45	0,02	0,2214
17		Алмаз	4,02	1,1	1,04	1,00	1,144
18		Кварц	4,04	1,37	1,14	0,98	1,5306
19	17	Золото	2,68	3,50	2,11	0,02	0,1480
20		Алмаз	2,67	0,96	0,92	0,86	0,7596
21		Кварц	2,66	1,22	1,02	0,81	1,0090
	Среднее	Золото		2,33	1,357	0,041	
				1	0,622	0,018	
		Алмаз		0,64	0,599	0,556	
			1	0,936	0,868		
	Кварц		0,80	0,617	0,553		
			1	0,844	0,656		

Таким образом, первый (необходимый) критерий типоморфизма утверждает: если в координатах $P-V$ выполняется линейное уравнение вида $P = \alpha V$, то зерна с параметрами, удовлетворяющими это уравнения, образуют типоморфное множество зерен. На рис. 1 приведены примеры определения типоморфизма зерен по данным табл. 2 для всех минералов. Эти

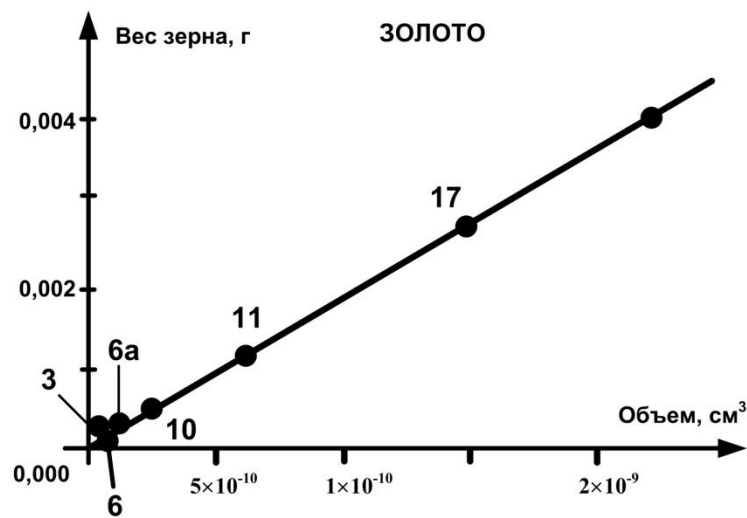
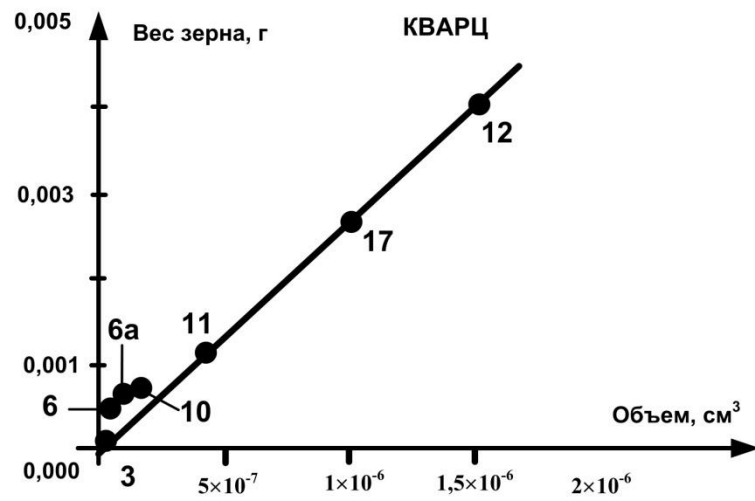
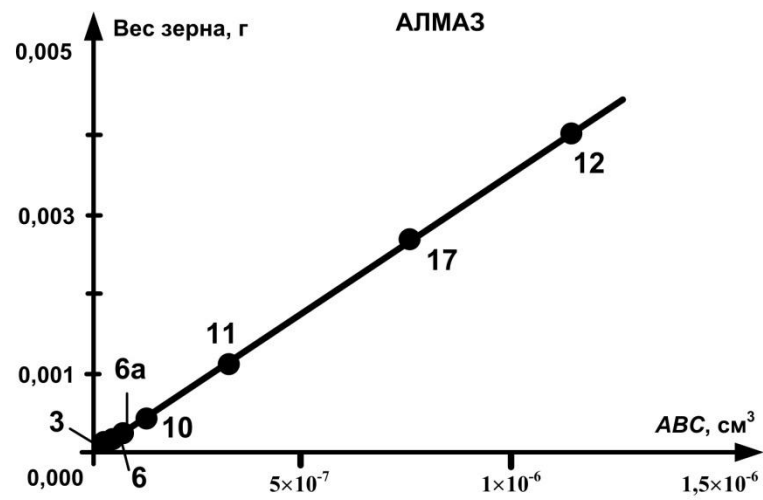


Рис. 1. Характер зависимости размерных и весовых параметров минералов. Числа у точек – номера проб согласно табл. 2

данные распределения параметров всех минералов с высокими коэффициентами корреляции (КК) описываются уравнениями:

$$\text{Алмаз} - ABC = 0,284P + 0,000462 \text{ (КК-1,0);}$$

$$\text{Кварц} - ABC = 0,379P + 0,000251 \text{ (КК= 1,0);}$$

$$\text{Золото} - ABC = 0,0533P + 0,000699 \text{ (КК= 0,987).}$$

В этих уравнениях $1/S = \rho$ (S – угловой коэффициент). Эти уравнения соответствуют вычисленным плотностям: алмаз $\rho = 3,521$ (эталонное значение $\rho_0 = 3,51$); кварц $\rho = 2,639$ (эталонное значение – $\rho = 2,64$) и золото $\rho = 18,76$ (эталонное 18,2), позволяя сравнить их с эталонным значением. Это сопоставление показывает в данном случае высокую близость рассчитанных значений ρ к эталонным, вследствие этого $k \rightarrow 1$. Причем это свойство выполняется как для алмаза и кварца с жесткой кристаллической решеткой, так и для весьма пластичного золота. Таким образом, все пробы для каждого минерала из табл. 2 относятся к одному типоморфному множеству. А поскольку для всех минералов параметр ρ оказался с высокой точностью близким эталонным значениям, то можно говорить, что все минералы слагают зерна призматического типа [13]. На рис. 2 показан пример распределения параметров золота на другом объекте. Рассчитанное значение плотности ниже эталонного, но приуроченность проб золота к одной прямой позволяет относить их к одной типоморфной группе. По величине ρ зерна золота находятся в промежуточной между призматической и эллипсоидной группами. Близкие результаты получились для россыпей Кыылах (С. Якутия, Кулар, $\rho = 12,9$), аллювия руч. Тепа-2 (Охотское море, зал. Тугурский, $\rho = 13,9$), в россыпи древнего аллювия руч. Тепа-2 (там же, $\rho = 12,0$) и т. д. Наблюдаются и более существенные отклонения, например, в аллювиальной россыпи Гулинга (Забайкалье, Ципикан, $\rho = 10,0$), в бух. Руднева (Приморье, бух. Тинкан, $\rho = 3,45$). Но и в этих случаях золотины образуют типоморфные множества; в первом случае форма золотины приближается к эллипсоидной; во втором – более сложная.

Дано множество типоморфных зерен $\{Z_i(A_i B_i C_i)\}$, таких, что для любых двух зерен Z_i и Z_j этого множества выполняются неравенства $A_i \geq A_j$, $B_i \geq B_j$, $C_i \geq C_j$. Зерна в указанном множестве располагаются в ранжированном порядке (например, по возрастанию параметров) так, что $A_i \geq A_{i+1}$, $B_i \geq B_{i+1}$ и $C_i \geq C_{i+1}$, где Z_i и Z_{i+1} – два соседних зерна. Этот принцип мы назовем принципом регулярности. Этот принцип можно усилить: множество зерен $\{Z_i(A_i B_i C_i)\}$ называется не строго полным регулярным множеством типоморфных зерен, если из того, что $A_i \geq A_{i+1}$ и $B_i \geq B_{i+1}$, следует $C_i \geq C_{i+1}$.

Условие принадлежности любых трех зерен к строго полным регулярным множествам заключается в том, что их параметры ложатся на прямую линию, вследствие этого одновременно выполняются равенства

$$\left\| \begin{array}{ccc} A_1 & B_1 & 1 \\ A_2 & B_2 & 1 \\ A_3 & B_3 & 1 \end{array} \right\| = 0; \quad \left\| \begin{array}{ccc} A_1 & C_1 & 1 \\ A_2 & C_2 & 1 \\ A_3 & C_3 & 1 \end{array} \right\| = 0. \quad (1)$$

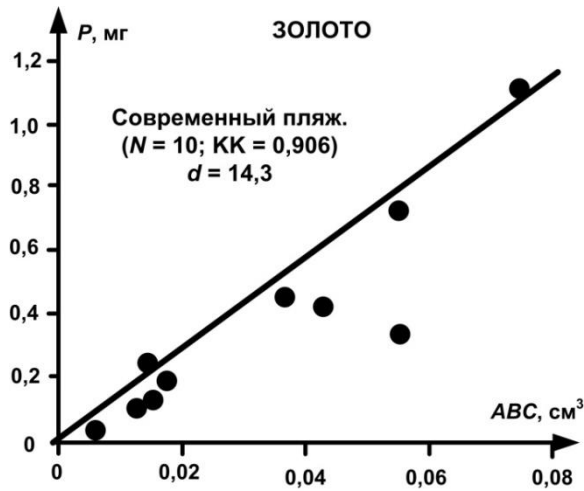


Рис. 2. Распределение параметров золотин в современной россыпи пляжа бухты Мамга северо-западного побережья Охотского моря (первичные данные А. В. Суркова [13]):

N – число проб, KK – коэффициент корреляции

Рассмотрим подробнее некоторые вопросы кинематики зерен, введя принцип «регулярности».

Ясно, что эти равенства возможны, если выполняются соотношения

$$B_1/A_1 = B_2/A_2 = B_3/A_3 = n; \quad (2)$$

$$C_1/A_1 = C_2/A_2 = C_3/A_3 = m.$$

По данным табл. 2, на рис. 3 приведен пример принадлежности зерен кварца из россыпи к полному типоморфному множеству. Хотя распределение зерен по оси C имеет поперечную дисперсию распределения, но они тяготеют к прямой линии, что и позволяет в грубом приближении сделать указанные выводы.

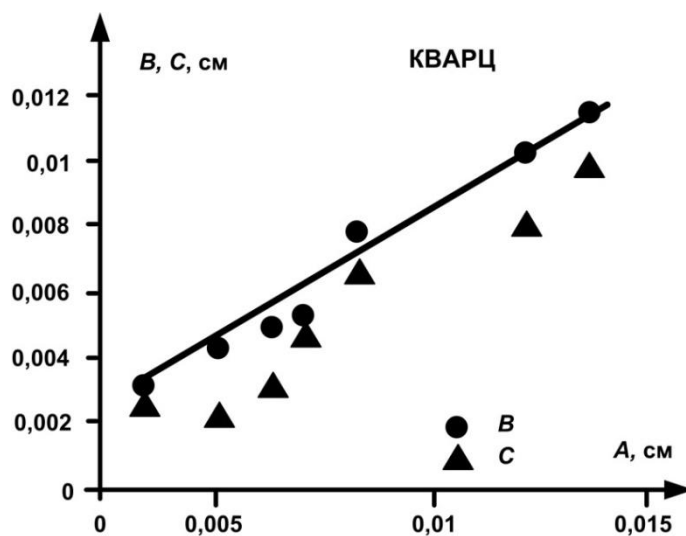


Рис. 3. Примеры распределения зерен кварца в полном типоморфном множестве (данные табл. 2)

Следствия [10]:

1. Приведенные выше определители являются следствиями системы уравнений:

$$\begin{cases} A_1X + B_1Y + C_1Z = 1; \\ A_2X + B_2Y + C_2Z = 1; \\ A_3X + B_3Y + C_3Z = 1. \end{cases} \quad (3) \quad \begin{vmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 \end{vmatrix} = 0 = \Delta; \quad (4)$$

В этой системе выявляются параметры X, Y, Z , общие для всех зерен, однако их физический смысл не ясен, но размерности их $[1] = [A_iX] = [B_iY] = [C_iZ]$. Можно показать, что имеет место (4), в этом случае $Z = \Delta_C/\Delta = 0/0$; $Y = \Delta_B/\Delta = 0/0$; $X = \Delta_A/\Delta = 0/0$. В математике такие решения называются вырожденными. Сопоставление определителей (1) и (4) с точки зрения соответствия их размерностей показывает, что $[1] = [A_i] = [B_i] = [C_i]$. Это ведет к безразмерности параметров X, Y и Z , т. е. $[X] = [Y] = [Z] = [0]$ с соблюдением неравенства $0 \leq (X, Y, Z) \leq 1$. Приведенные материалы показывают, что в регулярных множествах зёрен размеры зёрен, например отношения A_1/A_2 , являются произвольными, определенным образом связанными между собой.

2. Отношения (2) называются приведёнными, а выполнение этих условий соответствует переходу из трехмерного в приведенное двумерное литопространство. Поэтому в координатах $(B/A, C/A)$ точки с указанными соотношениями сольются в одну точку с координатами $B/A = n$ и $C/A = m$.

3. Поскольку $B_1/A_1 = B_2/A_2$, то имеем $B_1 = (A_1/A_2)B_2$ или $B_1 = k_b B_2$. То же можно записать и для координаты $C_1 = k_c C_2$. Тогда в общем случае

$$A_1/A_2 = B_1/B_2 = C_1/C_2.$$

4. Поскольку $B_1/A_1 = B_2/A_2$, то $B_1 = (B_2/A_2) A_1$, или в более общем случае $B = nA$. Таким образом, в строго полных регулярных множествах типоморфных элементов точки в системе координат $(A-B)$ описываются уравнением прямой линии с угловым коэффициентом n и проходящих через начало координат. В системе координат $(A-C)$ $C = mA$. Другими словами, в обеих системах координат точки располагаются на прямых линиях.

5. Для точек $Z_1 (A_1 B_1 C_1)$ и $Z_2 (A_2 B_2 C_2)$ их виртуальные объемы определим как произведение $V_1 = A_1 B_1 C_1$ и $V_2 = A_2 B_2 C_2$. Поскольку зёрна подобны, то $V_1 = kA_2 kB_2 kC_2 = k^3 (A_2 B_2 C_2) = k^3 V_2$, т. е. объем одного зерна будет в k^3 раз больше (меньше) объема другого зерна.

6. Виртуальный периметр Π можно вычислить по формуле $\Pi = A + B + C$. Его физический смысл выявляется из того, что $\Pi/3$ – средний арифметический размер зерна.

Тогда имеем **теорему 1**: в регулярном множестве зёрен имеет место равенство:

$$\begin{vmatrix} A_1 & \Pi_1 & 1 \\ A_2 & \Pi_2 & 1 \\ A_3 & \Pi_3 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Для доказательства разложим величину Π на слагаемые и используем положение о сумме определителей. В правой части расположены част-

ные определители, равные нулю, что и доказывает теорему. Это означает, что в координатах (А-П) точки располагаются вдоль некоторой прямой. То же самое будет и в координатах (А-П/3). Имеется и обратная **теорема 2**: если в некотором множестве зёрен в координатах (А- П/3) параметры зёрен ложатся на прямую линию, то это множество является регулярным относительно этих зёрен:

$$\begin{vmatrix} A_1 & \Pi_1 & 1 \\ A_2 & \Pi_2 & 1 \\ A_3 & \Pi_3 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 & (A_1+B_1+C_1) & 1 \\ A_2 & (A_2+B_2+C_2) & 1 \\ A_3 & (A_3+B_3+C_3) & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 & A_1 & 1 \\ A_2 & A_2 & 1 \\ A_3 & A_3 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_1 & B_1 & 1 \\ A_2 & B_2 & 1 \\ A_3 & B_3 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_1 & C_1 & 1 \\ A_2 & C_2 & 1 \\ A_3 & C_3 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Тогда конкретные размеры осей зерен можно выразить в относительных единицах, т. е. долях периметра. Тогда $A^* = A/\Pi$, $B^* = B/\Pi$ и $C^* = C/\Pi$. В этом случае $A^* + B^* + C^* = 1$ (или 100 %). Ясно, что $B^*/A^* = n$, $C^*/A^* = m$, на диаграммах в координатах ($A^*-B^*-C^*$) все точки будут располагаться вдоль прямой линии с угловым коэффициентом n или m , проходящей через начало координат. Одновременно для любых точек Z_1^* ($A_1^*B_1^*C_1^*$) и Z_2^* ($A_2^*B_2^*C_2^*$) всегда $A_1^* = A_2^*$, $B_1^* = B_2^*$, $C_1^* = C_2^*$, т. е. в относительных координатах зерна сольются в одну точку.

7. Пусть выполняются соотношения $B = k_B A + K_B$, $C = k_C A + K_C$, а также $B^* = k_B^* A^* + K_B^*$, $C^* = k_C^* A^* + K_C^*$. Параметры этих соотношений связаны друг с другом следующими равенствами [11]:

а) $(k_B^* + k_C^* + 1) = 0$, $(K_B^* + K_C^*) = 1$ (или 100 %, если A^* , B^* и C^* представлены в %).

б)

$$k_B^* = \frac{K_C k_B - K_B (k_C + 1)}{(K_B + K_C)}; \quad K_B^* = \frac{K_B}{(K_B + K_C)};$$

$$k_C^* = \frac{K_B k_C - K_C (k_B + 1)}{(K_B + K_C)}; \quad K_C^* = \frac{K_C}{(K_B + K_C)}.$$

8. В генеральной совокупности между отношениями B/A и C/A во всех формах нет четкой корреляционной связи. Средневзвешенная величина всех значений описывается последовательностью $A/A: B/A: C/A = 1: 0,743: 0,361$, приводящей к ряду $A/A: B/A: C/A \approx 1(=5/5): 3/4: 1/3$ с общим членом $[2(k-n) + 1]/(2k-n)$, k – длина, $n = 1, 2, 3$ – номер члена ряда [12].

9. От виртуального периметра перейдем к среднему размеру L зерна, которое представляет собой среднее арифметическое линейных параметров зерна, т. е. $L = (A+B+C)/3 = \Pi/3$. В этом случае выявляется обобщенный критерий определения принадлежности зёрен к типоморфному множеству зёрен. Он опирается на известный признак Коши, согласно которому среднее геометрическое значение меньше или равно среднеарифметическому значению этой величины. При этом чем больше параметры зёрен

различаются между собой, тем больше различие между этими средними. Проверка показала недостаточную чувствительность метода. Поэтому был применён более чувствительный метод: будем сравнивать величины A и $\Pi/3$. Во всех случаях минералы (кварц, алмаз, золото) образуют регулярные типоморфные множества зёрен. Полное совпадение с эталоном наблюдается у зёрен алмаза, имеющего кубическую решетку. Зёрна кварц уже отличаются от куба. Наибольшее отличие наблюдается у зёрен золота, которое хотя и имеет кубическую решетку, но в связи с высокой пластичностью существенно отклоняется от изометрической формы.

Некоторые особенности кинематики поведения зёрен выявляются на диаграммах в координатах, например, A и B (названные нами размерными диаграммами), на которые по результатам определения параметров A и B устанавливается положение точек (зерен). На рис. 4 прямая OB – биссектриса, т. е. геометрическое место точек, для которых $B_i = A_i$ и выше которой по оси OB точек быть не может. Действительно, для точки D_i между координатами существует соотношение $B_D > A_D$, но тогда по условиям обозначения осей зёрен параметр B_D точки D_1 переименуется в параметр A_D точки D_2 , а точка D_1 займет положение точки D_2 , расположенной ниже биссектрисы. Прямая линия, соединяющая точки D_1 и D_2 , перпендикулярна OB .

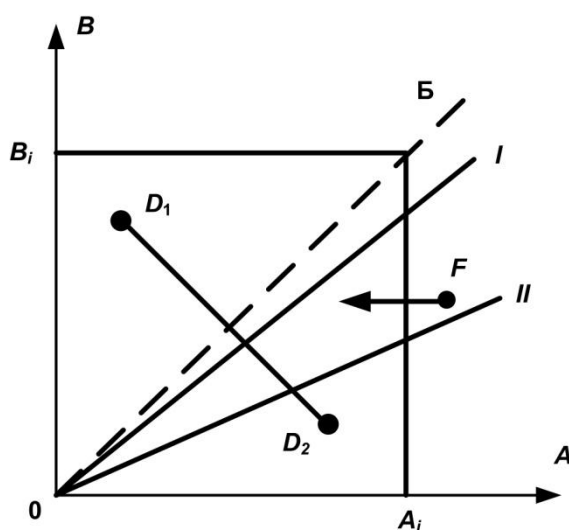


Рис. 4. Схема поведения точек в координатах A - B

В процессе перемещения в потоке зерно испытывает ударные воздействия, ведущие к раскалыванию зерен. Поскольку ось A наибольшая, то вероятность расколоться перпендикулярно оси A наиболее высокая, что ведет к уменьшению размера зерна по оси A . Вероятность уменьшения параметра B меньше, и она минимальна у параметра C . В целом вероятность расколоться перпендикулярно осям будет обратно пропорциональна отношениям B/A , C/A и C/B . Следовательно, в процессе перемещения будет

уменьшаться длина оси A и отношение A/B . На рис. 4 исходному положению зерна соответствует точка F , а перемещение этой точки в литопро-
странстве будет определяться стрелкой F . Понятно, что перемещение точ-
ки будет происходить до некоторой прямой I, являющейся равновесной
для данного потока. В частном случае эта прямая совпадет с прямой ОБ,
отражающей равенство размеров A и B . Прямая II отражает некоторые на-
чальные значения отношения A/B в момент попадания зерна в поток.

Таблица 3

**Характер изменения размеров зерен кварца по осям
(средние значения) (кора выветривания по осадкам)**

№ п.п.	Глу- бина отбо- ра, м	Кол- во проб	Степень окатан.	\bar{A}	Размеры осей			Отношения	
					A	B	C	A/B	C/B
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,5	25	Неокат.	0,188	0,301	0,223	0,104	1,405	0,460
		54	Полуок.	0,313	0,446	0,335	0,210	1,347	0,609
		9	Окатан	0,231	0,324	0,258	0,154	1,279	0,557
2	4,5	107	Неокат.	0,213	0,330	0,242	0,127	1,404	0,499
		167	Полуок.	0,268	0,398	0,289	0,172	1,395	0,584
		31	Окатан	0,234	0,356	0,271	0,137	1,326	0,501
3	7,7	45	Неокат.	0,221	0,357	0,252	0,126	1,450	0,463
		125	Полуок.	0,259	0,397	0,286	0,156	1,422	0,535
		34	Окатан	0,236	0,351	0,275	0,139	1,279	0,486
4	9,5	102	Неокат.	0,237	0,369	0,265	0,145	1,431	0,527
		105	Полуок.	0,192	0,420	0,200	0,195	1,392	0,638
		14	Окатан.	0,276	0,400	0,300	0,178	1,357	0,583

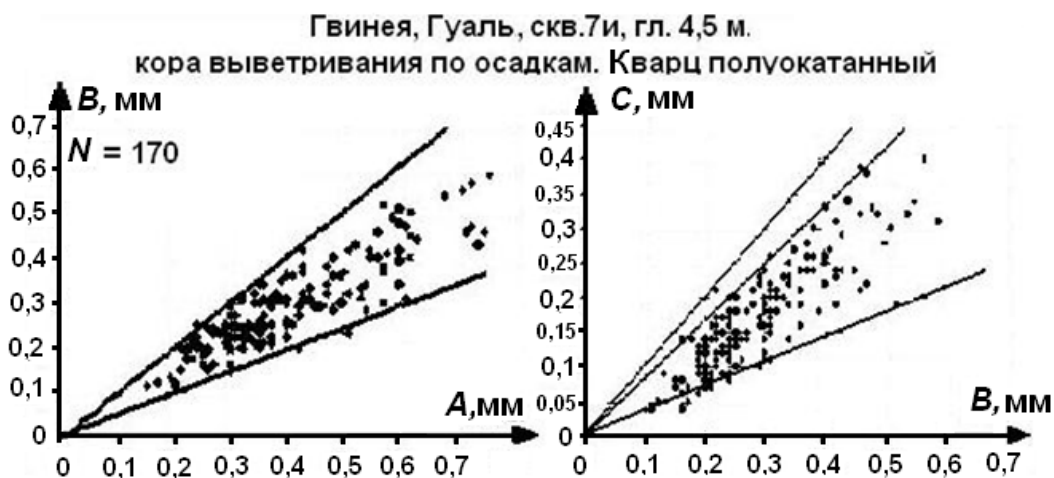


Рис. 5. Размерная диаграмма для кварца (по табл. 3)

Отмеченные особенности иллюстрируются данными измерений размеров зёрен кварца (табл. 3), проведенными А. В. Сурковым (Гвинея, Гуаль, скв. 7и). В таблице параметр \bar{A} отражает среднее геометрическое значение от размеров зёрен по осям. В графах 9 и 10 приведены средние значения отношений осей. Они показывают, что с увеличением степени окатанности уменьшается величина A/B . В то же время величина C/B изменяется так, что в начале одновременно уменьшается размер зерна по оси B , а при дальнейших изменениях формы зёрен – и по C . На рис. 5 приведена типичная размерная диаграмма для выборки 2 из табл. 3 (кварц полуокатанный, $N = 167$). В координатах $(A-B)$ многочисленны зёрна с равновесными отношениями размеров зерна, т. е. $A = B$. В координатах $(B-C)$ равновесных значений нет. Подобная картина характерна также для всех выборок из скважины 7 Гуали.

Библиографический список

1. **Билибин Ю. А.** Основы геологии россыпей. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
2. **Великанов М. А.** Динамика русловых потоков. М.: Гостехиздат, 1955. Т. II.
3. **Гостинцев К. К.** Метод и значение гидродинамической классификации песчано-алевритовых пород при поисках литологических ловушек нефти и газа // Методика прогнозирования литологических и стратиграфических залежей нефти и газа. Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1981. С. 51-62.
4. **Макаров В. П.** К определению понятия «обломочные породы» // Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания «Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование)». М., 2006. Т. 1. С. 119-122.
5. **Макаров В. П.** Вопросы теоретической геологии. 5. О форме зёрен в аллювиальных отложениях // Междунар. науч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2007'». Одесса: Черноморье, 2007. Т. 16. С. 27-38.
6. **Макаров В. П., Сурков А. В.** Вопросы теоретической геологии. Некоторые морфологические свойства зёрен // Междунар. науч.-практ. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований». Одесса: Черноморье, 2008. Т. 23. С. 32-44.
7. **Макаров В. П., Сурков А. В.** Некоторые морфологические свойства зёрен в рыхлых осадочных породах // Мат-лы 5-го Всерос. литол. сов. «Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли». Екатеринбург, 2008. Ч. 2. С.14-17.
8. **Романовский С. И.** Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977.
9. **Русловые процессы:** сб. статей. М.: Изд-во АН СССР, 1958.

10. Рухин Л. Б. Основы литологии. Л.: Госгеолиздат, 1961.
11. Самыкина Е. В., Сурков А. В. Самородное золото и алмазы. Особенности их плотности и формы как основных технологических характеристик при геологоразведочных работах и освоении россыпных месторождений // XI научный семинар «Система планета Земля». М.: Изд-во МГУ, 2003. С.146-151.
12. Сурков А. В. Методика грануло-минералогического анализа при изучении обломочный пород // Известия вузов. Сер.: Геология и разведка, 1993. 3. С. 36.
13. Сурков А. В. Атлас форм самородного золота (золотин). М.: Изд-во «СтудиА», 2000. Т. 1.

УДК 552.122+ 552.5

В. П. Макаров

Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИТОЛОГИИ. Элементы теории «текстур»

Общие определения

Ранее автором [4] был проведен анализ фундаментальных понятий «структура» и «текстура» пород. Ниже приведены результаты исследования понятия «текстура». Показано, что текстура определяет способ заполнения пространства элементами структуры. Естественно, что расположение элементов структуры в пространстве во многом определяется условиями образования пород. Тем не менее все текстуры имеют общие свойства, которые позволяют рассматривать текстуры независимо от условий образования пород.

Для анализа введем понятия, заимствованные из теории множеств. Множество **М** является **пересечением** множеств **А** и **Б** и обозначается через **А∩Б**, если элемент **т** множества **М** одновременно принадлежит и множеству **А**, и множеству **Б**. Если **М** есть пересечение нескольких множеств **М_і**, т. е. **М= М₁ ∩ М₂ ∩ ... ∩ М_і**, то пишут: **М= ∩ (М_і)**.

Применительно к геологическим объектам, являющимся величинами размерными, это определение преобразуется в определение: множество M элементов m со свойствами a и b является **пересечением** множеств A с элементами, обладающими свойствами a , и B с элементами, обладающими свойствами b , если свойства элемента m одновременно принадлежат свойствам элемента множества A и элемента множества B .

Множество N является **объединением** множеств A и B и обозначается через $A \cup B$, если элемент n множества N принадлежит либо множеству A , либо множеству B . Если N есть объединение большего количества множеств N_i , т. е. $N = N_1 \cup N_2 \cup \dots \cup N_i$, то пишут: $N = \cup(N_i)$.

Множества M и N являются **связными**, если элемент m множества M и элемент n множества N можно соединить линией произвольной формы, обладающей свойствами:

- а) все точки этой линии принадлежат множествам M или N ;
- б) на этой линии нет ни одной точки, не принадлежащей множествам M или N .

Применительно к геологическим объектам это определение преобразуем следующим образом. Во множестве $\{Z\}$ зёрен произвольно выберем зёрна Z_1 и Z_2 . Пусть Z_1 находится левее Z_2 . Соединим Z_1 и Z_2 прямой линией L_x и проведем через Z_1 и Z_2 прямые линии L_1 и L_2 , перпендикулярные L_x . В результате получился коридор, включающий какое-то количество зёрен. Соединим Z_1 и Z_2 линией L произвольной формы так, чтобы L не выходила за пределы коридора. Тогда все зёрна, пересекаемые линией L , будем называть промежуточными. Множество промежуточных зёрен находится в пределах указанного коридора. Тогда множество $\{Z\}$ является связным, если обладает оно свойствами:

- 1) все точки L принадлежат этой совокупности зёрен;
- 2) на линии L нет ни одной точки, лежащей вне этой совокупности зёрен.

Зерно – это элементарный объект горной породы [3]. Связная совокупность зёрен, т. е. $\cup Z_i$, называется образцом **ОБ**. В дальнейшем изложении образец будет главным объектом исследования; его свойства – это локальные характеристики геологической среды (пространства). Каждое зерно Z_i в образце занимает положение, характеризуемое локальными координатами x_i, y_i, z_i ; размеры зёрен измеряются по осям X, Y, Z – $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i$ (на практике обозначаемые как A, B, C). Принято, что $A \geq B \geq C$. Ось X (или A) назовём **главной**. Плоскость Π , проходящую через оси A и B , будем называть также **главной**. Размеры Π определяются размерами образца. Ось $C \perp \Pi$. Пусть в зёрнах Z_1 и Z_2 $A_1 > A_2$ и расстояние между центрами тяжести l ; зёрна Z_1 и Z_2 – соседние, если $l \leq A_1$.

Следствия. 1) два соседних зерна имеют общую точку, т. е. контактируют минимум в одной точке; 2) поскольку линия имеет произвольную форму, то ее можно провести практически через все точки множества $\{Z\}$ в

пределах коридора. Поэтому в связном множестве $\{Z\}$ все зёрна попарно контактируют друг с другом, и нет ни одного зерна, не имеющего контакта с соседним зерном. Такое множество $\{Z\}$ можно назвать **компактным**; Z образец – это компактное множество зёрен.

Определения основных типов текстур

Зёрна отличаются по вещественному составу (M – материал), форме (F) и размерам (D – от Dimension – размерность), т. е. $Z = F \cap D \cap M$. Кроме того, зёрна в образце находятся в некоторых отношениях R друг к другу, т. е. $Z_i R Z_j$ (R – ratio – отношение). Таким образом, образец **ОБ** – это компактное множество зёрен со свойствами:

$$Z_i \cup Z_j \rightarrow \cup(F_k \cap D_k \cap M_k); \quad (1)$$

$$Z_i R Z_j \rightarrow \cup(Z_i R Z_j). \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) левая часть характеризует элементарные соотношения между зёрнами (т. е. отношения между двумя зёрнами), правая часть – весь образец. Преобразовав выражение (2), получим выражение $\cup(Z_i R Z_j) = (\cup Z_i) R (\cup Z_j)$. Запись $(\cup Z_i)$ (или $(\cup Z_j)$) означает объединение зёрен по одному или нескольким признакам, отличным от признаков зёрен в другом объединении. Если в образце часть зёрен с этими признаками образуют связную совокупность, то эту совокупность назовем **агрегатом (АГ)** зёрен. Понятно, что $АГ \supseteq ОБ$ (\supseteq – оператор принадлежности или включения).

Согласно работам [3, 4], текстура TR – это множество $\{s\}$ (s – структурные элементы), характеризуемое способом расположения s в пространстве образца. Если структурный элемент – это зерно образца, то пространственная часть образца имеет вид $\cup(F_k \cap D_k)$. Таким образом, **текстура (TR)** – это множество зёрен образца, обладающих свойствами:

$$1) \cup(F_k \cap D_k); \quad (3)$$

$$2) \cup(Z_i R Z_j). \quad (4)$$

Подставив выражение (3) в (4) и преобразовав результат, получим:

$$\cup(Z_i R Z_j) = \cup((F_i \cap D_i) R (F_j \cap D_j)) = \cup((F_i R F_j) \cap (D_i R D_j)). \quad (5)$$

Множества F_k , D_k и R образуют множество элементов текстуры. Смысл выражения (5) зависит от сущности параметра R и вытекает из анализа элементарных отношений между зёрнами.

I. R – отношение порядка в распределении размерных параметров, т. е. $R = f(D)$, тогда $(F_i R F_j) = \mathbf{0}$, но $(D_i R D_j) \neq \mathbf{0}$. В этом случае $(D_i R D_j)$ характеризует структуру SR образца, рассмотренную в работах [3, 9].

II. Если $R \neq f(D)$, т. е. не отражает размерные параметры, то $(D_i R D_j) = \mathbf{0}$, но $(F_i R F_j) \neq \mathbf{0}$. В этом случае $(F_i R F_j)$ характеризует отношения между формами зёрен. Ранее в работах [5, 6] нами рассмотрены формы зёрен механогенных осадочных пород (но не их отношения).

Ш. Между соседними зёрнами \mathbf{Z}_1 и \mathbf{Z}_2 в образце возникает отношение, которое называется «ориентировкой зёрен друг относительно друга», и к зёрнам применимы представления о скрещивающихся прямых. К последним отнесены прямые линии, проходящие через **главные** оси зёрен.

Ориентировка зерна \mathbf{Z}_1 относительно зерна \mathbf{Z}_2 - такое расположение зёрен в пространстве, при котором проекции главных осей на некоторую (часто главную) общую плоскость образуют прямые линии, пересекающиеся под углом α . Обычно $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$. Однако не ясно, может ли $\alpha > 90^\circ$.

Следовательно, в выражении (5) R – это ориентировка (OR) зёрен в пространстве друг относительно друга. Запись $\mathbf{Z}_1OR\mathbf{Z}_2$ означает, что зёрна \mathbf{Z}_1 и \mathbf{Z}_2 ориентированы в пространстве друг относительно друга. Далее имеем:

А. Главные плоскости $\mathbf{П}_1$ и $\mathbf{П}_2$ параллельны друг другу, т. е. $\mathbf{П}_1 \parallel \mathbf{П}_2$. Они обычны в слоистых и сланцеватых породах, существенно удаленных от зон выклинивания. Тогда в зёрнах \mathbf{Z}_1 и \mathbf{Z}_2 с главными осями соответственно X_1 и X_2 возможны варианты:

Аа. $X_1 \parallel X_2$ – проекции осей на одну из плоскостей параллельны друг другу, т. е. $\alpha = 0$; здесь можно говорить о строгой параллельности, поскольку параллельны не только проекции, но и сами прямые. В этом случае через главные оси зёрен можно провести общую плоскость.

Аб. $X_1 \perp X_2$ – проекции осей на одну из плоскостей перпендикулярны друг другу;

Ав. $X_1 \times X_2$ – проекции осей на одну из плоскостей находятся в общем положении и не соответствуют указанным выше случаям; т. е. $0 < \alpha < 90^\circ$.

Б. Плоскости $\mathbf{П}_1$ и $\mathbf{П}_2$ не параллельны друг другу и находятся в общем положении (обозначаются как $\mathbf{П}_1 \times \mathbf{П}_2$). Эти плоскости пересекаются по линии $\mathbf{Л}_{12}$. Это характерно для областей, близких к зонам выклинивания.

Ба. $X_1 \parallel X_2$, главные оси строго параллельны друг другу; тогда $X_1 \parallel X_2 \parallel \mathbf{Л}_{12}$.

Бб. $X_1 \times X_2$, главные оси не строго параллельны друг другу: если через эти прямые можно провести плоскость, то в плоскости прямые не параллельны.

Бб1. Проекция X_1 и X_2 на одну из плоскостей перпендикулярны линии $\mathbf{Л}_{12}$.

Бб2. Проекция X_1 и X_2 на одну из плоскостей располагаются под углом к $\mathbf{Л}_{12}$.

Бв. $X_1 \times X_2$ – главные оси находятся в общем положении.

Зёрна в компактном множестве $\{\mathbf{Z}\}$ разместим так, чтобы главные плоскости этих зёрен совпадали. Тогда можно провести плоскости, касательные к поверхностям зёрен как снизу, так и сверху. Если эти плоскости касательны к поверхностям одних и тех же зерен, то зёрна слагают слой \mathbf{B}

(от B – bed = слой, пласт). Кратчайшее расстояние между плоскостями – мощность (иногда толщина) слоя. Поверхность, расположенная ниже главной плоскости, обычно называется подошвой (далее **ПД**); а поверхность, расположенная выше главной плоскости, – кровлей слоя (**КР**). Если между этими плоскостями располагается по одному зерну, то слой можно назвать **монослоем**.

Следствия:

1. В монослое расстояние между этими плоскостями не более размера зерна по оси C .

2. Мощность монослоя зависит от размеров Z .

Нормальное положение монослоя – горизонтальное. Горизонтальные размеры монослоя определяются размерами образца.

При наличии монослоев B_1 с параметрами (**ПД**₁, **КР**₁) и B_2 (**ПД**₂, **КР**₂) возникает простейшее отношение B_1RB_2 , которое называется «наслоением (или напластованием) слоев».

Напластованием монослоев B_1 и B_2 называется такое расположение монослоя B_2 относительно монослоя B_1 , при котором все точки кровли монослоя B_1 принадлежат подошве монослоя B_2 , а все точки подошвы монослоя B_2 принадлежат кровле монослоя B_1 . При этом в кровле B_1 нет ни одной точки, которая не принадлежит подошве B_2 , а в подошве B_2 нет ни одной точки, которая не принадлежит кровле B_1 . Это означает, что между точками кровли B_1 и точками подошвы B_2 установлено взаимно однозначное соответствие, т. е. они изоморфны, и **КР**₁ = **ПД**₂. Понятно, что **КР**₂ ≠ **ПД**₁. Этот изоморфизм будем называть граничным, а кровлю B_1 = подошве B_2 – границей (**ГР**), разделяющей монослои B_1 и B_2 . Описанную границу можно назвать сплошной. Такие монослои будем называть соседними. Границы могут быть реально существующими (**ГР**) и условными (мнимыми, виртуальными) (**ГМ**). Поскольку наличие границ – это форма отношений между слоями, то в случае наличия реальных границ будем писать: **В**₁**ГРВ**₂. При наличии мнимых границ будем писать: **В**₁**ГМВ**₂. Далее рассматриваются только **В**₁**ГРВ**₂.

Каждый монослой характеризуется параметрами: вещество (M), D , SR , OR . Поскольку $(D, SR, OR) \supseteq TR$, то монослои характеризуются параметрами M и TR . Далее эти параметры будем записывать в виде биекции (M, TR) . Если в соседних монослоях (M_1, TR_1) и (M_2, TR_2) $TR_1 = TR_2$ и $M_1 = M_2$, то такие монослои будем называть тождественными (или эквивалентными). В таком случае граница между монослоями отсутствует (т. е. **ГР** = 0). Если этими свойствами обладают все последовательно наслаиваемые друг на друга монослои, то между ними границы отсутствуют. В этом случае совокупность этих монослоев образует **слой**, а порода приобретает **монолитную** текстуру. Это тип **компактных монолитных** текстур. Если же хотя бы один из компонентов свойств (M_1, TR_1) не совпадает с таким же компонентом свойств (M_2, TR_2) , то граница сохраняется (или **ГР** = 1). Лю-

бую точку на границе будем называть граничной (или сопряженной). Если в образце присутствуют несколько монослоёв (слоёв), каждый из которых отличается хотя бы одним элементом текстуры от соседнего монослоя (или слоя), то имеет место **слоистая** текстура. Это тип **компактных слоистых** текстур. Эти типы исчерпывают все многообразие текстур.

Текстуры монолитные и слоистые не являются одноуровневыми (однопорядковыми) понятиями. Между монолитными текстурами и слоистыми текстурами существует принципиальное различие. В первом случае выявляются отношения между зёрнами породы. При этом устанавливаются признаки, определяющие текстуру самой породы: отношения между размерными параметрами (структура), отношения между формами зерен, ориентировка зерен. Тип монолитных текстур является единственным представителем текстур в породе.

В случае слоистой текстуры появляется новый вид отношения: отношение между слоями (слойками). Кроме вышеназванных признаков, определяющих текстуру породы, выполняющей слой, здесь появляются новые признаки, характеризующие отношения слоёв как геологических тел друг относительно друга: средних ориентировок зёрен одного слоя относительно ориентировок зёрен другого слоя, отношение между самими слоями; отношение между размерными параметрами одного слоя относительно размерных параметров другого слоя. Таким образом, слоистая текстура отражает более высокий уровень организации геологического материала. В породе слоистых текстур нет.

В практике геологических исследований часто фигурирует такое понятие, как «слоистая порода» (слоистый песчаник, слоистый алевролит и пр.). Под слоистой породой понимают породу, обладающую слоистой текстурой. В связи с изложенными выше соображениями это понятие необходимо признать некорректным.

По определению порода с монолитной текстурой сложена зёрнами без признаков их пространственного разделения. В «слоистой породе» ситуация совершенно иная. Здесь слоистость обусловлена наличием слоёв (слойков), т. е. самостоятельных геологических тел, заполненных породами; в каждом слое порода имеет монолитную текстуру. Следовательно, образец с выявленной слоистой текстурой сложен набором пород, а к набору пород термин «порода» как единичный признак вообще неприменим.

Это вызывает определенные трудности в проведении анализа слоистых текстур, поскольку эта подмена используется на практике; на него опирается классификация форм слоистости.

В целом текстура является понятием более высокого уровня обобщения, чем структура, поскольку в основу выделения текстур положены не только структурные признаки, но и форма зёрен, и их состав.

Классификация текстур

I. Тип компактных монолитных текстур. Выделяются подтипы:

А. Подтип текстур **изотропных** (массивных). Параметры структурных элементов не изменяются вдоль (эталонных) линий, проходящих через образец в любом направлении. Во всех случаях зёрна располагаются статистически хаотично, беспорядочно в породе с равно- или разнотекстурированной массой. Это – класс **компактных монолитных массивных** текстур. Это текстуры: плотная, беспорядочная, неориентированная, однородная [8] и др.

Б. Подтип текстур **анизотропных**. Свойства породы изменяются с изменением ориентировки эталонных линий. Выделяются классы текстур:

Ба. Класс **компактных монолитных ориентированных** текстур, обусловленных особенностями строения основной массы породы. В частности, сюда относятся текстуры с согласно ориентированными друг относительно друга зёрнами; иногда их называют сланцевыми, гломерокристаллическими, ориентированными текстурами [8] и пр.

Бб. Класс **компактных монолитных ориентированных линейных** текстур, обусловленных субпараллельным расположением единичных структурных элементов при хаотичном расположении зерен вмещающей их массы; сюда относятся породы различных порфировых и порфировидных структур, в которых порфиновые (порфировидные) зерна, миндалины и пр. представляют собой эти единичные структурные элементы. В этом классе выделяют подклассы:

Бба. Ориентированные зерна не образуют единого сообщества и разбросаны по образцу бессистемно. По Н. А. Елисееву [2], это **параллельно-линейные** текстуры.

Ббб. Ориентированные зерна (обычно пластинчатые кристаллы) образуют единое сообщество, проявляемое в виде плоскопараллельного «слоя», создавая видимость слоистой текстуры. Согласно работе [2], это **плоскопараллельные** (ложно слоистые) текстуры.

Бв. Текстуры, обусловленные особенностями расположения структурных агрегатов, например шлиров, обломков пород и пр. Это подкласс **компактных агрегативных** текстур (текстуры такситовые, атакситовая [8] и пр.). Этот подкласс текстур специально не выделяется. Если же агрегат рассматривать как обобщенное зерно, то здесь также выделяются текстуры, определяемые расположением единичных структурных элементов. Поэтому можно выделить:

Бва. компактные агрегативные массивные текстуры;

Ббв. компактные агрегативные параллельно-линейные текстуры;

Бвв. компактные агрегативные плоскопараллельные текстуры.

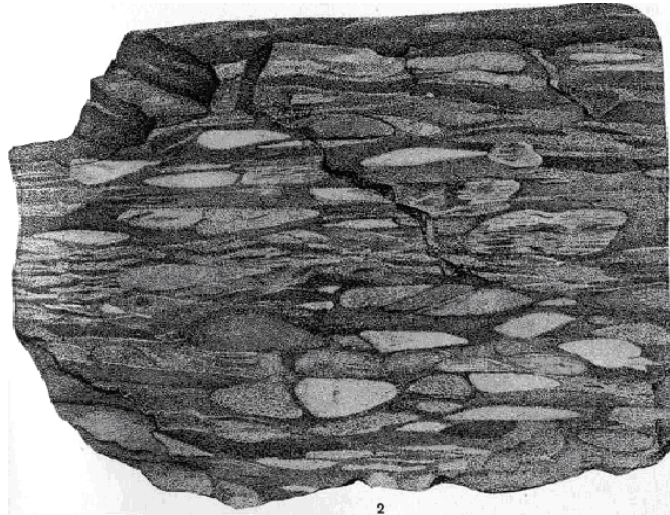


Рис. 1. Полимиктовый конгломерат. Текстура ориентированная, обусловленная субпараллельным расположением обломков. Нижняя-средняя юра. Вост. Забайкалье, бас. р. Борзи, верховье р. Арбы. Из колл. Ю. П. Деньгина, Геологический музей ВСЕГЕИ. Зарисовка Л. Ф. Друговой [1, табл. 188, фиг. 2]

II. Тип слоистых текстур.

Слоистая текстура характеризует не отдельную породу, а целый комплекс пород в пределах образца. Поэтому взаимоотношения слоёв определяют выделение различных подтипов слоистых текстур. Границы частных слоёв, неоднородностей слоёв и сами частные слои будем также называть элементами текстуры. За основу анализа взята пара соседних слоёв, имеющих четко выраженные элементы текстуры. Виды текстур, устанавливаемые на основе анализа этой пары, будем называть элементарными. Здесь уже на сцену выступает форма элементов текстур. Независимо от вида этой формы, их всех объединяет наличие некоторого радиуса $R_{кр}$ кривизны, на основе которого выделяют крайние подтипы элементарных слоистых текстур: если $R_{кр} = \infty$, то имеет место подтип **ламинарных слоистых** текстур. Если $R_{кр} \ll \infty$ – то подтип **турбулентных (вихревых) слоистых** текстур.

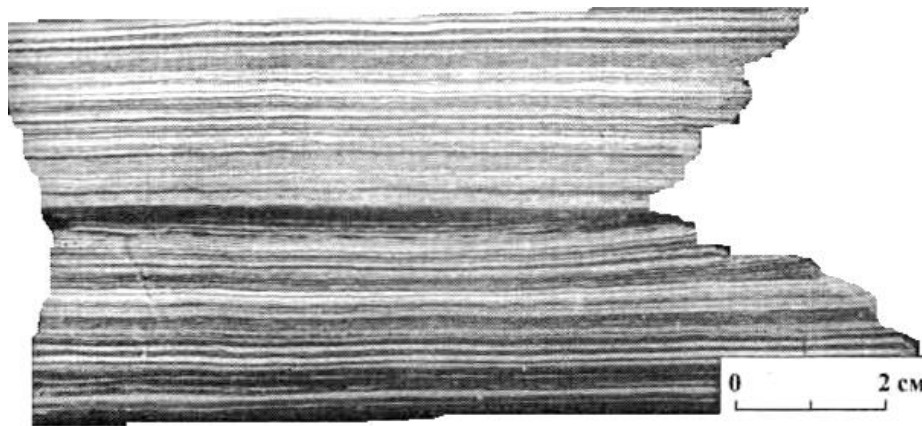


Рис. 2. Горизонтальная микротонкослоистая текстура (Армения, средний миоцен) [1]

1. Подтип ламинарных слоистых текстур. Элементы внутреннего строения располагаются субпараллельно границам слоёв, напоминая ламинарное течение жидкости. Выделяют классы **ламинарных слоистых текстур**.

А. Класс **простых ламинарных слоистых текстур.** Устанавливаются при анализе внутреннего строения одного слоя. Сюда относятся текстуры: слоистая, ленточная, плейчатая, полосчатая, сланцеватая, гнейсовидная, параллельная [8].

Аа. Подкласс: элементы текстур практически параллельны.

Аб. Подкласс: элементы текстур не строго параллельны друг другу, но они изменяются симбатно друг относительно друга, нигде не пересекаясь (рис. 3).



Рис. 3. Линзовидно-волнистая слоистость в песчаниках, чередующихся с алевритами. Нижняя пермь, низы балахонской свиты. Кузнецкий каменноугольный бассейн, правый берег р. Тома, у д. Старой Балахонки. По материалам П. Ф. Ли [1, табл. 104, фиг. 3]

Ав. Слои располагаются косо относительно границы слоя. Такую текстуру часто относят к разновидностям **косой слоистой текстуры (косой слоистости)** (рис. 4).



Рис. 4. Деталь строения двух косослоистых серий в крупно- и среднезернистых песчаниках, обладающих крупной косой прямолинейной слоистостью. Аллювиальная толща свиты С27 Украины. Донецкий каменноугольный бассейн. Донецко-Макеевский район. По П. П. Тимофееву [1, табл. 117. С. 378]

Б. Класс **сложных ламинарных слоистых** текстур. Устанавливается при анализе отношений минимум двух соседних слоёв. Элементы текстуры одного слоя (скажем слоя А) располагаются произвольно относительно границы или элементов текстуры соседнего слоя Б. Возможно выделение подклассов:

Подкласс Ба согласных ламинарных слоистых текстур – ориентировки элементов текстур обоих слоёв совпадают. Возможно совпадение и мощностей элементов текстур. Но, по крайней мере, в одной граничной точке характеристики (**M**, **SR** и пр.) слоёв различны (рис. 5). Л. Н. Ботвинкина выделяет пары слоёв с резкими и нерезкими границами между слоями [1].

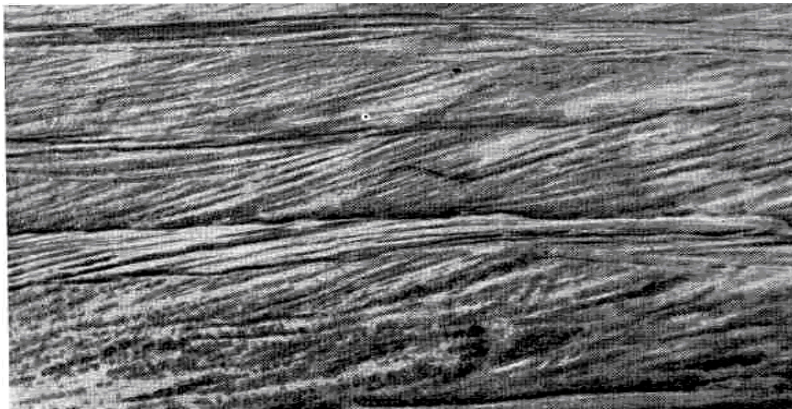


Рис. 5. Косая слоистость в известняковом песчанике. Косые слойки в косых сериях прямолинейны, участками выполаживаются к основанию. Средняя юра, Таджикистан, ЮЗ отроги Гиссарского хребта. г. Чульбаир. Фото В. П. Троицкого [1, табл. 114. С. 372]

Подкласс Бб контрастных ламинарных слоистых текстур – ориентировки элементов текстур обоих слоёв существенно различны. Возможны разновидности текстур:

Семейство Бба.: Слой А обладает простой **ламинарной слоистой** текстурой, слой Б – **косой слоистой** текстурой (рис. 6).

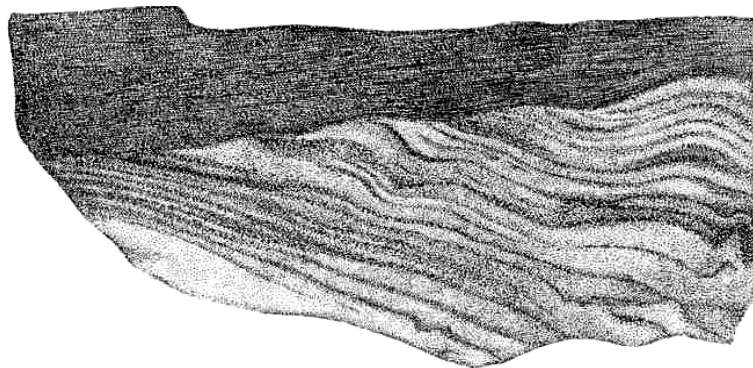


Рис. 6. Нижний кембрий, мотская свита. Сибирь, вост. склон Вост. Присяня; р. Урик, г. Красная. Колл. Н. А. Флёровой, ВНИГРИ, Зарисовка А. С. Дёрина [1, табл. 129. С. 402]

Семейство Ббб. Оба слоя обладают **косой слоистой** текстурой, но элементы текстуры слоя А располагается косо к элементам текстуры слоя Б (рис. 7).

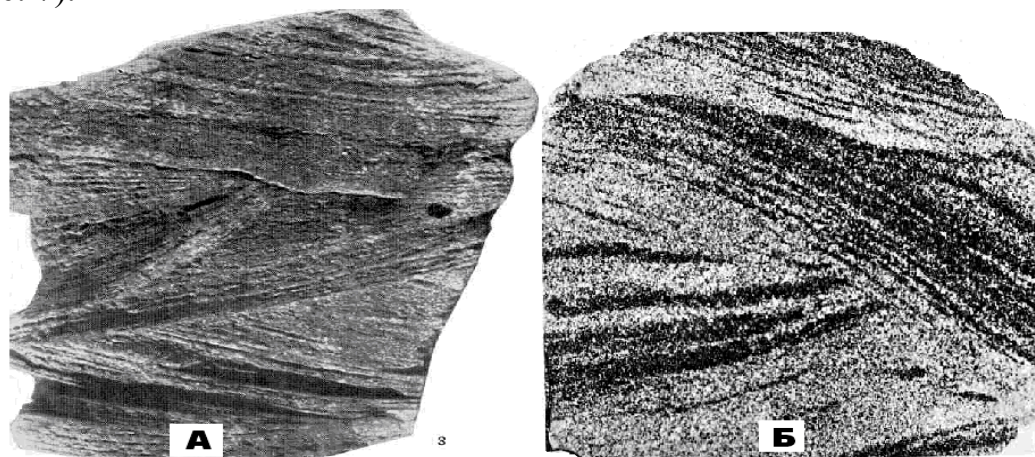


Рис. 7. Примеры видов косой слоистости:

А – перекрестная слоистость с криволинейными слойками в известковистом песчанике верхнего кембрия, Восточная Сибирь, р. Непа (левый приток р. Нижней Тунгуски), в 24 км ниже пос. Ика. Фото Г. П. Кириченко. Нат. велич. [1, табл. 107. С. 358];

Б – алевролит с косослоистой текстурой. Косослоистая текстура подчеркивается по-слойным обогащением породы гидроокислами железа. Верхний девон. Западная Сибирь. Минусинская котловина. Из коллекции О. И. Некрасовой. Увеличение $\times 5$, без анализатора [1; табл. 243]

Ряд исследователей (Л. Н. Ботвинкина [7]) выделяют виды косой слоистости: а) слои падают в противоположные стороны и б) слои падают в одну сторону. Кроме того, выделяются слойки, имеющие волнистый облик [8].

2. Подтип турбулентных (вихревых) слоистых текстур. Такие текстуры обычно называются (собственно) **косой слоистостью**. Одним из свойств (кроме $R_{кр}$) элементов текстур этого подтипа является ограниченность длин слойков в сечении образца. По характеру поведения $R_{кр}$ можно выделить текстуры:



Рис. 8. Косая слоистость в ожелезнённом песчанике. Канаб, Юта, США. Минералогический музей им. Л. В. Пустовалова (РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина). Фото: А. Евсеев. <http://geo.web.ru/druza/L-US-Uta.htm>

А. $R_{кр} = \text{const.}$ Слой образует эллипсовидное кольцо постоянной формы (рис. 8). На рис. 9 представлена идеализированная схема кривой слоистости. Так как мы имеем дело со слоистыми явлениями, то образуется сферическое образование (эллипс, шар и пр.), заполненное слоистым веществом. Сама сфера может быть срезана другими сферическими образованиями. Строгого анализа этого вида текстур не существует.

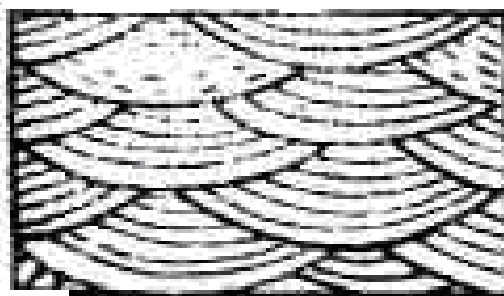


Рис. 9. Идеализированная схема кривой слоистости [9]

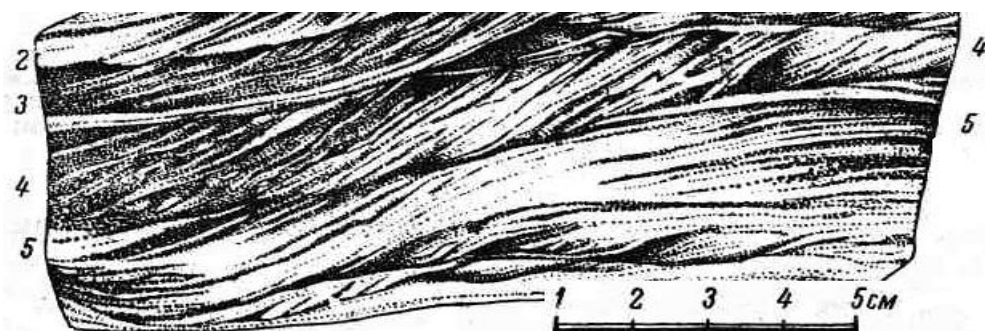


Рис. 10. Виды кривой слоистости: кривая слойчатость известкового алевролита из кемчинского флиша (верхний мел, Азербайджан):
1-5 – серии кривых слойков

Б. $R_{кр} \neq \text{const.}$ Радиус кривизны изменяется не только по длине элемента текстуры, но и от слойка к слойку (рис. 10).

Библиографический список

1. Дмитриева Е. В., Ершова Г. И., Орешникова Е. И. Атлас структур и текстур осадочных горных пород. Т. 1. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 578 с.
2. Елисеев Н. А. Структурная петрология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1953. 310 с.
3. Макаров В. П. Некоторые подходы к созданию классификации геологических образований // V Уральское литол. сов. «Терригенные оса-

дочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения»: тез. докл. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2002. С. 120-124.

4. **Макаров В. П.** Некоторые проблемы геологии. Структура и текстура // VI Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»: Избр. докл. М.: Изд-во МГГРУ, 2003. С. 73-83.

5. **Макаров В. П.** Некоторые проблемы геологии. Обломочные породы // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»: Избр. докл. М.: Изд-во РГГРУ, 2005. С. 100-107.

6. **Макаров В. П.** К определению понятия «обломочные породы» // Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания «Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование)». М.: Изд-во ГЕОС, 2006. Т. 1. С. 119- 122.

7. **Макаров В. П.** К определению понятий «структура» и «текстура в литологии. Элементы теории «структур» // Литология и геология горючих полезных ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. Вып. V (21). С. 38-51.

8. **Половинкина Ю. Ир. и др.** Структуры горных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1948. Т. 1, 2.

9. **Рухин Л. Б., Вассоевич Н. Б., Кобранова В. Н. и др.** Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Т. 1. Условия образования, свойства и минералы осадочных пород. Л.: Гостоптехиздат, 1958. 486 с.

УДК 552.5:551.31

С. Б. Шишлов

Санкт-Петербургский государственный горный университет

СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ТЕРРИГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Эффективность прогноза латеральных изменений природных резервуаров углеводородов в существенной степени определяется пониманием закономерностей строения **парагенераций** – надпородных геологических тел, представляющих собой трансгрессивно-регрессивные системы слоев. Их существование первым установил Н. А. Головкинский, опубликовавший структурно-генетическую модель «геологической чечевицы» [1].

Спустя сто лет сейсмопрофили показали, что парагенерации имеют вид клиноформ, и их стали именовать «сеймопакетами» [4]. В секвенс-стратиграфии они получили название «парасеквенсы» [2].

Изучение керна нижнего мела нефтяных месторождений Западной Сибири позволило установить, что эксплуатируемые здесь продуктивные пласты объединяют от 4 до 10 парагенераций, сформировавшихся в результате последовательно проявлявшихся трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня моря.

В связи со значительными размерами (мощность до 30 м, протяженность более 100 км) парагенерации не доступны для прямого наблюдения целиком. Непосредственно их можно изучать только по случайным вертикальным сечениям, представленным в кернах скважин или обнажениях. Отметим, что разные сечения одной парагенерации дают неодинаковые слоевые последовательности. В связи с этим парагенерацию целесообразно рассматривать как латеральный ряд относительно однородных **литом** – фаций парагенерации. Формирование каждой литомы связано с трансгрессивно-регрессивным циклом функционирования особой **седиментационной системы**, т. е. обстановки со специфическим комплексом процессов поступления, сортировки и накопления осадков.

При анализе более 30 тысяч метров разрезов верхнего палеозоя Таймырского, Тунгусского, Печорского бассейнов и нижнего мела Западной Сибири показано, что в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза функционировали седиментационные системы глубоководного шельфа, открытого мелководья, изолируемого мелководья, лагуны, дельты и флювиального потока. Трансгрессивно-регрессивный цикл развития каждой системы приводил к формированию особой литомы. Механизмы их формирования и особенности строения подробно рассмотрены в монографии [3].

Перечисленные выше седиментационные системы могли группироваться вкрест простирания береговой линии морского бассейна только семью способами (рис. 1). Из этого следует, что литомы образуют семь вариантов латеральных рядов, т. е. семь типов парагенераций.

Парагенерации первого типа (рис. 2) формировались в эпиконтинентальных бассейнах с приглубыми побережьями и состоят из литом глубоководного шельфа и открытого мелководья.

Литома глубоководного шельфа образовывалась ниже базы волнений за счет осаднения взвесей. В начале трансгрессии у подножья берегового склона мутьевые потоки формировали градационные псаммито-алевропелитовые циклиты, образующие слой *XB-II*. За счет увеличения глубины и сокращения объемов континентального стока доля псаммитов падала, и область накопления алевропелитового слоя *XA* расширялась. Снижение уровня моря приводило к увеличению доли псаммитов и возобновлению накопления градационных псаммито-алевропелитовых циклитов слоя *XB-I*.

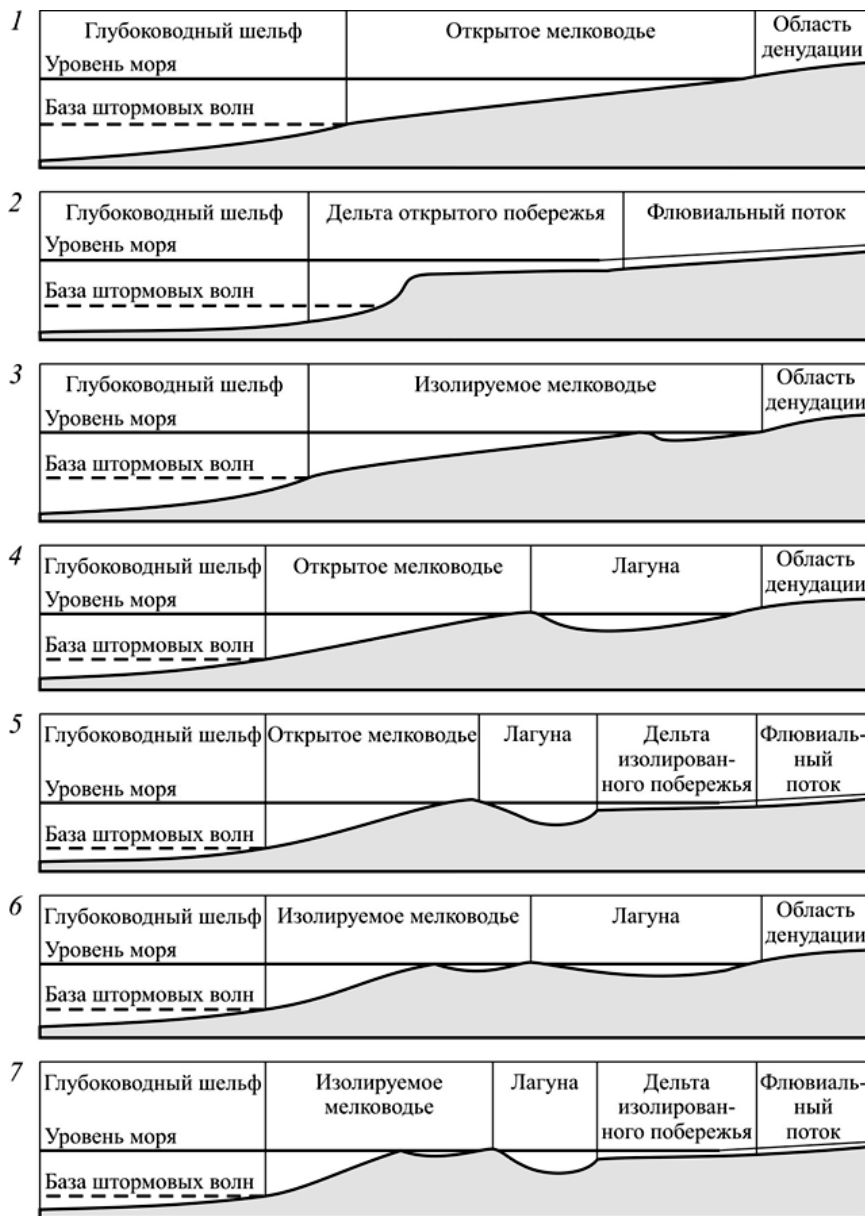


Рис. 1. Ландшафтная зональность эпиконтинентальных бассейнов с гумидным типом литогенеза:

1-7 – варианты латеральных рядов седиментационных систем

На рис. 2 видно, что в проксимальной части литомы (пояс X-2) представлена полная слоевая последовательность. По направлению к центру бассейна слои XB-I, XB-II выклиниваются, и трансгрессивно-регрессивному циклу соответствует только один алевропелитовый слой XA (пояс X-1). Отметим, что в этой литоме слой XA является флюидоупором, а слои XB-I, XB-II представляют собой тонкое (масштаб 5–20 см) чередование песчаных коллекторов и алевропелитовых флюидоупоров. При этом толщина и количество песчаных слойков максимальны в проксимальной части литомы.

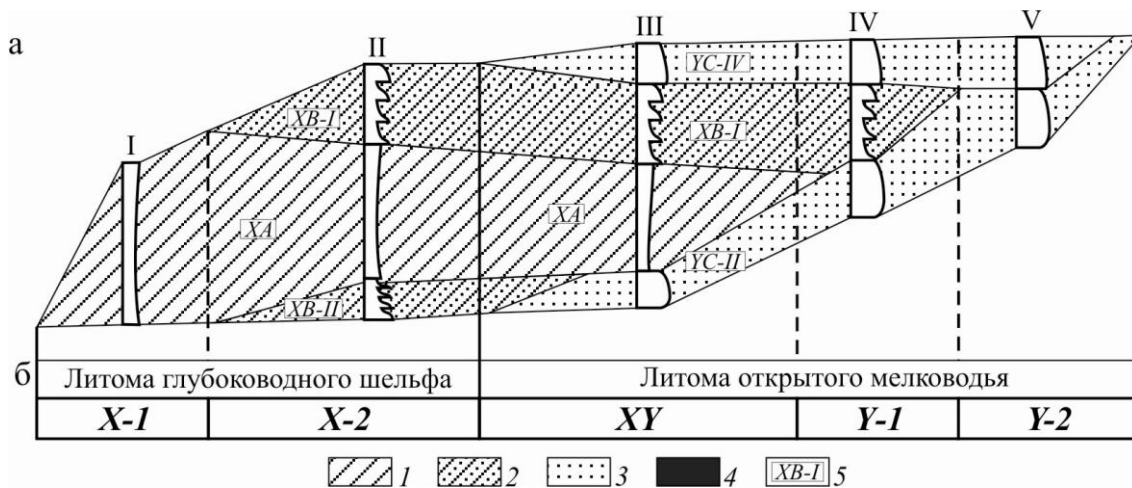


Рис. 2. Парагенерация первого типа: а – слоевая структура; б – схема деления на литомы и пояса:

1 – пелиты и алевроиты (флюидоупоры), 2 – тонкое чередование пелитов, алевролитов и псаммитов (чередование флюидоупоров и коллекторов), 3 – псаммиты и псефиты (коллекторы), 4 – уголь, 5 – индекс типа слоя. I–V – типовые вертикальные сечения поясов литом (колонки с гранулометрической кривой)

Литома открытого мелководья формировалась выше базы волнений у приглубокого берега. Ведущим фактором осадконакопления здесь являлись возвратно-поступательные движения морских вод, интенсивность воздействия которых на донные осадки контролирует глубина, определяющая расположение зон накопления частиц различной гидравлической крупности. В начале подъема уровня моря у уреза воды накапливались пески пляжа, содержащие детрит морской фауны (слой *УС-II*). Ниже базы волнений их перекрывали алевропелиты (слой *ХА*). Развитие регрессии вело к росту континентального стока, и у подножья берегового склона из материала, мобилизуемого штормами и перемещаемого вниз гравитационными потоками, формировалась серия градационных псаммито-алевропелитовых циклитов, образующих слой *ХВ-I*. В прибрежной зоне пески с детритом наземных растений формировали нарастающий от берега пляж (слой *УС-IV*). На рис. 2 видно, что в дистальной части литомы представлена полная последовательность слоев (пояс *ХУ*). К берегу вначале выклинивается слой *ХА* (пояс *У-1*), а затем слой *ХВ-I*. В результате проксимальная часть литомы (пояс *У-2*) сложена песчаными слоями *УС-II*, *УС-IV*.

Таким образом, «прибрежная» часть парагенерации представляет собой единый песчаный коллектор, выклинивающийся в сторону суши. По направлению к центру бассейна он вначале расщепляется, а затем замещается тонкими чередованиями песчаных коллекторов и алевропелитовых флюидоупоров (см. рис. 2). Несмотря на алевропелитовый флюидоупор (слой *ХА*), локализующийся в поясе *ХУ*, трансгрессивная и регрессивная части коллектора гидродинамически связаны. Заметим, что структурно-

вещественные характеристики песчаных слоев *УС-II* и *УС-IV*, определяющие их фильтрационно-емкостные свойства, различаются. Так, трансгрессивный слой *УС-II*, формировавшийся за счет вдольберегового перемещения наносов водами нормальной солености, отличается меньшим размером зерен, лучшей сортировкой и высокой долей карбонатного цемента. Материал регрессивного слоя *УС-IV* поступал преимущественно с суши вместе с растительной органикой, накапливался в опресненных водах и в проксимальной части литомы изменялся процессами почвообразования. В результате здесь размер зерен больше, сортировка хуже, а цемент преимущественно глинисто-гидролюдистый.

Парагенерации второго типа (рис. 3) возникали там, где в морской бассейн с приглубым побережьем впадала река или временный водоток, и представляют собой латеральный ряд литом глубоководного шельфа (описана выше), дельты открытого побережья и флювиального потока.

Литома дельты открытого побережья формировалась в зоне взаимодействия флювиального потока с водами открытого моря. Пески слоя *УС-II* представляют собой отложения пляжа, накапливавшиеся за счет переработки волнениями отмершей дельтовой лопасти. При подъеме уровня моря их перекрывали алевропелиты слоя *ХА*. Прорыв речного потока на участке с максимальным уклоном начинал формирование новой дельтовой лопасти, которая выдвигалась в сторону приемного бассейна. По мере удаления от берега и увеличения глубины, последовательно осаждались псаммитовая, алевритовая и пелитовая фракции твердого стока. Алевропелиты верхней части слоя *ХА* накапливались ниже базы волнений, образуя авандельту. У подножия склона дельты мутьевые потоки формировали градационные псаммито-алевропелитовые циклиты слоя *ХВ-I*. У берега накапливался принесенный флювиальным потоком и отсортированный волнениями песчаный материал, образующий дельтовую платформу (слой *УС-I*). Скопление песков у устья и в русле дельтовой протоки (слой *УС-IV*) приводило к отмиранию лопасти и заболачиванию ее субаэральной части (слой *КГ*). На рис. 3 показано, что в дистальной части этой литомы (пояс *ХУ*) отсутствуют отложения дельтовых протоков и прибрежных торфяников (слои *УС-IV*, *КГ*), а в проксимальной части (пояс *ХYZ*) представлена полная последовательность слоев.

Флювиальная литома накапливалась благодаря миграции постоянного или временного однонаправленного пресноводного потока. Падение уровня моря стимулировало донную эрозию. При этом «тонкие» частицы уносились в море, а перлювиальный гравийно-галечный материал образовывал нижнюю часть слоя *КС*. Приближение уклона русла к профилю равновесия приводило к развитию боковой эрозии и расширению флювиальной долины. Здесь в пристрежневой части потока накапливались псаммиты слоя *КС*. Их перекрывали алевропелиты плесов и поймы, образующие слои *КВ-I* и *КВ-II*. На заболоченных участках в приустьевой части долины

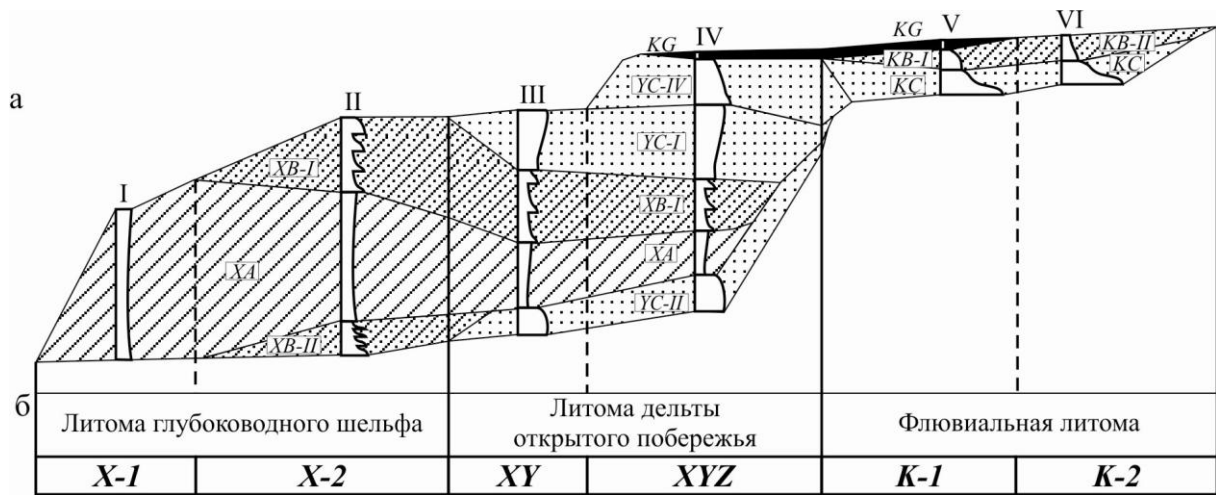


Рис. 3. Парагенерация второго типа: а – слоевая структура; б – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

накапливался торф (слой *KG*), и верхнюю часть слоя *KB-I* изменяли процессы гидроморфного почвообразования. Дальше от устья по дренируемым осадкам слоя *KB-II* формировался профиль аэрируемых почв.

Песчаный коллектор парагенерации второго типа (см. рис. 3) состоит из четырех слоев. В дистальной части литомы дельты представлены разделенные алевропелитовым флюидоупором (слой *XA*) псаммиты отступающего в сторону суши пляжа (слой *YC-II*) и выдвигающейся в сторону моря дельтовой платформы (слой *YC-I*). Это тонкомелкозернистые хорошо сортированные песчаники, содержащие остатки морской фауны и кальцитовые новообразования. В проксимальной части литомы дельты за счет выклинивания слоев *XA* и *XB-I* локализуется единое песчаное тело, нижнюю часть которого образует слой *YC-II*, среднюю – *YC-I*, а верхнюю – *YC-IV*. Последний формировался в дельтовой протоке и обычно сложен мелко- и среднезернистыми умеренно сортированными песчаниками с обильным детритом наземных растений и глинисто-гидролюдистым цементом. В континентальной части парагенерации (флювиальная литома) его замещает русловый псефито-псаммитовый слой *KC*, который отличается «грубым» составом, плохой сортировкой, обилием остатков наземных растений и отсутствием кальцитовых новообразований.

Парагенерации третьего типа (рис. 4) состоят из литом глубоководного шельфа (описана выше) и изолируемого мелководья.

Литома изолируемого мелководья накапливалась при умеренном уклоне донного профиля, который оказывался достаточно пологим для возникновения в течение регрессии вдольберегового бара и небольшой лагуны, но слишком крутым для их сохранения при трансгрессии. В результате на регрессивной фазе происходило заиливание лагуны (слой *ZA-I*), разру-

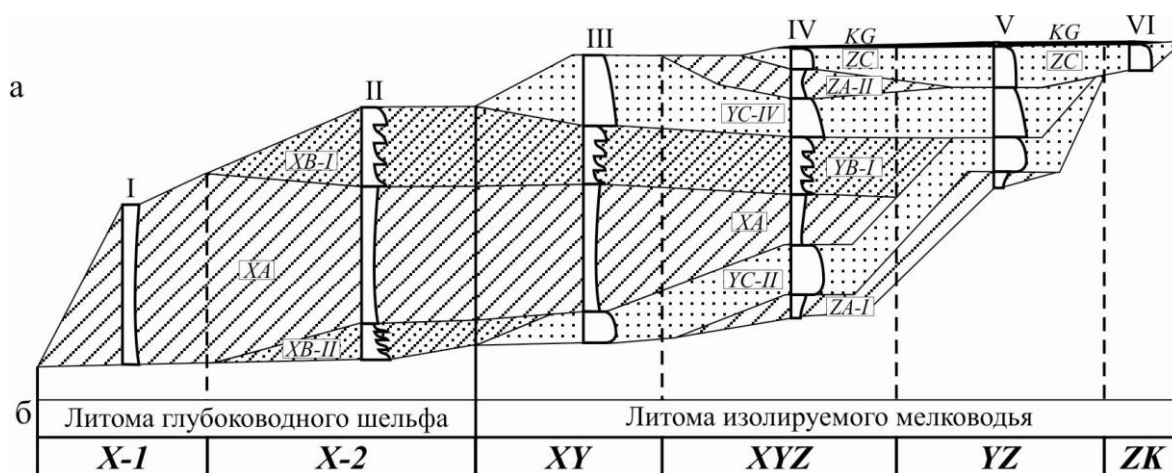


Рис. 4. Парагенерация третьего типа: *a* – слоевая структура; *б* – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

шение бара и образование пляжа открытого побережья (слой *YC-II*), отложения которого, оказавшиеся ниже базы волнений, перекрывали или глубоководного шельфа (слой *XA*). В течение трансгрессии формировались пояс лоскутных песков (слой *YB-I*), бар (слой *YC-IV*) и небольшая лагуна (слои *ZA-II*, *ZC*) с заболоченным берегом (слой *KG*). На рис. 4 показаны латеральные изменения слоевой структуры литомы изолируемого побережья. В ее дистальной части (пояс *XY*) отсутствуют отложения лагуны. В следующем поясе *XYZ* представлена полная слоевая последовательность. В «прибрежном» поясе *YZ* отсутствуют осадки глубоководного шельфа, а в проксимальном поясе *ZK*, который формировался у уреза воды, представлены сильно редуцированные циклотемы, измененные процессами гидроморфного почвообразования.

Коллектор парагенерации третьего типа (см. рис. 4) состоит из трех слоев: *YC-II*, *YC-IV*, *ZC*. Для трансгрессивного слоя *YC-II* характерны: небольшой размер зерен, хорошая сортировка и высокая доля карбонатного цемента. Сложенный баровыми накоплениями регрессивный слой *YC-IV*, по сравнению с пляжевыми осадками одноименного слоя парагенерации первого типа, характеризуется меньшим размером зерен, лучшей сортировкой и повышенной долей карбонатного цемента. Слой *ZC*, сформировавшийся в лагуне у уреза воды и измененный процессами почвообразования, сложен глинистым тонкозернистым песчаником, содержащим многочисленные углефицированные остатки наземных растений и новообразования сидерита. В проксимальной части парагенерации (пояса *ZK*, *YZ*) песчаные слои образуют единое тело, которое выклинивается к суше. К центру бассейна (пояса *XYZ*, *XY*) оно расщепляется на три части, разделенные клиньями алевропелитовых флюидоупоров (слои *ZA-I*, *ZA-II*, *XA*).

Парагенерации четвертого типа (рис. 5) формировались в районах с отмельными побережьями. Их образуют литомы глубоководного шельфа, открытого мелководья (описаны выше) и лагуны.

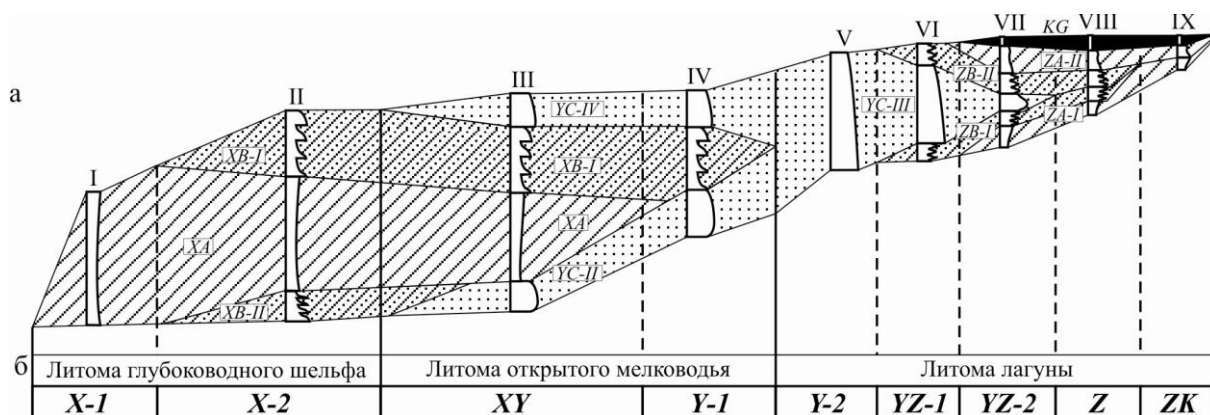


Рис. 5. Парагенерация четвертого типа: *a* – слоевая структура; *б* – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

Литома лагуны возникала при пологом уклоне донного профиля, который обеспечивал сохранение изолированного побережья во время трансгрессии. При этом бар мигрировал в сторону берега, но не разрушался, продолжая защищать лагуну от действия волн открытой акватории. В результате образовавшиеся ранее торфяники последовательно перекрывали пелиты малоподвижного мелководья лагуны (слой *ZA-I*), чередования алевропелитов и псаммитов подвижного мелководья лагуны (слой *ZB-I*) и псаммиты бара (слой *УC-III*). На регрессивной фазе седиментации бар смещается в сторону моря, и лагуну заполняли пелито-алевропсаммиты слоя *ZB-II*, а затем алевропелиты слоя *ZA-II*. Последний становился субстратом гидроморфного почвообразования и торфонакопления (слой *KG*). На структурном профиле (см. рис. 5) видно, что дистальная часть литомы (пояс *У*) сложена песчаниками, которые накапливались в течение всего трансгрессивно-регрессивного цикла в тыловой части барьерного острова, перед которым функционировала седиментационная система открытого мелководья. Ближе к берегу располагается пояс *УZ-1*, в котором кроме баровых песчаников присутствуют отложения подвижного мелководья лагуны. В поясе *УZ-2* представлена полная последовательность слоев. В прибрежном поясе *Z* отсутствуют песчаники бара. Проксимальную часть (пояс *ZK*) образует редуцированная последовательность, возникавшая при затоплении и осушении заболоченного берега.

Морфология и структурно-вещественные характеристики коллектора этой парагенерации близки коллектору парагенерации первого типа, но его проксимальную часть образуют песчаники, накопившиеся в тыловой части островного бара. Для них характерны тонко- и мелкозернистый состав,

удовлетворительная сортировка, углефицированные растительные остатки и новообразования железисто-магнезиального кальцита. К берегу песчаное тело вначале замещают тонкие чередования песчаных коллекторов и алевропелитовых флюидупоров (слои *ZB-I*, *ZB-II*), а затем алевропелитовый флюидупор (слои *ZA-I*, *ZA-II*).

Парагенерации пятого типа (рис. 6) накапливались там, где в лагуну впадала река или временный водоток. В результате последовательность литом глубоководного шельфа, открытого мелководья и лагуны (описаны выше) продолжают литомы дельты изолированного побережья и флювиального потока.

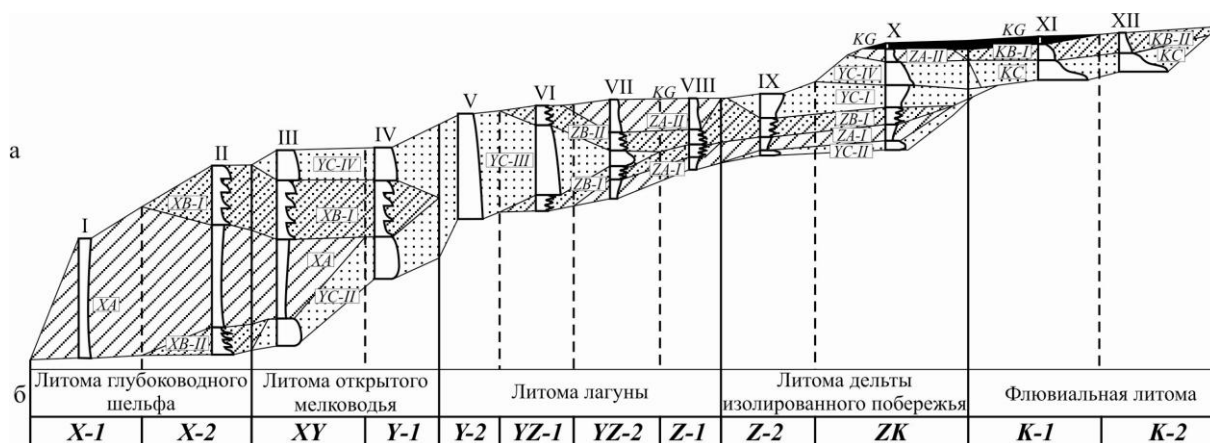


Рис. 6. Парагенерация пятого типа: *a* – слоевая структура; *б* – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

Такие парагенерации содержат два изолированных песчаных коллектора. Дистальный – является аналогом коллектора парагенераций четвертого типа, проксимальный – похож на коллектор парагенерации второго типа, но имеет существенно меньшие размеры и сложен мелко-крупнозернистыми плохо сортированными песчаником с глинисто-гидрослюдистым цементом и сидеритовыми новообразованиями. Эти особенности связаны с опреснением и низкой динамикой вод лагуны, которые плохо сортировали материал, принесенный флювиальным потоком. Кроме того, поскольку образование лагун происходило при незначительных уклонах поверхности, впадающие в них потоки приносили преимущественно «тонкие» частицы.

Парагенерации шестого типа (рис. 7) состоят из рассмотренных выше литом глубоководного шельфа, изолируемого мелководья и лагуны. Такой латеральный ряд возникал, если баровое поле состояло из нескольких гряд барьерных островов. Тогда при регрессии в его внешней зоне формировались небольшие межбаровые лагуны, которые исчезали во время трансгрессии.



Рис. 7. Парагенерация шестого типа: *a* – слоевая структура; *б* – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

В результате образовывался сложный песчаный коллектор, дистальная часть которого формировалась седиментационной системой изолируемого мелководья, а проксимальная – седиментационной системой лагуны.

Парагенерации седьмого типа (рис. 8) образовывались в ситуации, когда существовало сложнопостроенное баровое поле, а в лагуну впадал постоянный или временный водоток. При этом возникал латеральный ряд литом глубоководного шельфа, изолируемого мелководья, лагуны, дельты изолированного побережья и флювиальной литомы.



Рис. 8. Парагенерация седьмого типа: *a* – слоевая структура; *б* – схема деления на литомы и пояса

Условные обозначения на рис. 2

Такие парагенерации содержат два изолированных песчаных тела: первое – аналог сложного коллектора парагенераций шестого типа, второе – аналог проксимального коллектора парагенерации пятого типа.

Рассмотренные выше структурно-генетические модели максимально упрощены и отражают самые общие закономерности строения парагенераций эпиконтинентальных терригенных сероцветных формаций. В процессе исследования конкретных объектов их необходимо уточнять и корректировать по результатам описания керна, увязывать с данными сейсмопрофилирования, каротажа и определениями фильтрационно-емкостных свойств пород. После этого можно получить эффективный инструмент анализа и прогноза свойств природных резервуаров при поисках, разведке и эксплуатации месторождений углеводородов.

Библиографический список

1. **Головкинский Н. А.** О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. СПб, 1868. 192 с.
2. **Дополнения** к стратиграфическому кодексу России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.
3. **Шишлов С. Б.** Структурно-генетический анализ осадочных формаций. СПб.: СПГГИ (ТУ); ЛЕМА, 2010. 276 с.
4. **Шлезингер А. Е.** Региональная сейсмостратиграфия. М.: Научный мир, 1998. 144 с. (Тр. ГИН РАН; вып. 512).

Раздел II. ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРЮЧИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 553.94.96

Б. В. Полянский

Российский государственный геологоразведочный университет

СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ГЕНЕЗИС МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НЕОКОМА ВОСТОЧНОЙ МОНГОЛИИ. ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ

Проблеме формирования мощных угольных пластов в России и за рубежом были посвящены публикации многих исследователей: В. Ф. Череповского, В. П. Алексеева, В. Н. Волкова, И. Е. Стукаловой, Н. В. Прониной и др. В нашей стране и СНГ были изучены сверхмощные и мощные угольные пласты в Челябинском, Канско-Ачинском бассейнах, угольных месторождениях Южной Якутии (Нерюнгри), Тургая, Южного Урала и Средней Азии (месторождения Ангрэн, Шураб). За рубежом известны угольные пласты-гиганты мощностью 250-400 м месторождений Латроб-Вэлли и Хэт-Крик. Однако в странах ближнего зарубежья, в том числе в Монголии, подобные пласты были слабо исследованы.

В 90-х годах прошлого века автором в составе Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции были составлены разрезы угленосных формаций и опубликованы результаты литологических исследований. Наряду с юрскими и пермскими были изучены литолого-стратиграфические разрезы угленосных отложений неокома (дзунбаинская свита), в которых содержатся мощные пласты углей. В тектоническом отношении они приурочены к Ононской грабен-синклинали северо-восточного простирания, шириной 5-20 км, сложенной верхнемезозойским молассоидным комплексом (тектоническая карта МНР, 1978 г.).

В настоящей публикации рассмотрены характерные особенности формирования мощных и сверхмощных угольных пластов в составе угленосной дзунбаинской свиты, детально изученных автором в угольных карьерах Чандаган и Багонуур, восточнее г. Улан-Батора, в 180 км к западу от сомона Ундур-Хан. Подстилающие вулканогенные отложения чойбалсанской (цаганцабской) свиты берриасского возраста были описаны в районе гор Даштибалбар и Урд-Дзотог-Толгой. Свита сложена порфировидными андезито-дацитами пузырчатой текстуры мощностью 300 м, в кровле – с ярко-оранжевыми измененными породами коры выветривания мощностью 10-100 м, с выделениями малахита по трещинам.

Стратиграфически выше, на южном склоне горы Урд-Дзотог-Толгой, были детально изучены разрезы угленосной дзунбаинской свиты мощностью до 960 м. Базальная толща мощностью до 300 м сложена плохо сортированными валунными крупно- и среднегалечными конгломератами, конглобрекциями, разнозернистыми песчаниками с линзами алевролитов, характеризующих в целом пролювиально-озёрно-болотные фации подножий крутых наземных «увалов». Возраст толщи условно относится к $J_3 - K_1$.

Выше по разрезу с небольшим стратиграфическим несогласием залегает основная угленосная толща дзунбаинской свиты, условно подразделяемая на три горизонта. В основании выделен песчано-алевролитовый горизонт мощностью 380-400 м, представленный разнозернистыми алевролитами и песчаниками, с линзовидным *пластом угля 1* (до 5 м). По остаткам флоры и пресноводных моллюсков определен валанжинский возраст горизонта. Выше следует подугольный горизонт (или горизонт «маломощных угольных пластов») мощностью 180-200 м, состоящий из чередования элементарных циклов, сложенных от грубых разнозернистых песчаников, с галькой, до аргиллитов, с обилием линз витрена, углистого детрита, зерен пирита и отпечатками готеривской флоры. В кровле циклов обычно выделяются линзовидные пласты бурого угля мощностью от 0,4-1,2 до 2,0-4,5 м, с остатками корневых систем. Все признаки отложений типичны для неустойчивых обстановок лесных проточных озёр и болот. Венчает разрез дзунбаинской свиты *основной угленосный горизонт* мощностью 350-380 м, который содержит *три пласта бурых углей* (пласты 2, 2а и 3) мощностью от 10 до 53 м.

Пласт 2 был детально описан по стенкам угольных карьеров Багонуур и Чандаган. В разрезе Багонуур мощность пласта составляет 8,8-10,3 м. В основании залегает подугольная углисто-глинистая пачка мощностью до 3 м, сложенная чередованием косослоистых гравийных песчаников и тонкослоистых песчаных глин с зёрнами пирита. Пачка содержит два линзовидных прослоя глинистого угля, с ризоидами в почве и остатками растений в виде обугленных сплюснутых стеблей, веток и древесной коры. Выше следует основной массив пласта бурого угля простого строения, полосчатой плитчатой текстуры. Он сложен частым чередованием прослоев преобладающего матового малозольного фюзена, с линзовидными включениями полублестящего угля с линзочками витрена. Кровля угольного пласта чёткая, ровная с прослоем плотной глины с углистым детритом. Вскрытый разрез угленосных отложений в карьере Багонуур завершается мощной пачкой гравийных песчаников.

На южном борту карьера Чандаган глубиной 70 м был составлен разрез угольного пласта 2 мощностью 31 м (почва не была вскрыта). Пласт сложного строения, состоит из трёх пачек, разделенных линзовидными прослоями песчаных глин с ризоидами: 4,40 м (простого строения); 9,0 м (сложного строения, с глинистыми прослоями 0,3-0,4 м) и 7,0 м –

простого строения, более чистый с преобладанием полублестящих ингредиентов. Пласт перекрыт пачкой (до 15 м) чередующихся углисто-глинистых пород с обилием корневых систем, углистого детрита и стяжений сидерита. Петрографически уголь идентичен описанному в карьере Багонуур, т. е. полосчатой линзовидно-волнистой текстуры за счёт чередования тонкочешуйчатого фюзенитового и линзовидных прослоев полублестящего угля. Содержит остатки обугленной древесины в виде уплощённых стеблей и веточек толщиной до 5-10 мм. Описание пласта прослежено в карьере с юго-запада на северо-восток на 100 м, вплоть до полного его срезания сверху на глубине 39 м.

Угольный пласт 2a мощностью от 25 до 52,8 м, по основному разрезу – в 15 м выше пласта 2, был подробно описан в стенке карьера Багонуур. В этом пересечении пласт имеет простое строение, местами с нижней угольной пачкой до 4 м, отделённой от основного пласта песчано-глинистым прослоем мощностью 1 м, с корневыми системами в кровле. По составу и текстуре уголь толстополосчатый, сложенный неравномерным чередованием (0,1-0,5 м) матового фюзенитового и полублестящего угля. Характерны включения до 3 мм зёрен янтаря, прослоек и кристаллов пирита. По условиям образования угли пластов 2 и 2a можно отнести к автохтонно-аллохтонным. Непосредственно в кровле пласта выделяется линзовидный прослой охристо-желтой пиритизированной глины (0,6 м), выше перекрытой мощной песчано-гравийной пачкой (с галькой в основании) мощностью более 20 м.

Выше по разрезу залегает *угольный пласт 3, или угольная толща*, сложного строения, суммарной мощностью до 60 м. В отдельных обнажениях эта толща представлена минимум тремя пластами бурых углей, не выдержанных по простиранию, разделенных прослоями (5-10 м) алевропесчаниковых пород. Соответственно, мощность этих угольных пластов, снизу-вверх 5,2; 23,2 и 4-пачечного – 16 м. В настоящее время разрабатывается открытым способом средний пласт простого строения, имеющий промышленное значение. Выше разрез дзунбаинской свиты венчается надугольной пачкой песчаников с линзовидными прослоями глинисто-алевритовых пород общей мощностью более 50 м.

Качество углей дзунбаинской свиты было исследовано с применением технического и спектрального анализов. Технический анализ (%): W – 10-14; V^r – 51,5; A – 10-12; S – 0,8-1,1; Q – 5200-6000 ккал; P – 0,15. Угли бурые, марки Б₃, фюзен-ксиленовые, малосернистые и малозольные. Спектральный анализ (на 36 элементов) показал, что во вмещающих породах содержание (%): Co – 0,001- 0,01; Ga – 0,001-0,003, а в угольных пробах: Co – 0,001-0,03; Ga – 0,001-0,003; Ge – 0,001-0,01. Количественный химический анализ не подтвердил данные спектрального анализа по тем пробам, где содержание Ge было не более 0,01 %.

Общие запасы бурых углей в районе карьеров в конце XX века составляли 212984 тыс. т, из них по категориям: А – 13036 тыс. т, В – 37632 тыс. т, С₁ – 72177 тыс. т, С₂ – 90139 тыс. т.

В фаціальном отношении рассмотренные разрезы трех угольных пластов могут быть отнесены к фациям лесных торфяников, с накоплением обильных остатков болотной и древесно-кустарниковой растительности автохтонно-аллохтонным путём, в условиях длительного неустойчивого компенсированного погружения узкой депрессионной структуры, ограниченной приподнятыми бортами. С бортов в депрессию эпизодически поступал грубый обломочный материал, формировавший линзовидные прослои в пределах угольного пласта.

В целом для угленосных отложений дзунбаинской свиты можно выделить следующие характерные особенности: а – неустойчивая мощность составляющих слоёв; б – линзовидный характер залегания; в – контрастный состав слагающих пород плохой сортировки, от грубообломочных до глинисто-углистых; г – аномально высокие мощности разнородной по петрографическому составу растительной органики. Всё это свидетельствует о формировании свиты в пределах узких, приразломных, тектонических структур типа наземных рифтов.

Наряду с этим тесная пространственная связь угленосных отложений с подстилающими вулканогенными свидетельствует в пользу рифтогенного характера седиментации. Подобный тип осадконакопления происходил в период активизации палеозойской платформы, с излияниями мантийной магмы начиная с позднепермского времени и до рассматриваемой раннемеловой эпохи. Эффузивная деятельность оказывала благоприятное воздействие на пышное развитие растительности и обогащение почв и растительной органики микроэлементами. Эти генетические особенности в полной мере могут относиться и к былым процессам углеобразования в Ононской грабен-синклинали, где расположены изученные угольные карьеры.

С экономической точки зрения уголь для Монголии в XXI веке остается единственной составляющей энергетики как основы пока слабо развитой промышленности. Фактическое отсутствие ядерных и гидроресурсов, а также использование нетрадиционных источников энергии (ветровой и солнечной) выдвигает на передний план угольное сырьё, доступное для разработки и сжигания в ТЭС и дальнейшей утилизации продуктов его переработки.

Рассмотренные выше мощные угольные пласты, разрабатываемые открытым способом в карьерах Багонуур и Чандаган, расположены в наиболее экономически развитом районе и связаны шоссейным и железнодорожным сообщением не только с другими районами МНР, но и с соседними Россией и КНР. В настоящее время помимо использования углей для прямого сжигания в ТЭС именно слабометаморфизованные угли типа бурых приобретают для Монголии огромное стратегическое и экспортное

значение при их химическом обогащении, в том числе и угольной золы, для получения промышленных концентраций малых элементов-примесей и их использования в электронике. Отмеченные выше в бурых углях МНР повышенные концентрации таких редких и рассеянных элементов, как Со, Ga и Ge, а также следы Li, Be, Sc, V представляют огромный интерес для электронной промышленности стран с развитой экономикой. Географическое положение Монголии и её транспортные связи с такими странами, как Россия, Китай, Индия, определяют повышенное внимание к экспорту из этой страны в США, Англию, Японию, Южную Корею, Россию и КНР, кроме самих углей, продуктов их обогащения с повышенными концентрациями подобных редких и рассеянных химических элементов.

К сожалению, из-за нашей нерасторопности и недалёковидности мы потеряли былые тесные экономические связи с таким стратегически перспективным соседом, как Монголия, недра которой богаты ценным природным сырьём. Это в равной мере относится и к таким странам, как Иран, Афганистан, Индия, Сирия, Алжир и др., в геологию и экономику которых в прошлом веке был вложен огромный труд советских и российских геологов.

В 70-90-е годы прошлого века кроме статей в периодической печати был опубликован ряд монографий под редакцией и авторством руководителей совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции А. Б. Дергунова, Н. С. Зайцева, В. Ф. Шувалова, Г. Г. Мартинсона, М. С. Нагибиной, Б. Лувсанданзана, Р. Барсболда (вып. 1-49), в которых были отражены результаты многолетней работы советских и монгольских геологов в области стратиграфии, тектоники, металлогении и др. областях геологии Монголии. В те же годы были изданы Тектоническая и Геологическая карты МНР масштаба 1:1500000, под редакцией Геологического института АН СССР (гл. редактор А. Л. Яншин).

В. Ф. Шульга

Институт геологических наук НАН Украины

О ДЕЛЬТОВОМ ТИПЕ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ В КАРБОНЕ ЮГО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Введение

В угольной геологии используют ряд классификаций, характеризующих тип торфонакопления [7, 10 и др.]. Из них наиболее подробной и популярной является типизация П. П. Тимофеева [16], в которой выделены (с учетом характера болотных ландшафтов) дельтово-побережный, дельтовый, долинно-речной и озерный типы торфонакопления.

До самого последнего времени исследователями Львовско-Волынского бассейна (ЛВБ), расположенного на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы (рис. 1), отмечалось присутствие в нем

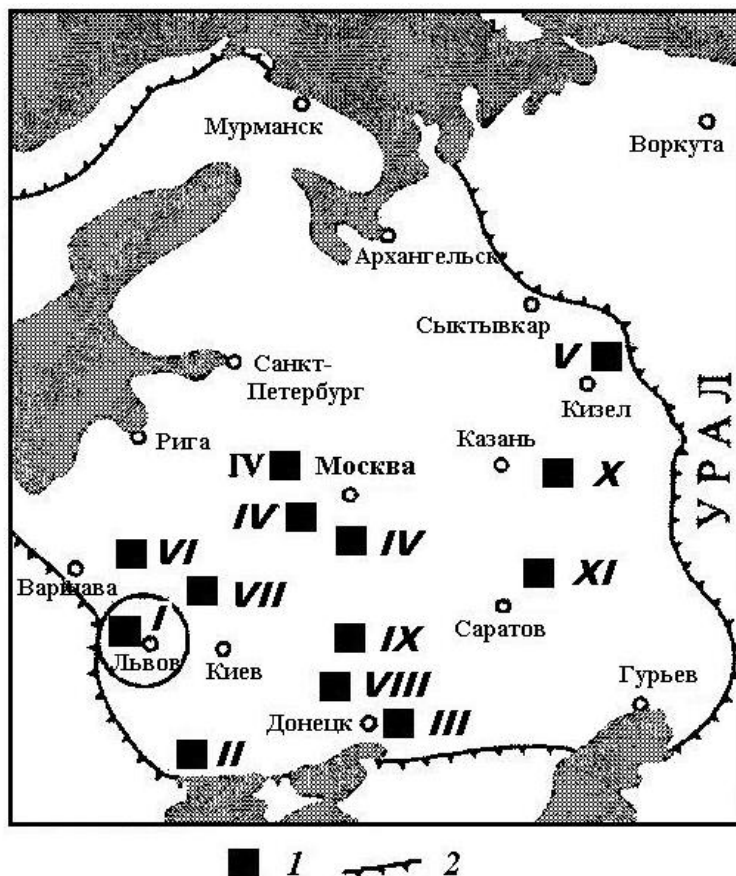


Рис. 1. Обзорная схема расположения Львовско-Волынского бассейна на территории ВЕП:

1 – угольные бассейны: *I* – Львовско-Волынский, *II* – Преддобруджинский, *III* – Донецкий, *IV* – Подмосковский, *V* – Кизеловский; *угленосные площади*: *VI* – Брестская, *VII* – Припятская, *VIII* – Днепровско-Донецкая, *IX* – Белгород-Обоянская, *X* – Камская, *XI* – Ульяновско-Саратовская; *2* – граница ВЕП

лишь побережного типа торфонакопления [2-4, 15]. Полученные в последнее время данные [19, 21] указывают на необходимость пересмотра существующих представлений на данную проблему. Первым «толчком» в этом направлении послужили результаты проведенного нами ранее палеопотамического анализа угленосной формации ЛВБ и изучения морфологии и генезиса угольных пластов северной части бассейна (Ново-Волынский и Червоноградский районы) [19], на основании чего были сделаны наиболее важные выводы: установление трех крупных палеогидрографических систем (Луцкой, Горохово-Ровенской и Дубненской) [20], определение связи площадного распространения и условий образования угольного пласта v_6 с двумя последними речными системами и на основании последнего – возможность выделения в ЛВБ нового (дельтового) типа торфонакопления.

Характеристика объекта изучения. Методика и объем исследований

Рассматриваемый в статье угольный пласт v_6 находится в верхней части иваничской свиты серпуховского яруса нижнего карбона в толще обломочных и глинистых пород мощностью 30–65 м. Снизу и сверху она ограничена выдержанными маркирующими известняками соответственно V_6 и N_1 (рис. 2). Пласт залегает в нижней болотно-морской угленосной подформации ЛВБ в 12–15 м вниз по разрезу от известняка N_1 . Между пластом угля v_6 и залегающим выше известняком N_1 находятся еще два маломощных (0,1–0,3 м) угольных пласта v_6^1 и v_6^2 . На территории ЛВБ пласт v_6 имеет весьма широкое распространение [9]. Он является основным рабочим пластом нижней угленосной подформации бассейна, залегая в 200–250 м ниже разрабатываемых в настоящее время пластов угля. В целом пласт v_6 отличается значительной изменчивостью мощности, строения, выдержанности на площади. Северо-восточная часть ЛВБ (Нововолынский и север Червоноградского района) характеризуется малой мощностью и простым строением пласта. Усложнение его строения и увеличение мощности пласта происходят в юго-западном направлении. Наиболее сложное строение и повышенную мощность он имеет на юге Червоноградского района (Межреченское месторождение). В юго-западной части ЛВБ (Юго-Западный район) широко развиты бифуркации, а также размывы и замещения пласта.

В работе была использована комплексная методика исследования [19, 21], важнейшим элементом которой являлось детальное описание по керну скважин разрезов угленосных отложений с выделением литогенетических типов и фаций; построение литологических, литогенетических, фа-

циальных колонок и профилей (см. рис. 2), карты распространения алевритопесчаников аккумулятивных форм, основных водотоков и направления

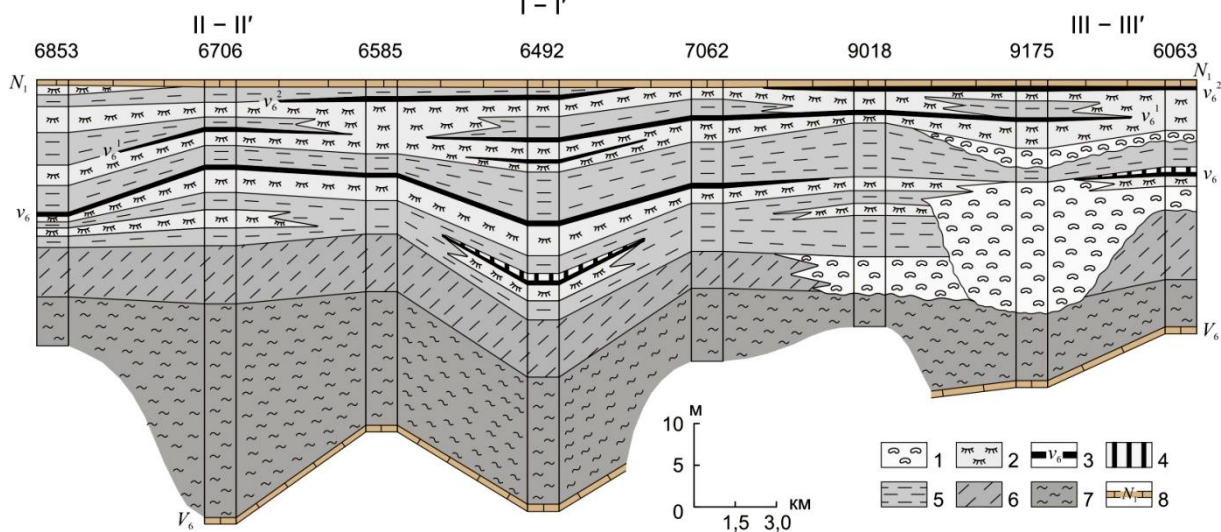


Рис. 2. Фациальные профили угленосных отложений в интервале между известняками V_6 и N_1 :

1-8 – фации: 1 – алеврито-песчаных осадков субэвальной дельты, 2 – глинисто-алевритовых осадков зарастающих водоемов, заболоченной дельтовой равнины; 3 – углистых осадков торфяных болот (угольный пласт и его индекс), 4 – глинисто-углистых осадков заиляющихся торфяных болот, 5 – алеврито-глинистых осадков приморских озер, сильно опресненных лагун и заливов, 6 – алеврито-глинистых осадков лагун, 7 – глинистых осадков моря, 8 – карбонатных осадков моря (пласт известняка и его индекс). Местоположение профилей см. на рис. 4

течений (рис. 3), палеогеографической карты времени формирования угольного пласта v_6 (рис. 4). В общем, было подробно описано более 50 разрезов, использованы данные около 1000 скважин со стандартной геологической документацией. Генетическая интерпретация пород, выделение литогенетических типов и фаций основывались на материалах ранее опубликованного «Атласа литогенетических типов...» [19]. В сборе и подготовке к обработке первичного фактического материала принимали участие М. Н. Матрофайло, И. Е. Костик, Н. Д. Король. Морфологические построения, а также компьютерная графика выполнены М. Н. Матрофайло.

Состав, строение, условия образования углевмещающих отложений и угольного пласта. Генетический тип торфонакопления

Угленосные отложения, вмещающие угольный пласт v_6 (интервал угленосного разреза V_6-N_1), представлены обломочными и глинистыми породами. Среди песчаников преобладают мелко- и среднезернистые. Медиальный размер зерен в среднем составляет 0,18 мм. Крупнозернистые песчаники имеют подчиненное распространение. Ограниченное развитие и

небольшая мощность (до 0,5 м) характерны для разнотернистых гравелистых разностей, располагающихся в основании мощных пачек песчаников.

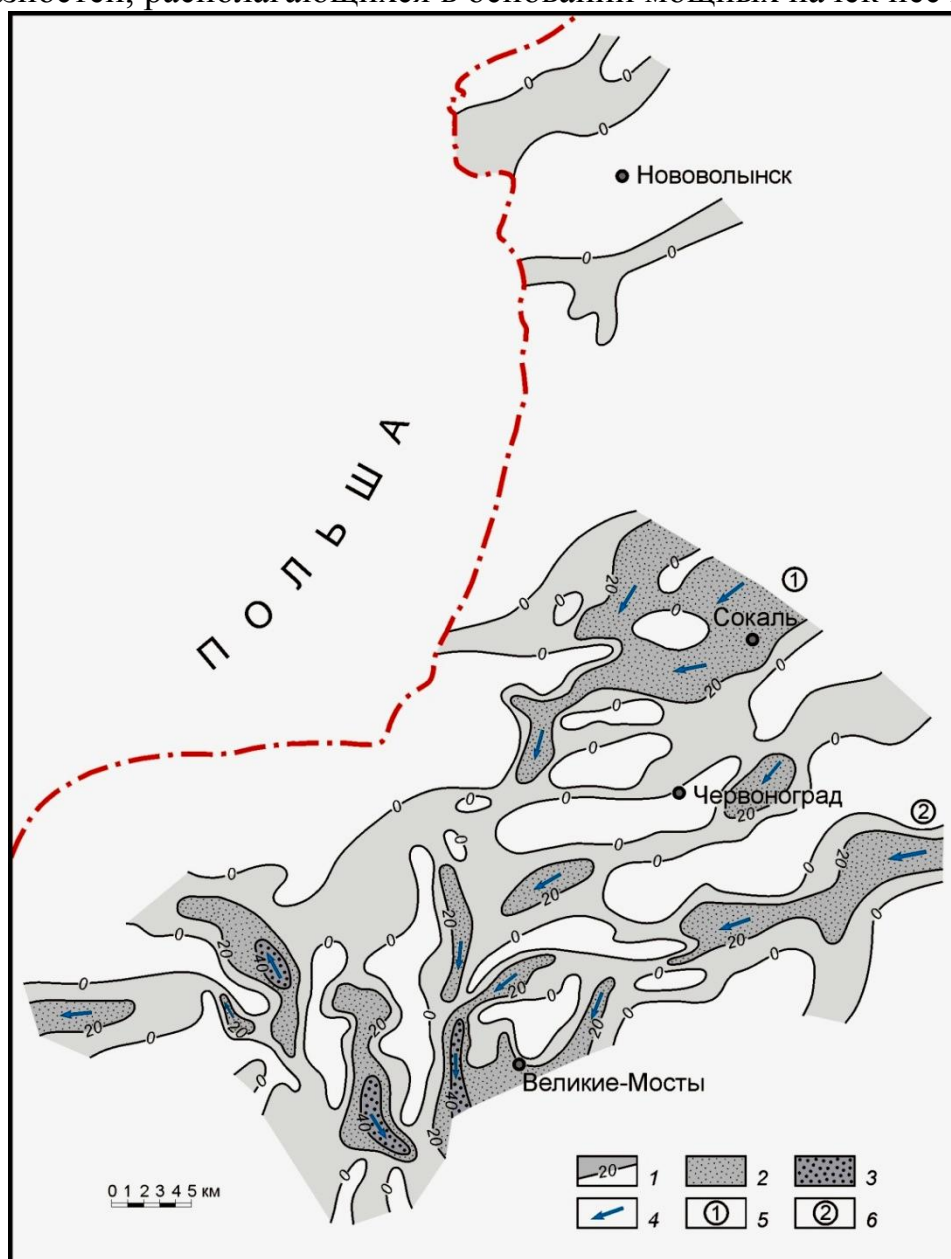


Рис. 3. Распространение алеврито-песчаных отложений аккумулятивных тел, основных водотоков и направления течений в период формирования регрессивной части литоцикла $V_6 - v_6$:

1 – изолинии содержания алеврито-песчаных отложений аккумулятивных форм, %; 2-3 – содержание песчаников и алевритов, %: 2 – 20-40, 3 – более 40; 4 – направление течений основных водотоков; 5-6 – гидрографические системы: 5 – Горохово-Ровенская, 6 – Дубненская

Среди алевритов преобладают крупнозернистые – со средним медианным размером зерен 0,06 мм.

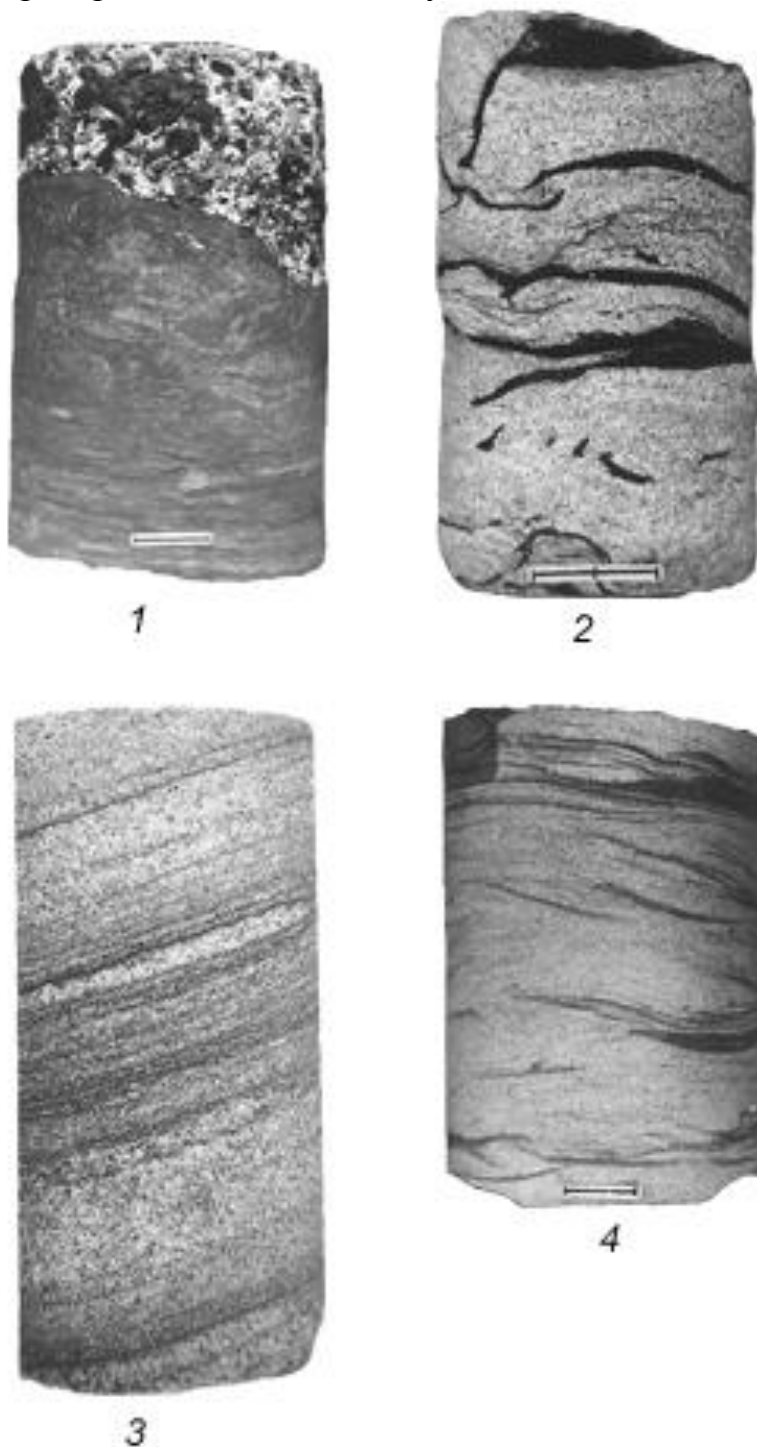
Угленосные отложения в рассматриваемом нами интервале полифациальны. В них выделяются литогенетические типы и фации, закономерно сменяющиеся по разрезу и образующие седиментационные литоциклы.

Вертикальные и латеральные изменения фаций, а также их названия приведены на рис. 2. Между известняками V_6-N_1 располагаются три литоцикла первого порядка (снизу вверх): 1-й – регрессивный морско-лагунный, аллювиально-лагунный мощностью 20–50 м, в верхней части которого залегает пласт v_6 (литоцикл V_6-v_6); 2-й – однородный лагунный, аллювиально-лагунный мощностью 7–10 м, вмещающий пласт v_6^1 ; 3-й – трансгрессивный лагунно-морской мощностью 3–5 м, содержащий пласт v_6^2 .

Примечательной особенностью литоцикла, вмещающего пласт v_6 , является широкое развитие в его нижней регрессивной части мощной (до 30 м и более) алевритопесчаной толщи (см. рис. 2, 3). Указанные отложения распространены в пределах широкой (20–30 км) полосы, протягивающейся в юго-западном направлении через всю центральную часть территории ЛВБ. Северо-западная и юго-восточная части бассейна характеризуются небольшим развитием и даже полным отсутствием алевритопесчаной толщи. Входящие в ее состав терригенные отложения залегают в форме извилистых полос, простирание которых в южной части бассейна западнее г. Великие Мосты изменяется с юго-западного на меридиональное и даже северо-западное. В этом же направлении в литоцикле V_6-v_6 отмечается увеличение содержания алеврито-песчаных отложений. В северо-восточной части полосы распространения алеврито-песчаной толщи выделяются две зоны: северная – с близкой к субмеридиональной ориентировкой аккумулятивных тел, и южная – с ориентировкой, близкой к субширотной. В поперечном сечении вытянутые алеврито-песчаные тела имеют форму выгнутых книзу, часто соединяющихся друг с другом линз мощностью до 30 м.

Изучение внутреннего строения рассматриваемой толщи показало сходный ее характер в различных частях территории бассейна. Практически во всех описанных нами по керну скважин разрезах алеврито-песчаные отложения основания 1-го литоцикла залегают на нижележащих породах с размывом (фото 1). При этом снизу вверх обычно происходит смена следующих литогенетических типов: 1 – песчаник крупнозернистый, иногда гравелистый, обычно массивный, с крупными обугленными фрагментами растений плохой сохранности (фото 1, 2); 2 – песчаник, алевролит с косою однонаправленной слоистостью, подчеркнутой углистым материалом, реже – ритмической сортировкой зерен (фото 3); 3 – песчаник, алевролит с окатышами аргиллита, алевролита; 4 – алевролит, песчаник с прерывистой горизонтально-волнистой слоистостью, подчеркнутой углистым материалом, с прослоями алевролита с горизонтальной слоистостью. В случае отсутствия на контакте размыва 1-го типа в основании алеврито-песчаной толщи располагаются менее грубозернистые отложения 2-го типа. Отмечаются случаи отсутствия в разрезах и других литогенетических типов. Однако последовательность их распределения по вертикали при этом, как

правило, не нарушается. В верхней части рассматриваемого комплекса пород часто распространено сочетание двух литогенетических типов (снизу



На фото:

1 – залегание с резким неровным контактом мелкогалечного конгломерата русловой стрежневой фации на алевролитистом аргиллите пойм;

2 – крупнозернистый песчаник стрежневой части русла с многочисленными крупными обугленными фрагментами растений;

3 – крупнозернистый песчаник участков, примыкающих к стрежневой зоне русла, с косой однонаправленной слоистостью, подчеркнутой ритмической сортировкой зерен и углистым материалом; 4 – крупнозернистый алевролит прирусловой отмели с мелкой косой, косоволнистой слоистостью, подчеркнутой углистым материалом

вверх): алевролит, песчаник с косой, косоволнистой однонаправленной, мелкой пологой сходящейся слоистостью, подчеркнутой глинистым, углистым материалом (фото 4), и алевролит с мелкой волнистой, горизонтально-волнистой мульдвидной слоистостью, подчеркнутой аналогичным предыдущему материалом. Охарактеризованные литогенетические типы образуют парагенетические сочетания, которые повторяются в разрезе алевроито-песчаной толщи, обуславливая ее ярусное (циклическое) строение. Выделяется до четырех ярусов мощностью по 5–12 м. Для них характерно утонение обломочного материала снизу вверх.

Состав, строение, морфология охарактеризованной алевроито-песчаной толщи весьма сходны с хорошо изученными отложениями устьевых частей рек и субэдральных дельт [1, 6, 8, 12–14, 17]. Так, 1-й литогенетический тип накапливался в стрежневой части русла; 2-й – в участках, примыкающих к стрежневой зоне русла; 3-й и 4-й типы являются отложениями прирусловой отмели. Это же относится и к двум типам, расположенным в верхней части комплекса. Причем, 1-й тип формировался в пределах части прирусловой отмели, расположенной вблизи русла, а 2-й – вдали от него во внутренней части прирусловой отмели, по существу, являясь уже отложениями пойм. Ярусы, установленные нами в алевроито-песчаной толще ЛВБ, отвечают «ярусам», «циклам» Е. В. Шанцера и являются результатом боковой миграции речных русел по долине [11, 17, 18]. По латерали и вертикали отложения алевроито-песчаной толщи замещаются образованиями лагун, приморских озер, зарастающих водоемов, озер, болот, торфяных болот.

Общая палеогеографическая обстановка времени накопления описываемых в статье угленосных отложений определялась существованием к востоку и северо-востоку от современных границ ЛВБ суши в области Украинского щита (УЩ) и его склонов. Граница между территорией накопления отложений и расположенной восточнее области преобладающего размыва и сноса проходила в северо-западном направлении. Юго-западнее простиралась область обширных, периодически заливавшихся морем низменностей, где накапливалась угленосная формация – Львовский палеозойский прогиб с его внешней (северо-восточной) и внутренней (юго-западной) зонами. Как отмечалось ранее, на территории ЛВБ функционировали три крупные, имеющие унаследованный характер гидрографические системы, истоки которых располагались в области УЩ, а их низовья – юго-западнее на территории Львовского прогиба, откуда в северо-восточном направлении происходили трансгрессии моря.

Характеризуя более конкретные палеогеографические обстановки, отметим, что после образования известняка V_6 область УЩ испытала поднятие, обусловившее отступление моря к юго-западу и смену вначале морских обстановок осадконакопления лагунно-заливными, а затем осушение местности. Следствием этого явилось оживление деятельности Дубнен-

ской и южной ветви Горохово-Ровенской систем и интенсивный размыв ранее накопившихся отложений. Изучение морфологии алевро-песчаных аккумулятивных тел, их ориентированности, состава, внутреннего строения, взаимоотношений с соседними образованиями указывает на существование в пределах упомянутых гидрографических систем многочисленных русел, протоков, рукавов рек с юго-западной ориентировкой водотоков; пойменных, старичных водоемов, реликтовых лагун. При приближении к расположенной к юго-западу области моря происходило подпруживание вод, ослабление динамики течений, сильное ветвление и изменение ориентировки протоков, значительное осаждение переносимого течениями материала. Не исключено, что наблюдаемая на крайнем юго-западе бассейна северо-западная ориентировка аккумулятивных алеврито-песчаных тел связана с деятельностью вдольбереговых течений (3-й тип распределения дельтовых песчаных тел) [22]. Таким образом, можно сделать вывод, что в это время область Горохово-Ровенской и Дубненской гидрографических систем представляла собой субэральную дельту (рис. 4). Северо-западнее и юго-восточнее располагалась приморская низменность. В дальнейшем поднятие УЩ сменилось опусканием области седиментации и уменьшением привноса обломочного материала. Происходило зарастание, а затем и заболачивание водоемов. Возникли предпосылки формирования палеоторфяников, в которых накопилось материнское вещество угольного пласта v_6 .

Процессы торфонакопления распространились на всю территорию ЛВБ. Однако не везде они имели одинаковый характер. В северо-западной и юго-восточной частях бассейна основное торфонакопление происходило в обстановке заболоченной приморской низменности (побережный тип торфонакопления). Иные условия существовали в области выделенной нами дельты (см. рис. 4). В период формирования пласта v_6 местность представляла субэральную дельтовую равнину, имеющую слабый наклон на юго-запад. Как и раньше, ее пересекали многочисленные, сильно ветвящиеся речные русла, рукава и протоки. Однако в результате трансгрессии моря, вызвавшей подпор вод, зарастание водоемов, водотоки отличались мелкими размерами, более ограниченным площадным распространением и ослабленной динамикой водной среды. При этом они сохранили существовавшую ранее область распространения и ориентированность. Речная сеть, широко развитая в пределах субэральной дельты, оказывала большое влияние на условия формирования пласта v_6 . Образование палеоторфяников в основном происходило на возвышенных участках, расположенных между водотоками. Последние характеризовались неблагоприятными условиями для обитания растений. Этим объясняются извилистые очертания торфяных массивов, их размеры и ориентированность границ, в общем совпадающая с ориентированностью существовавших в то время речных русел. В их пределах были широко развиты синторфяные и раннеэпиторфяные

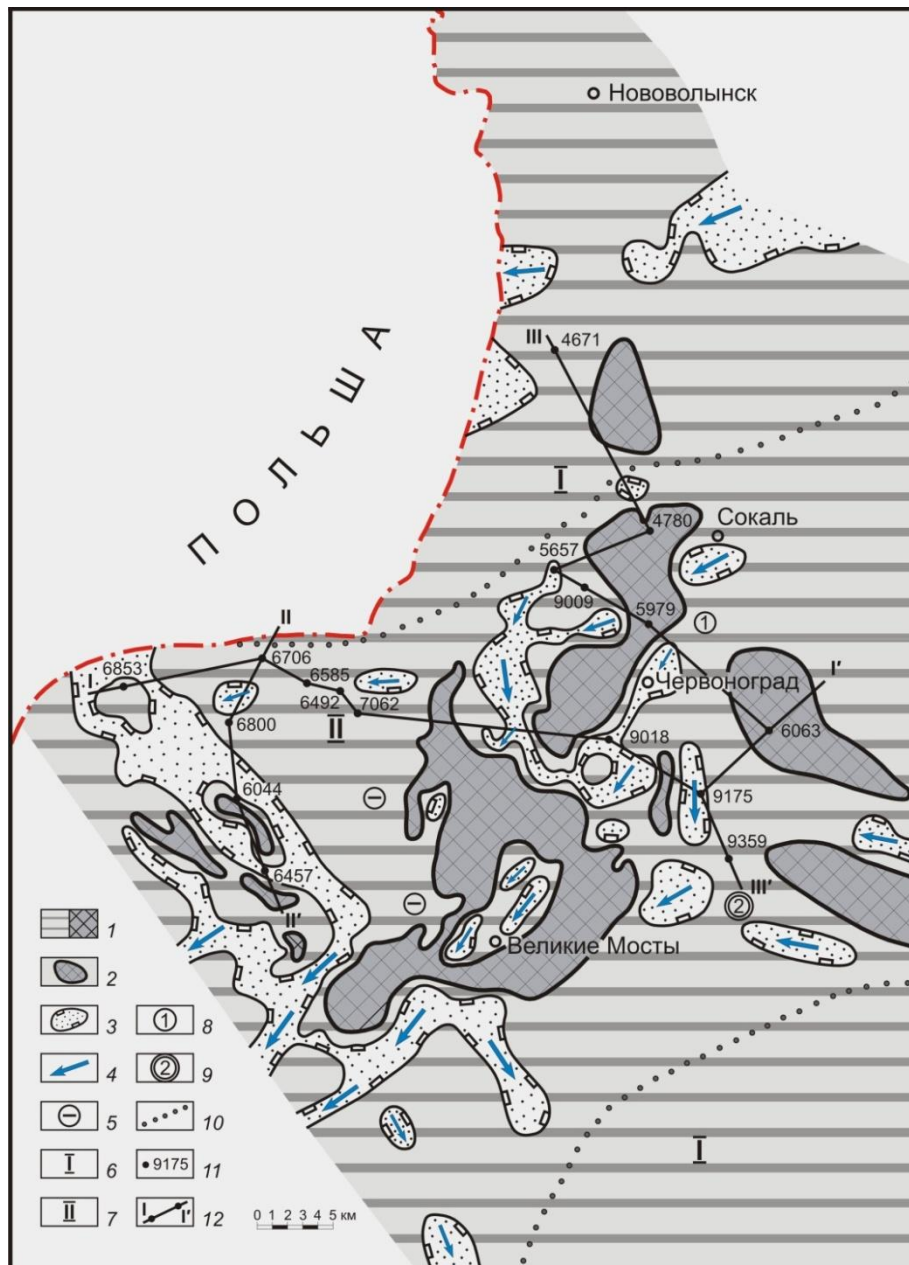


Рис. 4. Палеогеографическая карта времени формирования угольного пласта v_6 :

1 – торфяные болота; 2 – площади с наиболее благоприятными условиями для торфонакопления (мощность пласта угля более 0,6 м); 3 – участки отсутствия палеоторфяников; 4 – направление водотоков; 5 – площади наиболее интенсивного опускания местности; 6 – заболоченная приморская низменность; 7 – дельта; 8-9 – *палеогидрографические системы*: 8 – Горохово-Ровенская; 9 – Дубненская; 10 – граница палеогеографических областей; 11 – буровая скважина и ее номер; 12 – направление фациального профиля

замещения и размывы палеоторфяников, в связи с чем образование пласта v_6 на таких участках не происходило (см. рис. 2, 4). Нам представляется, что сходная обстановка формирования торфяников на межрусловых пространствах и замещение их в зонах русел наблюдалась Х. Фиском в голоценовом торфяном болоте из района дельты реки Миссисипи (рис. 5) [5].

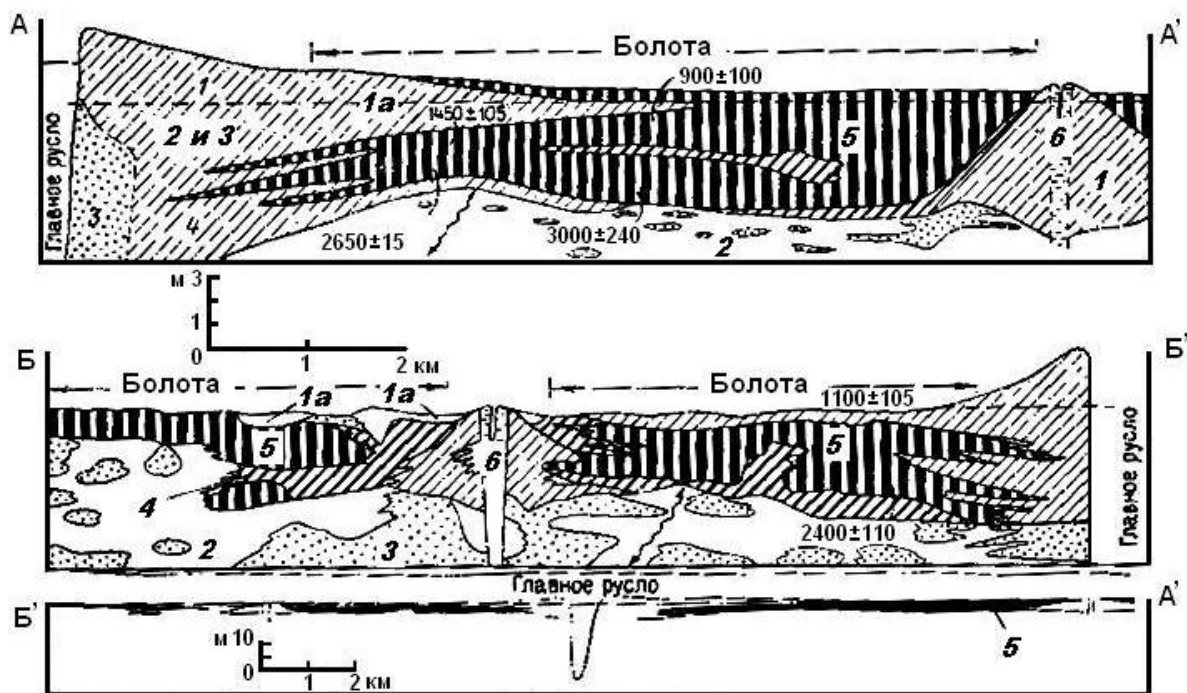


Рис. 5. Разрез голоценового торфяного болота (А, Б) из района дельты р. Миссисипи (по Р. Градзинскому и др.) [5]:

1 – отложения береговой гряды и глифа (1а); 2 – ил; 3 – алевритовые пески; 4 – ил с органическим материалом; 5 – торф; 6 – заполненное русло

Более мелкие протоки, в пределах которых отсутствовало накопление растительного материала, существовали и внутри торфяных массивов. Расположение субэральской дельты вблизи моря также явилось отрицательным фактором формирования пласта v_6 . В результате его трансгрессий морские воды проникали в пониженные участки рельефа. При этом, как и в современных дельтах, происходило образование приморских озер, лагун, засоленных болот с высоким уровнем стояния вод, препятствующем росту растений (см. рис. 2, 4).

Наиболее благоприятные для торфонакопления условия существовали в центральной части торфяных массивов, удаленных от речных русел. Крупные палеоторфяники значительной мощности формировались во внутренней зоне Львовского прогиба юго-западнее Червонограда (см. рис. 4). По сравнению с расположенной северо-восточнее внешней зоной, она характеризовалась большей мобильностью фундамента и более интенсивным опусканием местности, что способствовало образованию торфяников повышенной мощности. Конседиментационные тектонические движения, а также частые колебания уровня и динамики грунтовых вод обусловили многочисленные расщепления пласта v_6 и образование в нем породных прослоев. Помимо тектонического фактора, положительно влияющего на накопление больших масс органического вещества, формированию торфя-

ников повышенной мощности также способствовали речные русла, протоки, по которым в область седиментации поступали значительные массы терригенного материала, тем самым поддерживая компенсационный режим осадконакопления.

На крайнем юго-западе ЛВБ в пределах дельтовой равнины, расположенной вблизи моря, условия для формирования палеоторфяников становились менее благоприятными из-за ограниченных размеров приподнятых заболоченных участков, повышенного уровня стояния вод торфяных болот, уменьшения продолжительности времени накопления материнского вещества пласта. Возможно, островной характер торфонакопления был обусловлен морфологией заболачивающихся аккумулятивных алеврито-песчаных тел, формирующихся в зоне вдольбереговых течений.

Последовавшее в конце образования литоцикла V_6-v_6 опускание местности привело к дальнейшей трансгрессии моря, установлению озерно-лагунных обстановок и прекращению формирования угольного пласта v_6 на всей территории ЛВБ (см. рис. 2). В регрессивные периоды образования расположенных выше литоциклов, вмещающих пласты угля v_6^1 и v_6^2 , происходило возобновление речной деятельности. Однако она имела ограниченные масштабы и проявлялась на участках, унаследованных от ранее существовавших речных систем.

Заключение

В ЛВБ впервые выделен дельтовый тип торфонакопления. В период формирования основного промышленного угольного пласта глубоких горизонтов бассейна (пласт v_6) его центральную часть занимала субаэральная дельта юго-западного простирания с приустьевой частью на юго-западной окраине ЛВБ. Дельтовую аккумулятивную равнину пересекали многочисленные речные русла и протоки, принадлежащие двум крупным палеогидрографическим системам с истоками в области УЩ. Структурно-текстурные особенности, внутреннее строение, морфология аккумулятивных алеврито-песчаных тел аналогичны таковым современных и древних дельт.

Установлено большое влияние речной сети на условия торфонакопления. Формирование торфяников происходило между русловыми протоками, но наиболее интенсивно – в центральных частях крупных торфяных массивов, удаленных от речных русел. Наиболее благоприятные условия для образования пласта v_6 существовали во внутренней зоне Львовского тектонического прогиба, характеризовавшегося интенсивным опусканием местности, широким распространением водотоков, по которым в бассейн седиментации поступали большие объемы терригенного материала и поддерживался устойчивый компенсационный режим осадконакопления.

Изложенные в статье материалы имеют значение для познания общих процессов торфонакопления, уточняют и дополняют существующие

представления о карбоновом угленакплении на юго-западе Восточно-Европейской платформы и, в частности, о слабоизученном дельтовом типе. В практическом отношении установление специфических условий формирования палеоторфяников в дельтовой обстановке представляет значительный интерес для решения актуальных проблем, связанных с прогнозной оценкой промышленной угленосности глубоких горизонтов Львовско-Волынского бассейна.

Библиографический список

1. **Аллювиальные** отложения в угленосной толще среднего карбона Донбасса / под ред. Ю. А. Жемчужникова. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 296 с.
2. **Бартошинская Е. С., Бык С. И., Муромцева А. А. и др.** Угленосные формации карбона юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Киев: Наук. думка, 1983.
3. **Бобровнік Д. Н., Болдирєва Т. О., Іщенко А. М. та ін.** Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн. Киев: Вид-во АН УРСР, 1962.
4. **Вырвич Г. И., Гигашвили Э. П., Дубик З. Г. и др.** Каменные угли Львовско-Волынского бассейна. Львов: Выща шк., 1978.
5. **Градзинский Р., Костецкая А., Радомский А. и др.** Седиментология: пер. с пол. М.: Недра, 1980. 640 с.
6. **Дельты** – модели для изучения: пер. с англ. М.: Недра, 1979. 123 с.
7. **Иванов Г. А.** Угленосные формации. Л.: Наука, 1967. 407 с.
8. **Коллинсон Дж. Д.** Аллювиальные отложения // Обстановки осадконакопления и фации: пер. с англ. М.: Мир, 1990. Т. 1. С. 33-85.
9. **Костік І., Матрофайло М., Шульга В. та ін.** Перспективи вугленосної промисловості глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Стаття 1. Морфологія серпуховського вугільного пласта v_6 та особливості його утворення // Геологія і геохімія горючих копалин. 2010. № 3-4. С. 27-44.
10. **Крашенинников Г. Ф.** Условия накопления угленосных формаций СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1956. 294 с.
11. **Крашенинников Г. Ф.** Учение о фациях. М.: Высшая школа, 1971. 368 с.
12. **Николаев Н. И.** О строении поймы и аллювиальных отложений // Вопросы теоретической и прикладной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1947. С. 45-75.
13. **Рейнек Г. Э., Сингх И. Б.** Обстановки терригенного осадконакопления: пер. с англ. М.: Недра, 1981. 439 с.
14. **Самойлов И. В.** Устья рек. М.: Географиз, 1952. 526 с.
15. **Струев М. И., Исаков В. И., Шпакова В. Б. и др.** Львовско-Волынский каменноугольный бассейн: геолого-промышленный очерк. Киев: Наук. думка, 1984.

16. Тимофеев П. П. Основные достижения и задачи угольной геологии // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 5. С. 19-29.
17. Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 274 с.
18. Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239 с.
19. Шульга В. Ф., Лелик Б. И., Гарун В. И. и др. Атлас литогенетических типов и условия формирования угленосных отложений Львовско-Волынского бассейна. Киев: Наук. думка, 1992. 176 с.
20. Шульга В. Ф., Знаменская Т. А. Карбоновые реки Львовско-Волынского бассейна и их связь с тектоникой // Геол. журн. 1995.
21. Шульга В. Ф., Здановски А., Зайцева Л. Б. и др. Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. 427 с.
22. Эллиот Т. Дельты // Обстановки осадконакопления и фации. М.: Мир, 1990. Т. 1. С. 144-191.

УДК 551.31

А. В. Прядко, Г. Р. Хуснуллина

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени

РОЛЬ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ 3D КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

На сегодняшний день состояние разработки нефтегазовых резервуаров предполагает еще большее развитие исследовательских, аналитических и инженерных работ при составлении проектно-технологической документации. Многие факторы способствуют внедрению новых технологий: это значительная степень истощенности запасов многих месторождений, высокая обводненность добываемой нефти, рост доли трудноизвлекаемых запасов, большой фонд бездействующих скважин и другие.

К специфике месторождений Западной Сибири, в частности для Красноленинского месторождения, необходимо отнести особенности терриген-

ных коллекторов, характеризующихся высокой послойной, зональной неоднородностью и слабой согласованностью фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). Неоднородность является следствием син- и постседиментационных процессов. Обусловленная условиями осадконакопления генетическая неоднородность влияет на петрофизические параметры пород. Анизотропия петрофизических свойств является основной причиной расхождения проектных показателей разработки на месторождениях Западной Сибири.

В общем случае под термином *неоднородность* понимается изменчивость породы, приводящая к изменению фильтрационно-емкостных и физических характеристик. Ее изучение особо необходимо на этапе подсчета геологических и извлекаемых запасов углеводородов, так как неоднородность существенно затрудняет построение геологической модели залежи. Важную роль при изучении неоднородностей играют геофизические методы, которые в комплексе с литолого-петрофизической основой несут наиболее полную и достоверную информацию об изучаемом разрезе. Наиболее точные сведения о распределении фильтрационно-емкостных и литологических характеристик породы, как правило, получают при изучении кернового материала. Вышесказанное предполагает совершенствование методов и средств по применению технологий, таких как гидроразрыв пласта, бурение горизонтальных скважин, зарезка боковых стволов. Поэтому особенно важным является использование методов компьютерного моделирования в комплексе с построением сейсмических, геологических и гидродинамических 3D моделей резервуаров. Это подразумевает в свою очередь, что в модели должно учитываться всё многообразие фильтрационно-емкостной неоднородности коллектора. Последнее актуализирует совершенствование подходов к исследованиям свойств неоднородностей резервуара, обусловленных литологическими особенностями пласта.

Неоднородности резервуара, определенные литологическими особенностями пласта, проявляются как во внешних, так и внутренних его свойствах. «Внешние свойства отражают фациальную неоднородность строения коллектора, формирование которого связано, как правило, с рядом конкретных обстановок осадконакопления. Каждая обстановка имеет своё пространственное развитие, где фильтрационно-емкостные свойства коллектора могут быть охарактеризованы индивидуальной зависимостью пористости и проницаемости. Границам раздела фациальных обстановок свойственно формирование непроницаемых барьеров, представленных прослоями глин и карбонатизированных песчаников, выполняющих роль фронтальных экранов для залежей нефти и газа. К внешним свойствам коллектора можно также отнести его макрофильтрационную неоднородность в разрезе и по площади. В разрезах это отражается в последовательном увеличении или уменьшении гранулометрических разностей, влияющих на значения проницаемости, от подошвы к кровле пласта, либо одно-

родном, градационном, распределении зернистости. Каждой фациальной обстановке свойственна своя последовательность гранулометрического распределения по разрезу, влияющая на положение и величину интервала притока углеводородов в объеме коллектора.

Внутренние свойства пласта проявляются в его текстурных особенностях формирующих микрофильтрационную неоднородность коллектора и характеризующих неоднородность (анизотропию) притока углеводородов в скважину по площади» [1].

Вышесказанным определены цели данного исследования, заключающиеся в необходимости постановки петрофизических исследований, специальных алгоритмов обработки петрофизических данных и построении геологической модели 3D Краснотеннинского месторождения для более объективной оценки перспектив нефтегазоносности объекта.

В качестве конкретного примера были рассмотрены отложения викуловской свиты Краснотеннинского месторождения в пределах восточной части Каменного участка, расположенного на территории Октябрьского района Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. Из-за сложности геологического строения месторождения, низкой продуктивности пластов, высокой послойной и зональной неоднородности разработка месторождения не велась длительное время (почти 30 лет). Основной промышленно-продуктивной толщей является викуловская свита (пласты ВК₁₋₃, верхний апт, нижний мел), представленная преимущественно песчано-алевритовыми породами, которые переслаиваются с пластами и прослоями алевроаргиллитов с величиной зерна менее 0,008 мм. Коллекторами нефти в пластах ВК₁₋₃ являются тонкомелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты, обычно слабосцементированные, часто с прослоями и линзами мелкозернистых алевролитов.

Для достоверной оценки возможного нефтегазоносного потенциала отложений викуловской свиты специалистами филиала ООО ««ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени выполнен анализ влияния различных уровней неоднородности на фильтрационно-емкостные свойства отложений.

В результате проведенного исследования выделены два основных петрофизических типа коллекторов: текстурно-квазиоднородные (преимущественно однородные) и текстурно-неоднородные (преимущественно слоистые). Данные классы коллекторов обычно обозначаются как породы преимущественно песчаного и преимущественно алевритового состава. В данном случае разделение по текстурному признаку более физично, так как для терригенных отложений Западной Сибири песчаники и алевролиты рассматриваются в рамках единой петрофизической модели.

Установлено, что песчаники и алевролиты с прослоями алевроаргиллитов, как правило, при том же поровом объеме характеризуются пониженными фильтрационными свойствами по сравнению с преимущественно

однородными разностями. Породы с более однородной текстурой и улучшенными фильтрационными свойствами характерны для зоны с так называемой аномальной сейсмической характеристикой. Серия построенных графиков показала, что зависимости между фильтрационными и емкостными характеристиками коллекторов для различных литотипов пластов ВК Каменной площади существенно зависят от степени неоднородности, которая в свою очередь изменяется по глубине. Так, в пласте ВК₁ (мощностью 20,7 м) викуловских отложений около 70 % образцов имеет «слоистую» текстуру, в пласте ВК₂ (мощностью 20,8 м) доля таких образцов существенно ниже – 14 %, а в пласте ВК₃ (мощностью 18,2 м) такая неоднородность практически отсутствует. В целом по викуловским отложениям доля образцов с неоднородной текстурой составляет 45 %. Основные зависимости между фильтрационно-емкостными характеристиками коллекторов для различных литотипов пластов ВК существенно зависят от их типизации, являясь следствием текстурной однородности.

В-третьих, проведена оценка анализов фильтрационно-емкостных свойств по цилиндрическим образцам с № 34 по 88, отобранным из скважины 93123. Все они представлены мелкозернистым песчаником. По семи цилиндрическим образцам было определено их соответствие фации БПК (алевритопесчаных осадков малых аккумулятивных форм (косы, пересыпи)), по четырем образцам – БПА (песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья), по трем образцам – БМБ (песчаных осадков сильноподвижного мелководья (аккумулятивные формы: бары, косы, пересыпи)) и по 20 образцам – БДД (песчаных осадков конусов выноса рек). Среднее значение коэффициента проницаемости $K_{пр}$ по фациям, мД: БПК – 40,1, БПА – 41,1, БМБ – 51,4 и БДД – 47,4. Таким образом, при одном и том же гранулометрическом типе фильтрационная величина коэффициента проницаемости изменяется в зависимости от фациальной принадлежности, т. е. разных обстановок осадконакопления [2].

В практике зарубежных исследований для объединения параметров пористости и проницаемости при описании фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов используются гидравлические единицы потока/коллектора (HFU), которые позволяют выделять литологические типы пород с близкими характеристиками порового пространства. Гидравлическая единица коллектора (потока) HFU определяется как «представительный элементарный объем породы, внутри которого геологические и петрофизические свойства, влияющие на течение жидкости, взаимно согласованы и предсказуемо отличны от других пород». Гидравлические единицы, имея пространственное развитие, характеризуют литологическую и фациальную неоднородность коллектора. Возможность HFU характеризовать анизотропию петрофизических свойств резервуара в пространстве позволяют выбрать ее в качестве базового элемента при построении математической модели коллектора [1, 3, 4].

Для определения гидравлических единиц потока обычно используются два основных параметра: индикатор гидравлического типа коллектора FZI (*Flow Zone Indicator*) (1) и индекс качества коллектора RQI (*Reservoir Quality Index*) (2). Эти параметры получены из уравнения Козени-Кармена и рассчитываются по следующим формулам:

$$FZI = 0,0314 \frac{(1-K_p)}{K_p} \quad (1)$$

где 0,0314 – коэффициент для промышленной системы единиц (мД); K_{pr} – проницаемость, мД; K_p – пористость (доля от объема породы).

Параметр FZI (мкм) является уникальным для каждой гидравлической единицы и применяется для классификации петрофизических классов коллектора [3, 4]:

$$RQI = 0,031, \quad (2)$$

Концепция гидравлических единиц подразумевает, что существует ограниченное число типов коллектора, характеризующихся уникальным средним значением FZI, и разброс значений FZI относительно среднего вызван случайными погрешностями. Поэтому в первую очередь необходимо определить число таких типов коллекторов и границы FZI для каждого из них [1, 3, 4]. Данный подход ориентирован на использование имеющихся данных по керну и множества других качественных методов (рис. 1).

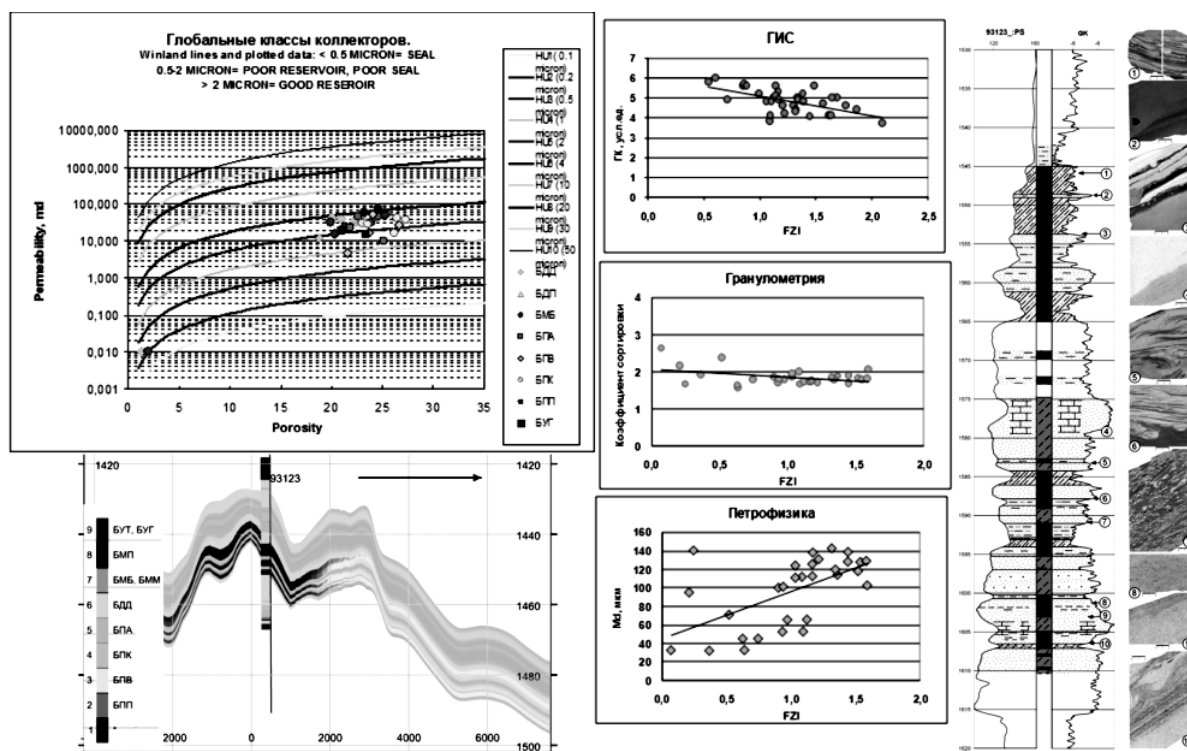


Рис. 1. Выделение классов коллекторов на примере пластов ВК₁₋₄ Краснотенского месторождения (скв. 93123)

Проведенная систематизация распределения FZI в зависимости от пористости и проницаемости резервуара с учетом неоднородности его порового пространства позволила составить на основе выделения гидравлических единиц потока сводную таблицу со средними значениями FZI для пластов ВК₁₋₄ (см. таблицу).

**Средние значения индикатора гидравлического типа коллектора
и индекса качества коллектора по пластам ВК₁₋₄
Красноленинского месторождения**

Пласт	Индикатор гидравлического типа коллектора, мкм	Индекс качества коллектора
ВК ₁	0,64	0,22
ВК ₂	1,04	0,28
ВК ₃	1,31	0,43
ВК ₄	1,35	0,31

Выделенные классы гидравлических единиц потока имеют определенные диапазоны, которые характеризуются средними значениями FZI. Так, полученные значения FZI соответствуют 4-му и 5-му классам коллекторов и указывают на средние, пониженные и низкие фильтрационно-емкостные свойства. Пористость пород-коллекторов по пластам ВК₁₋₄ изменяется от 1,3 до 27,9 %, проницаемость – от 0,01 до 209,5 мД. Средние значения составляют 22,3 % и 32,5 мД.

Полученные в ходе исследования данные послужили основой для построения геологической модели 3D, разрезов фациальных замещений и куба распределения FZI в межскважинном пространстве, т.е. использована возможность выявить закономерности распространения фаций и петрофизических характеристик не только в двумерном пространстве, но и в трехмерном.

Также при построении геологической модели 3D использовались данные по инклинометрии, стратиграфические разбивки по пластам ВК₁₋₄, комплекс кривых геофизических исследований скважин (ГК, ПС, НКТб), интерпретация по характеру насыщения пропластков и результаты литолого-фациального анализа, базирующегося на изучении кернового материала. В качестве сейсмической основы при построении стратиграфических поверхностей использовался сейсмический отражающий горизонт М₁. Стратиграфические поверхности использовались для построения пропорциональной трехмерной сетки, моделирующей выдержанные по мощности

общие толщины пластов в районе скважины 93123 (куст 931). Установленный набор фаций, определяемых по комплексу диагностических признаков, среди которых самым важным является текстура (слоистость) и проведенная увязка полученных сведений с данными геофизических исследований скважин (ГИС), обеспечил воспроизводимость результатов фациальных реконструкций. Эти закономерности были представлены в виде последовательности литофаций в интересующем нас интервале пластов ВК₁₋₄, с одновременной увязкой параметров в скважине (рис. 2).

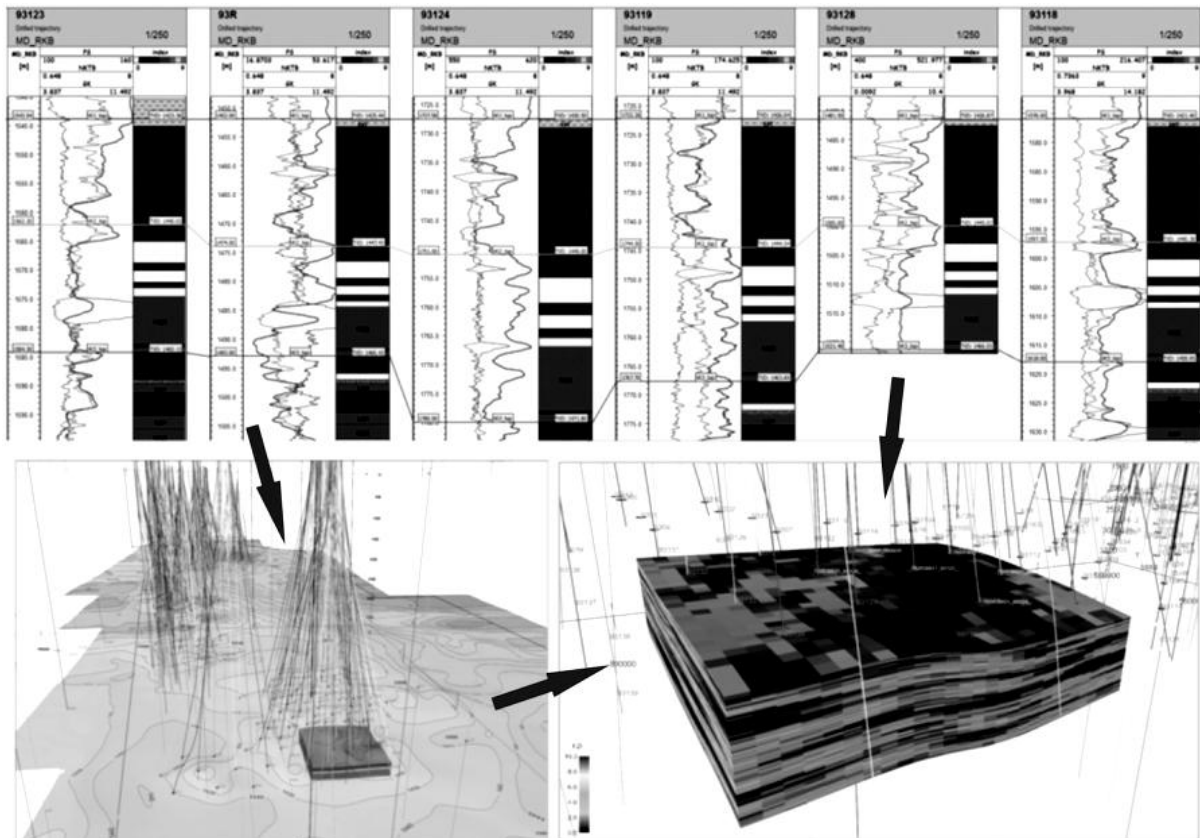


Рис. 2. Последовательность построения геологической модели с учетом гидравлических единиц потока (FZI)

Сущность использованной процедуры заключается в переводе исходной информации в числовую форму посредством числового кодирования. В основе лежит замена индексов фаций, в которых закодировано генетическое содержание в числах по девятибалльной шкале (от 0 до 9). При необходимости данные можно дополнять новой информацией. Затем полученная информация загружается в программный комплекс Roxar (RMS 2011) и с помощью метода Interpolation (интерполяция) отстраиваются литолого-фациальная модель и разрезы фациальных замещений [5].

Кроме того, для проверки правильности выявленных фациальных закономерностей в скважинах ближайшего окружения в трехмерной сетке смоделирован литофациальный параметр по всему объему, отражающий

фациальное распределение опорной скважины 93123. Создание такого параметра позволяет «снять» фациальное распределение с трехмерной сетки на стволы скважин, пересекающих объем этого куба. Сопоставление «снятого» с куба фациального распределения с комплексом ГИС является подтверждением того, что фациальные закономерности устойчиво прослеживаются и на них, и, наоборот, сам по себе комплекс ГИС (геофизическое исследование скважин) после увязки с данными по керну в опорных скважинах является надежным инструментом для выявления фациальных закономерностей в других скважинах месторождения. Следовательно, это позволит нам спрогнозировать фациальную обстановку осадконакопления в более удаленных скважинах и выявить границы развития фациальных закономерностей на площади.

Следующим шагом является построение куба распределения FZI в межскважинном пространстве. Моделирование проводилось в интервале пластов ВК₁₋₄, в районе куста 931 скважины 93123 в секторе модели, охватывающем ближайшее окружение данной скважины.

Для построения использован модуль петрофизического моделирования RMS 2011 программного комплекса Roxar, в основе которого лежит метод последовательного гауссового моделирования [5]. В первую очередь проводится вариограммный анализ известного по скважинным данным распределения параметра. Варьированием рангов вариограммы определяется характер пространственной неоднородности в распределении параметра, и далее используется в процессе моделирования в виде заданных значений этих рангов по осям координат. В результате характер неоднородности по известным данным переносится на весь объем актуального сектора модели. Затем исходная выборка данных по скважинам приводится к гауссовому распределению, которое и задает тренд для осуществления моделирования распределения параметра в межскважинном пространстве.

Полученный куб комплексного параметра FZI есть интегральный параметр, который позволяет спрогнозировать характер распределения фильтрационно-емкостных свойств в интересующем нас интервале пластов ВК₁₋₄.

Таким образом, в данной работе впервые выполнена оценка распределения фильтрационно-емкостных характеристик (ФЕС) по типам пород с комплексом структурно-текстурных признаков (фаций). Установлены единицы FZI и RQI, характеризующие соответственно гидравлический тип и качество коллекторов группы ВК. Подобная взаимоувязка параметров, характеризующих ФЕС, с обстановками осадконакопления (фациями) позволяет более детально прогнозировать участки с улучшенными коллекторскими свойствами как в разрезе, так и на площади исследуемого объекта. Разноплановая статистическая обработка результатов позволяет распространять установленные закономерности на части разреза, не охарактеризованные керном.

Проведенные исследования являются свидетельством того, что оценка неоднородности и пространственного распределения пористости и проницаемости всегда тесно связана с распространением определенных гидравлических типов коллекторов по площади, в связи со строгой фациальной зональностью фациальных обстановок седиментации. Соответственно распространение фильтрационно-емкостных свойств пород в трехмерном скважинном пространстве требует опорных точек, вариограммы как вероятностного закона и знаний древних трендов седиментации. А создание методик моделирования фильтрационных процессов в неоднородных коллекторах способствует необходимости процедуры формализованного описания неоднородностей резервуара. Полученная геологическая модель 3D Красноленинского месторождения на базе разделения коллекторов по классам гидравлических единиц потока позволит проводить корректировку гидродинамической модели с учетом изменений проницаемости в зависимости от значения класса коллектора ячейки при постоянной величине пористости и просчитать более эффективный вариант разработки месторождения при новых значениях проницаемости и гидродинамических параметров.

Библиографический список

1. **Кошовкин И. Н., Белозёров В. Б.** Отображение неоднородностей терригенных коллекторов при построении геологических моделей нефтяных месторождений // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 310. № 2. С. 26–32.

2. **Хуснуллина Г. Р.** Литолого-фациальная неоднородность отложений викуловской свиты и ФЕС пород-коллекторов Красноленинского месторождения (Каменный участок восточная часть) // Минеральные индикаторы литогенеза: мат-лы Российского совещания с международным участием. Сыктывкар: Изд-во «Геопринт», 2011. С. 156-158.

3. **Чернова О. С., Клименко А. В.** Моделирование литолого-петрофизической зональности Двуреченско-Крапивинской зоны нефтегазонакопления // Литология и геология горючих ископаемых: межвуз. научн. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного университета, 2009. Вып. III (19). С. 99-110.

4. **Amaefule J. O., Altunbay M., Tiab D., Kersey D. G., Keelan D. K.** Enhanced Reservoir Description: Using core and log data to identify Hydraulic (Flow) Units and predict permeability in uncored intervals/wells // SPE 26436: 68th Ann. Tech. Conf. and Exhibit. Houston, Tx, 1993. P. 205-220.

5. **ROXAR** (Software Solution), RMS 2010 User Guide, Norway: 2010. P. 1-2871.

Г. Л. Макаренко

Тверской государственной технической университет

О РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Торфяные районы Владимирской области расположены в междуречье Оки и Волги и относятся к средней Нечернозёмной зоне РФ. Рельеф поверхности представляет собой равнину, слегка волнистую, с небольшим уклоном к юго-востоку. Наиболее возвышенными частями поверхности являются водоразделы между бассейнами рек (наибольший водораздел между Волгой и Клязьмой), представляющие отроги Валдайской возвышенности. Деятельность ледников и последующее их таяние привели к образованию различных по литологическому составу ледниковых и флювиогляциальных минеральных отложений в виде песка, супеси, суглинков и глины различной тонкости. В зависимости от глубины залегания грунтовой воды они послужили материнскими породами для почв различной степени увлажнения.

В условиях избыточного увлажнения поверхности при наличии подвижного горизонта капиллярной каймы (ПГКК) как основного природного фактора формировались торфяные почвы, давшие начало развитию болото- и торфообразовательных процессов [1].

Территориальное размещение торфяных месторождений неравномерное и зависит от степени расчленённости рельефа. Среди геологических факторов большое влияние на размещение оказывает четвертичный покров. По типам залежей торфяных месторождений, их размерам, свойствам торфяных отложений, местоположению в рельефе, геологическому строению в пределах Владимирской области выделяют четыре торфяных района (рис. 1).

I торфяной район, занимающий сравнительно небольшую территорию в юго-западной части области (северо-восточная часть Мещерской низменности), отличается большой заторфованностью. Среди материнских пород преобладают песчаные отложения, подстилаемые юрскими водоупорными глинами. По территории проходит водораздел бассейнов Оки и Клязьмы. В рельефе поверхности довольно много заторфованных котловин, вытянутых с севера на юг. Широким распространением пользуются крупные верховые, переходные и малозольные низинные (редко превышающие 6 %) естественные торфяные месторождения. Торф средней и малой степени разложения. По занимаемой площади выработанных торфяных месторождений район находится на втором месте.

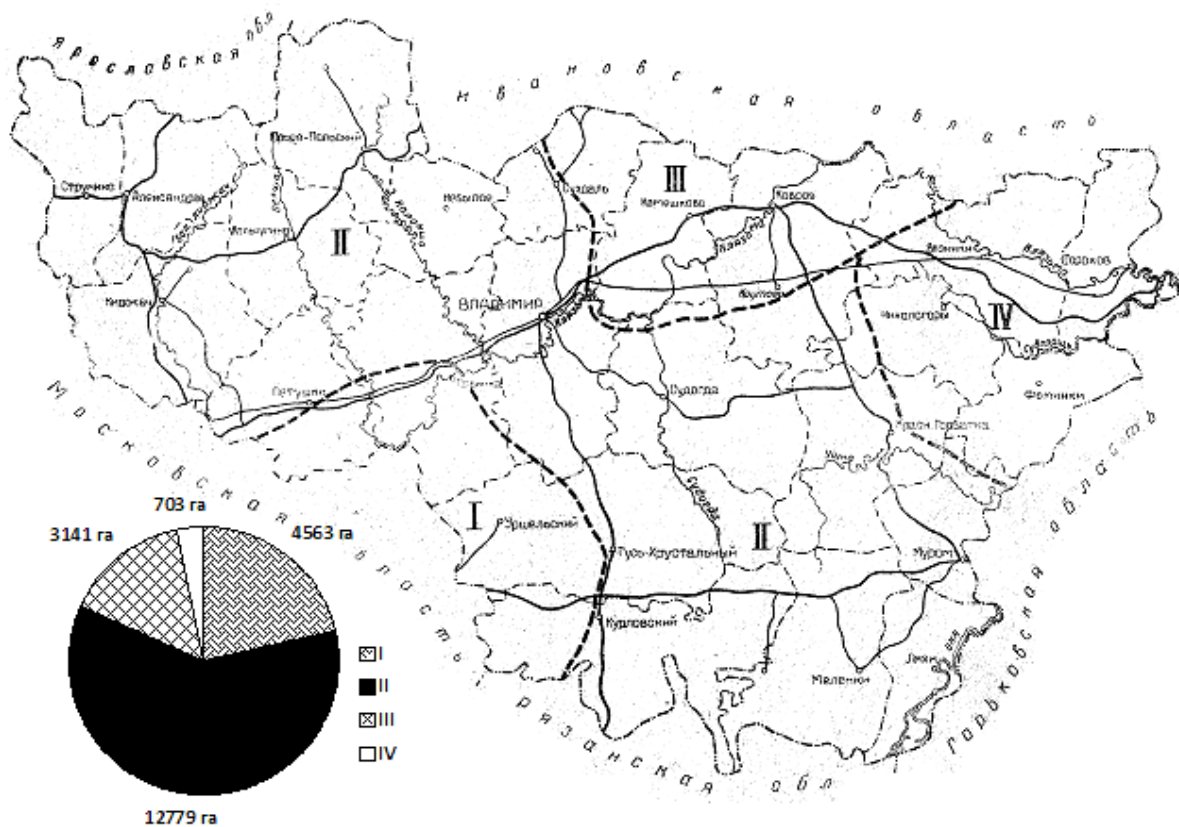


Рис. 1. Распределение площадей выработанных торфяных месторождений по торфяным районам Владимирской области

II торфяной район занимает наибольшую часть области и простирается от северо-западных до юго-восточных границ и характеризуется малой заторфованностью (заторфованность менее 1 %) и наличием преимущественно небольших по площади естественных разнотипных торфяных месторождений (средняя площадь около 120 га). Рельеф поверхности в большинстве случаев пересечённый с значительным развитием овражной сети и разнородным четвертичным покровом (широкое развитие лессовидных пород). Наиболее заторфовано правобережье Клязьмы относительно левобережья. Для района в целом характерными являются торфяные месторождения низинного типа, расположенные, главным образом, в поймах. По занимаемой площади выработанных торфяных месторождений район находится на первом месте.

III торфяной район расположен в северной части области по левому берегу р. Клязьмы с типичными средними и малыми естественными разнотипными торфяными месторождениями в многочисленных западинах. На юге района имеется группа крупных верховых торфяных месторождений. В целом район имеет спокойный рельеф с преобладающим распространением песчаных отложений. В восточной части района в условиях пересеченного рельефа поверхности развиты моренные отложения. В районе довольно много комплексных торфяных месторождений, сложенных множе-

ством разнотипных участков. По занимаемой площади выработанных торфяных месторождений район находится на третьем месте.

IV торфяной район находится в северо-восточной части области по левому берегу р. Клязьмы и входит в состав Балахнинской низменности (её юго-западная часть) с наличием естественных торфяных месторождений низинного типа с многозольными торфяными отложениями. Площадь района невелика. Рельеф района равнинный, местами всхолмленный дюнами. Вся поверхность сложена песчаными флювиогляциальными отложениями. Наиболее характерное геоморфологическое залегание естественных торфяных месторождений: надпойменная терраса и пойма [геоморфологическая классификация С. Н. Тюремнова, 1976]. Низинные высокозольные (25 % и более) торфяные месторождения пойм могут образовывать непрерывные цепи в виде вытянутых групп длиной несколько десятков километров. Торфяные месторождения второй и третьей надпойменных террас Клязьмы в большинстве случаев верховые, но довольно много переходных. По занимаемой площади выработанных торфяных месторождений район находится на четвёртом месте.

Процессы осушения и разработки торфяных месторождений, процесс добычи торфяного сырья подчинены природным законам, проявление которых зависит от природных условий болотной биогеоценотической системы. С одной стороны, это согласованный механизм взаимодействия природной и техногенной составляющих, с другой – процесс нарушения естественной генетически унаследованной взаимосвязи природных компонентов окружающей среды. Нарушение наблюдается как при осушении (изменяется водный режим не только самого торфяного месторождения, но и прилегающих территорий), так и при разработке и добыче (преобразование природной системы в природно-техногенную). В процессе добычи торфяного сырья по существующим технологиям формируется новый природно-техногенный комплекс (ПТК) в виде торфяного карьера, природной составляющей которого является измененная болотная биогеоценотическая система. При этом торфяной карьер придает ей новые устойчивые качества (например, пониженный уровень грунтовой воды (УГВ), наличие остаточного придонного торфяного слоя, новый растительный покров и т. д.).

По условиям геоморфологического залегания на территории области преобладают водораздел и пойма. По встречаемости придонного слоя торфа (торфяной почвы) преобладают низинная травяная, низинная древесная и низинная древесно-травяная группы (рис. 2).

Среди подстилающих минеральных отложений преобладает песок. Среднее значение мощности придонного слоя торфа составляет 33,4 см (рис. 3).

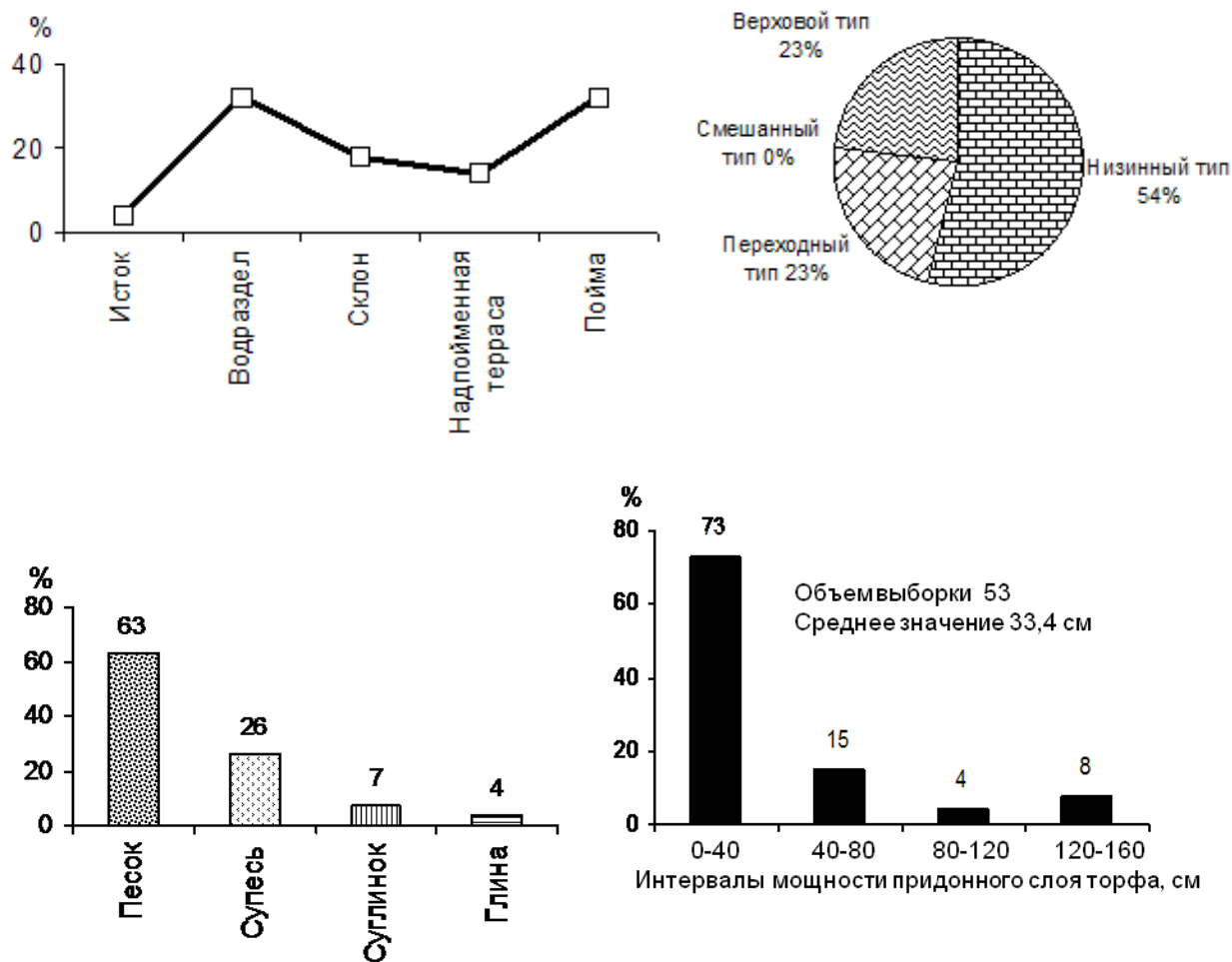


Рис. 2. Условия геоморфологического залегания, относительная встречаемость типов залежей торфяных месторождений и групп придонного слоя торфа (торфяной почвы) [1, 2]

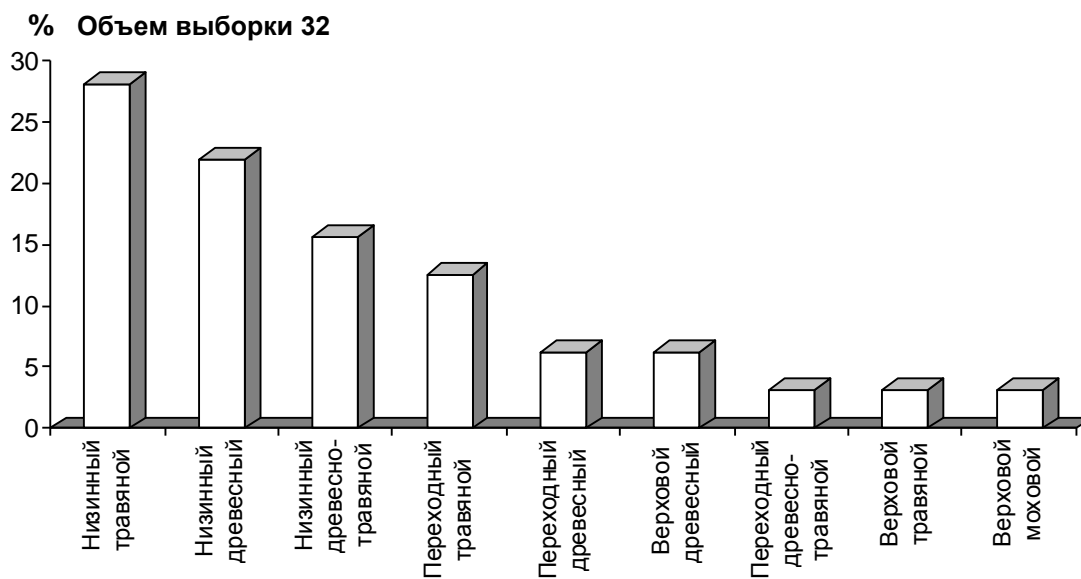


Рис. 3. Статистическое распределение относительной встречаемости разновидностей подстилающих минеральных отложений и мощности придонного слоя торфа

Выделена группа растений-эдификаторов, которая является индикатором среды их произрастания. В растительном покрове выработанных торфяных месторождений растениями-эдификаторами (индикаторами геологической среды) являются: берёза (*Betula*), мятлик (*Poa*), сосна (*Pinus*), ива (*Salix*), осока (*Carex*), вересковые кустарнички (рис. 4).

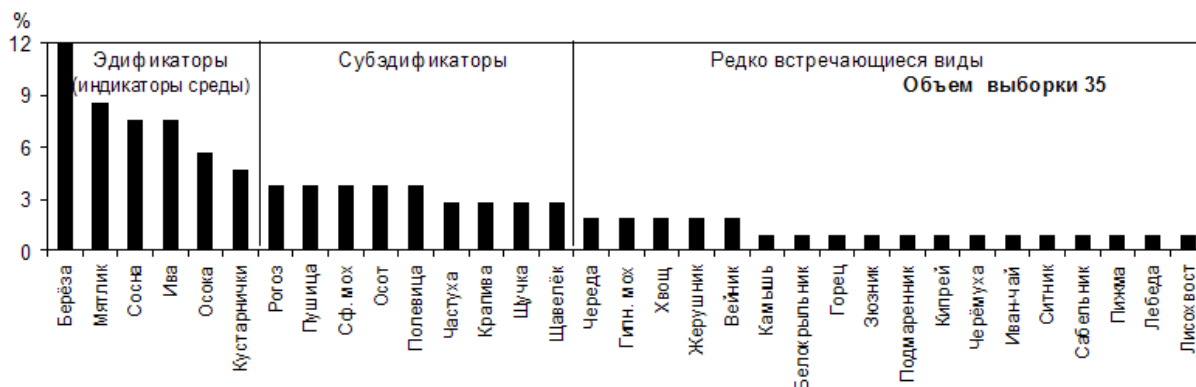


Рис. 4. Состав растительного покрова выработанных торфяных месторождений

Запас придонного слоя торфа в среднем по Владимирской области составляет 63,6 млн м³ (удельный запас 21,9 м³/га при заторфованности территории 0,73 %). Основной запас придонного слоя торфа (торфяной почвы) приходится на II торфяной район (42,7 млн м³).

Для оценки условий залегания и состава торфяных почв (придонный слой торфа) был получен комплекс показателей, отражающих их свойства (см. таблицу).

Качественная характеристика придонного слоя торфа

Местоположение в рельефе	Качественная характеристика придонного слоя торфа (торфяной почвы)					
	pH	CaO, %	N, %	V, %	Al ₂ O ₃ , мг-экв/100 г	H, мг-экв/100 г
Исток	4,4	-	2,3	55,5	-	35,0
Водораздел	3,7	1,3	1,8	23,0	13,3	101,5
Склон	3,8	2,1	1,8	25,0	13,2	65,3
Надпойменная терраса	5,2	4,9	2,0	58,5	10,3	60,0
Пойма	5,0	4,5	2,2	52,9	7,0	52,1

Принцип рационального природопользования должен удовлетворять следующим условиям: достаточно полному использованию добытых природных ресурсов; обеспечению восстановления возобновляемых природных ресурсов. Восстановление болото- и торфообразовательного процесса может быть вызвано избыточным увлажнением поверхности выработанного торфяника [3].

Для дальнейшего использования торфяных и минеральных ресурсов и восстановления выработанных торфяных месторождений требуется дополнительная детальная доразведка, включающая: определение занимаемой площади; формирование разведочной сети по сетке 25×25 м с проведением ручного бурения, механического опробования и определения пониженного УГВ; после полного снятия придонного слоя торфа проведение геологической съемки [3-7].

Внедрение детальной доразведки выработанных торфяных месторождений с полным снятием придонного слоя торфа и последующим частичным снятием слоя подстилающих минеральных отложений удовлетворяет системе рационального природопользования. С одной стороны, решает вопросы рекультивации, с другой – обеспечивает дополнительное извлечение и получение природного сырья, что приводит к последующему естественному возобновлению болото- и торфообразовательного процесса за счет созданного избыточного увлажнения выработанной площади. Делает более привлекательным торфяной бизнес и обеспечивает устойчивое развитие регионов.

Библиографический список

1. **Макаренко Г. Л.** Геологическая природа болот: науч. монография. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2009. 163 с.
2. **Тюремнов С. Н.** Торфяные месторождения. М.: Недра, 1976. 488 с.
3. **Макаренко Г. Л., Тимофеев А. Е., Макаренко А. Г.** Способ естественного возобновления болото- и торфообразовательного процесса при разработке торфяных месторождений: патент № 2360119: МПК E21C41/32 (2006.01) 29.06.2009 . 7 с.
4. **Макаренко Г. Л., Кукушкина Е. Е.** Развитие концепции геосистемной оценки торфяных месторождений и выбор приоритетных направлений их рационального использования // Проблемы и пути развития российской провинции: науч. монография. В 5 ч. Ч. I. Экономика и управление / под общ. ред. Л. Н. Семерковой. Пенза: РИО ПГСХА, 2010. С. 140-152. (272 с.)
5. **Макаренко Г. Л., Яконовская Т. Б., Тимофеев А. Е.** Технологические, экологические и экономические аспекты комплексного освоения торфяных месторождений // Информационно-аналитический журнал «Торф и бизнес». М., 2008. № 4 (10). С. 17-26.
6. **Макаренко Г. Л.** Природные условия залегания выработанных торфяных месторождений Тверской области // Вестник Тверского гос. ун-та. Тверь: Изд-во ТГУ, 2008. Вып. 9. С. 61-66.
7. **Макаренко Г. Л., Овчарова Н. В.** Геосистемная оценка условий залегания выработанных торфяных месторождений Тверской области // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. Вып. II (18). С. 322-330.

Раздел III. УГЛЕПЕТРОГРАФИЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ

УДК 622.411.333:66.081:547.211:(553)

В. В. Кирюков, В. Н. Новикова

Санкт-Петербургский государственный горный университет

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОНЕЦКИХ УГЛЕЙ И УСЛОВИЯ ЕЁ ФОРМИРОВАНИЯ

Сорбционные свойства ископаемых углей рассматриваются по материалам исследований надмолекулярной структуры углей Донбасса, выполненных авторами при поддержке Программы «Университеты России» методами электронной микроскопии витринита, дифрактометрии и газонасыщения [6].

Геологические условия формирования полостного пространства углей Донецкого бассейна и его роль в метаноносности углей в соотношении с вещественным составом и структурой витринита рассмотрена в статье [6] как физическое условие, связанное с углеобразованием и метаногенерацией, метанонасыщением и миграцией метана [2, 5, 10-12]. Процессы газогенерации в витрините проходят на уровнях молекулярном и надмолекулярном.

Уплотнение молекулярной структуры углей, вызванное метаморфизмом, сопровождается их сжатием и усадкой с одновременным отделением метана, образованием полостей и проявлениями сорбционных свойств, формируется динамическая устойчивая система «влага – метан – уголь». В не разгруженных от горного давления угольных пластах сорбционные и газофльтрационные свойства определяются составом, структурой и распределением макромолекул угля и их соотношением с порами и напряжённым состоянием, изменяющимся с погружением угольных пластов.

Повышение давления с глубиной сжимает поры, изменяет их более крупные размеры интенсивнее по сравнению с мелкими, а объем наиболее мелких пор практически не изменяется. Пористость угольного пласта с углями одной стадии на одинаковой глубине изменяется незначительно и постепенно в направлении тренда метаморфизма. В настоящее время сосуществуют и используются две теории метаногенерации (табл. 1), в которых определённое, но неодинаково оцениваемое место занимает сорбция метана углем.

Сопоставление основных положений теорий – метастабильного состояния угля в процессах углеобразования и метаногенерации и теории твердых растворов метана в углях

Основные категории процесса метаногенерации	Теория метаногенерации в метастабильной системе метаморфизма углей	Теория твердых растворов метана в ископаемых углях
Метан в угольном веществе - витрините		
Источник угольного метана	Уголь угольного пласта	Уголь пласта и вмещающих пород
Развитие во времени	Непрерывный процесс, выраженный в стадиях углеобразования	Процесс насыщения полостного пространства углей при миграции метана
Термодинамические факторы	Развитие внутреннего и геостатического давления, внутренняя и свободная энергия	Энергия геостатического и геотектонического давления
Вещественно-структурный баланс	Метан за счет изменения углеродводородных отношений, удаление кислорода - неясно	Метан - инородное вещество в угольной матрице
Роль структуры угля	Структура угля – следствие метанообразующих процессов	Структура угля –местилище метана
Метан как составная часть угольного пласта		
Источник метана	Метан за счёт собственных углерода и водорода	Метан как собственный, так и пришлый
Метаноносность	На одной стадии определяется степенью диспергирования и горно-геологическими условиями	Метаноносность, геотектонические, геодинамические, горно-геологические условия
Баланс метаноносности	Метан, сгенерированный в процессе углеобразования за вычетом эмиграции из угольного пласта	Принятый метан, количество которого определено коллекторскими свойствами и давлением
Метановый коллапс	Типовое явление на начальной фазе всех стадий углеобразования -метаногенерации	Экстремальное явление – следствие геотектонических процессов
Миграция метана	Эндомиграция на всех уровнях и экзомиграция в углях средней стадии. Диффузия в углевмещающей толще. Роль геодинамических процессов значительная	Перекрыстная миграция (в пласт и из пласта) определяется геодинамическими процессами формирования угленосной формации
Газодинамические явления	Нелинейное развитие процессов метаногенерации и геодинамических условий в природных и геотехнологических процессах	Сочетание надкритических параметров газоносности, геодинамических и горно-геологических процессов

Размеры пор по соизмеримости со структурными элементами надмолекулярной структуры и особенности их морфологии, количество пор, их распределение в витрините, т. е. поровое пространство углей рассматривается как их строение. Системы вторичных микроструктур – расслоения, послойного дробления, внутрислойного расчленения, трещинообразования и дробления. Нижний предел развития трещин по наблюдениям в РЭМ – это надмолекулярные агрегаты. Разрушение угля и трансформация его строения при действии внешних нагрузок от 16 до 200 МПа происходит в несколько этапов: образование сети микротрещин, переориентировка, уплотнение микроблоков и образование их новых границ [2, 5, 6]. Общая пористость каменных углей малой и средней стадии метаморфизма уменьшается по мере увеличения их метаморфизма (до жирных углей), стабилизируется на коксовых, а затем при дальнейшем его росте вновь повышается, достигая максимума у слабометаморфизованных антрацитов. Природные микропористость и трещиноватость углей (в интервале поперечников пор $10^{-3} - 10^{-6}$ м) также зависят от их метаморфизма и изменяются по параболе, имеющей максимум в области углей средней стадии метаморфизма. Аналогичная зависимость характерна и для величины метаноносности углей.

Сорбционные свойства ископаемых углей. В. И. Ермаковым, Г. Д. Лидиным, И. Л. Эттингером и др. было доказано, что преобладающая часть метана в углях находится в сорбированной форме [2, 9, 11]. В последнее время А. Т. Айруни, А. Д. Алексеев и др. предположили, что большая часть метана находится в виде твёрдых растворов в угле [3, 9]. Однако более вероятно участие метана в составе метастабильно изменяющегося угля в виде сорбированной и молекулярно связанной форм [6] (см. табл. 1).

Самопроизвольный процесс связывания (задержания, поглощения, концентрирования) метана поверхностями трещин и пор в углях - сорбция включает адсорбцию (задержание газов развитыми поверхностями раздела фаз) и абсорбцию (задержание сорбированного и кластерного метана в межмолекулярном пространстве угля и в периферических структурах макромолекулы).

Основные показатели сорбции природной системы «влага – метан – уголь» устанавливаются при равновесном давлении метана. Монодисперсный угольный сорбент характеризуется очень узким максимумом на дифференциальной кривой распределения пор, который соответствует их размеру 40-50 мкм. Энергия сорбционной связи в них значительно повышена. При объёмном заполнении микропор молекулы метана в углях абсорбируются и показателем величины сорбции микропор становится их объём. К начальному слою молекул сорбата толщиной в несколько десятков мкм примыкают 10-30 последующих, все менее ориентированных и уплотнённых, удалённых так далеко от сорбирующей поверхности, что силы молекулярного притяжения не способны формировать следующие слои. Для

мезопор и макропор поверхностная сорбция и объемное заполнение пространства поры – типовое явление. Сорбционная емкость угля при наиболее часто встречающемся среднем пластовом давлении метана до 6 МПа, с увеличением температуры на 1°С снижается на 0,23-0,11 м³/т.

Макропоры (100-200 нм) существенного влияния на адсорбцию не оказывают. Микропоры соразмерны и адсорбируемым молекулам, поэтому систему «адсорбент + адсорбат» можно условно отнести к однофазной, так как адсорбционное поле занимает весь объем микропоры, т. е. происходит её объемное заполнение

Изменение структурных параметров микропористых структур свидетельствует о полидисперсности угольного вещества и трансформации его внутренней структуры в процессе сорбции. Интервал давлений от 2 до 2,75 МПа является с энергетических позиций предельным (барьерным), после перехода через который возможно формирование иных микропористых структур, формирование пор прослежено в интервале давлений до 5 МПа.

Размер микропор, составляющих микропористую структуру при повторных насыщениях (вторую), а также их число в 1 г угля меньше, чем у начальной (первой) микроструктуры, но общая сорбционная емкость повышается на 13-15 %.

Структура сорбционного пространства изменяется в результате различных внешних воздействий, что влияет на процесс метановыделения. Для десорбирования необходимо нарушить сорбционное равновесие вокруг порового пространства. Например, при сбросе давления насыщения до 0,1 МПа отделяется свободный газ, который находился в фильтрационном поровом пространстве из каналов различного зияния [10].

Образование второй микросорбционной структуры, состоящей из микропор меньшего размера, чем существующая, происходит при достижении определенной величины равновесного давления насыщения, которое для метана составляет в среднем $P_{кр} > 5$ МПа. Этот диапазон давления является барьерным, преодоление которого приводит к образованию новой микросорбционной структуры угля.

Переход поверхностной сорбции в объемно-слоевую. Объем и площадь «поверхности поры» – величина переменная, обусловленная направленностью вертикальных движений (при погружении – увеличивается давление, происходит нагрузка, при поднятии – снижается давление, происходит разгрузка. Увеличение давления до уровня барьерного предела сопровождается образованием системы закрытых послойных пор, а при увеличении свыше 5 МПа приводит к образованию следующего уровня микропористой структуры [4, 6, 9, 10]. Количественные изменения величин сорбции метана в микропорах переходят в качественные, которые характеризуются образованием новых микропор, формирующих вторичную и последующие структуры сорбционного пространства угольного вещества. В свою очередь, образование новой структуры способствует увеличе-

нию числа вакансий сорбционного объема и возможности его заполнения, что в конечном итоге повышает сорбционную способность угля.

Образование новых пор сопровождается изменением структуры углей и снижением их прочности. Угли средних стадий метаморфизма ($V^{\text{daf}}=36,7-15,1\%$) лучше сорбируют газы, а угли более высоких стадий ($V^{\text{daf}}=16,0-10,6\%$), имея повышенную сорбционную способность, уплотняются.

При газонасыщении угля во время сорбции метана происходит нарастающее увеличение микросорбционного пространства и увеличение количества поглощаемого газа. В этом содержание и обоснование физико-математической модели макроструктуры угольного вещества.

Сорбционные процессы в природном угле и его структура. Уголь изменяется в результате геологических и горно-технологических процессов: «макроскопические» и «микроскопические» изменения вызваны изменением вещественного состава и ультрамикropоровой и микropоровой структуры (с возникновением новых поверхностей и свойств, в т. ч. Сорбционной активности). Сорбционные свойства углей – основной параметр прогноза газообильности шахт и газодинамических явлений (ГДЯ).

В области теоретического описания равновесного процесса сорбции наиболее перспективной является теория объемного заполнения пор (ТОЗМ) [1, 10] или ее более позднее развитие в развиваемой нами теории послойно-объемного заполнения пор.

Процессы в угле, обусловленные изменением давления (нагрузки). Тип развертывания нелинейного процесса развития поры – это характеристика сохранения целостности поры или ее разделение на более мелкие поры, с изменением глубины залегания, т. е. главных геологических фаз метаногенерации. Развитие полостного пространства и сорбции при изменении давления, т. е. с погружением или поднятием угленосной толщи, показано в предложенных авторами моделях этих процессов (рис. 1, 2), проходящих в нелинейной среде (теоретическое обоснование и наименование типа режимов приведено в работе [8]). Процесс с обострением в сокращающемся объеме (поверхности) поры без ее расчленения, если давление меньше критической величины (тип S-режим) (см. рис. 1, а), характерен для условий достижения стабильных характеристических параметров давления. Процесс с обострением в узкой области в условиях деформации и расчленением поры с разбросом максимума давления по новообразованным порам (тип LS-режим) (см. рис. 1, б, в, г) характерен для условий максимального погружения угленосной толщи и превышения критических значений давления. Процессы изменения давления неравновесные в отношении угля, в котором развивается сорбция.

Изменения величины сорбции метана в первичных порах вызывают как качественные, так и количественные (объем) изменения первичной структуры сорбционного пространства и ведут к образованию нового уровня пористости (вторичных пор), формирующих вторичную структуру угля, существующую наравне с ранее сформировавшейся, и т. д.

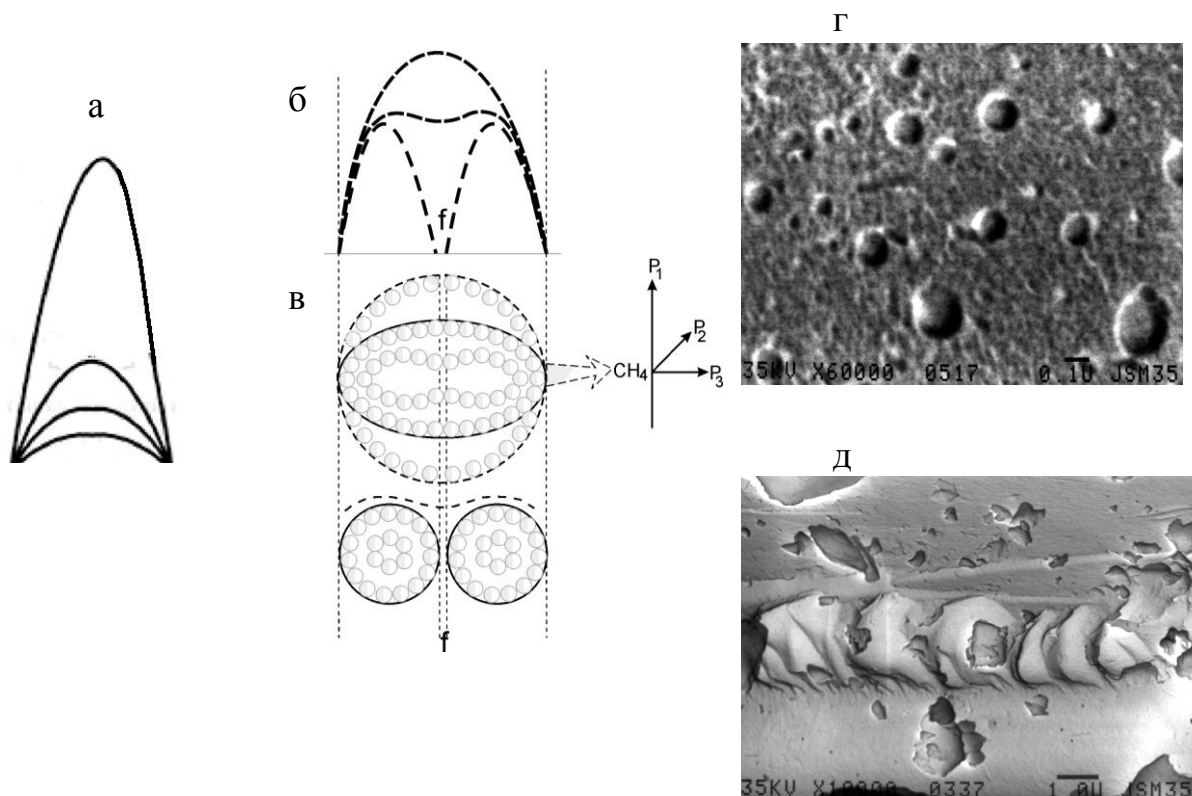


Рис. 1. Кинетическая модель развития полостного пространства поры при приложении нагрузки (доинверсионный этап) в связи с сорбцией молекул метана ископаемым углем. Тип процесса, проходящего в полостном пространстве ископаемых углей: а – общая схема с обострением в сокращающемся объеме; б, в – с обострением в узкой области и разделением поры; f (fracture – разрыв, разделение) – критическая величина (начало разрыва поры); P_1 – давление вкrest наслоения; P_2 и P_3 – давление по наслоению; примеры развития полостного пространства по снимкам растровой электронной микроскопии (РЭМ): г, д – разделение витринита вкrest наслоению

Структурные параметры полостного пространства определяют характер взаимодействия между сорбатом и сорбентом. В этом смысле роль структурных параметров в процессе сорбции должна быть расширена, и их необходимо рассматривать не только как параметры, связанные с геометрическими размерами микропор сорбента, но и как составные элементы геологических факторов, характеризующих наиболее оптимальные условия для сорбции метана на угле данной стадии метаморфизма в конкретных геологических условиях. Определение связи метаноотделения с типом надмолекулярной структуры угля возможно предварительно (до исследований растровой электронной микроскопией - РЭМ) проводить по данным системно-литологического анализа угленосного разреза с разделением угольных пластов по типам систем литогенеза: открытой регрессивной и закрытой трансгрессивной.

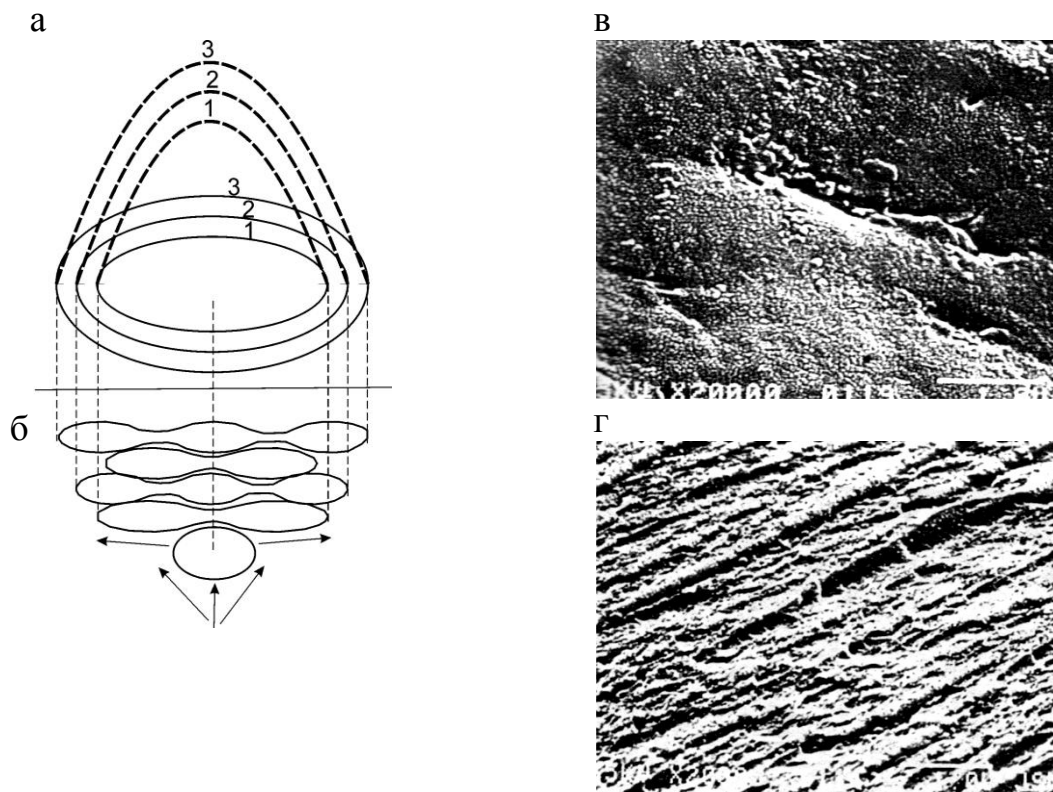


Рис. 2. Кинетическая модель развития полостного пространства системы пор при снятии нагрузки (постинверсионный этап): а – распределение и последовательное прохождение нагрузки: 1, 2, 3; б – последовательность развития системы пор и форма их локализации; в, г – примеры формирования полостного пространства в постинверсионный период по снимкам растровой электронной микроскопии (РЭМ)

Метаноносность и метановыделение. Свободный метан характерен для полостных (поровых и трещинных) ёмкостей в однородном витрините основной массы угля, линз и полос витринита, межслоевых и межфрагментарных первичных и вторичных полостей разгрузки при тектонических и других процессах.

Сорбированный метан менее характерен для углей с перечисленными типами полостного пространства, но больше связан с надмолекулярными ёмкостями межагрегатной (первичной и разгрузки), внутриагрегатной (нормального и нарушенного строения). Кластерная (молекулярно) связанная форма нахождения метана характерна для молекулярной и внутримолекулярной структур (табл. 2).

Связь сорбции и миграции (диффузии) углеводородных газов в угле и в угольном пласте. Миграция метана в ненарушенных агрегатах угля идет по законам равновесной диффузии, ведущей к его равномерному распределению в угле, а в нарушенной окружающей массе – по законам фильтрации свободной газовой фазы по сообщающимся микротрещинам и макропорам. Процесс выделения десорбирующегося метана из объема ненарушенных блоков (надмолекулярных агрегатов) угольного вещества в основном сводится к диффузии. Ненарушенные агрегаты наблюдаются в РЭМ.

**Предварительная оценка распределения форм метана в донецких
углях основных групп метаморфизма (по В. В. Кирюкову
с изменениями, %)**

Форма нахождения метана в углях	Группы стадий метаморфизма		
	2Г-3Г	4Ж,5К,6ОС	7Г-10А
Свободный	20-30	5-10	5-15
Сорбированный	25-45	75-60	25-50
Кластерный	35-35	25-50	25-50

Согласно В. Е. Забигайло, ненарушенным агрегатом (фрагментом) угля можно считать область, не содержащую полостей, размером более 30-40Å.

Ненарушенные агрегаты угля характеризуются показателями: размер ненарушенных агрегатов $d_{\text{аг}}$, число пор $n_{\text{пор}}$, объем пор $v_{\text{пор}}$ и коэффициент диффузии $k_{\text{диф}}$. Эти показатели изменяются по стадиям: 4Ж и 7Г – $d_{\text{аг}} - 6,6 \times 10^{-5}\text{м}$; $n_{\text{пор}} - 4,68 \times 10^9$; $v_{\text{пор}} - 5,5 \times 10^{-7}\text{ м}^3$; $k_{\text{диф}} - (4Ж) - 9,3 \times 10^{-6} - 8,4 \times 10^{-11}\text{ см}^2/\text{с}$, (7Г) – $8,3 \cdot 10^{-6} - 4,3 \cdot 10^{-10}$; 5К – $d_{\text{аг}} - 9,4 \cdot 10^{-5}\text{м}$; $n_{\text{пор}} - 13,26 \times 10^9$; $v_{\text{пор}} - 5,5 \times 10^{-7}\text{ м}^3$; $k_{\text{диф}} - 8,3 \times 10^{-6} - 4,3 \times 10^{-10}\text{ см}^2/\text{с}$. Доля диффузии метана из микропор по отношению к общему объему, диффундирующего из фрагмента угля десорбционного газа, до 30 %. Коэффициент диффузии метана во фрагментах угля с развитыми микропорами на 4-5 порядков больше, чем в фрагментах однородного (без пор), с межмолекулярной сорбцией угля.

Феноменологическая модель миграции метана в углях: диффузия первого рода (фииковская) – с медленной релаксацией сорбента; диффузия второго рода (нефииковская) – быстрее релаксации сорбента (с опережением), применимы в особых геологических условиях. Сорбция и миграция (диффузия и фильтрация) метана в угле происходят одновременно, включая исходную метаногенерацию → отделение кластерной формы → сорбцию с образованием системы «сорбат (измененная угольная матрица и ее окаймление) – сорбент (молекулы метана)» → десорбцию – разрушение системы «сорбат–сорбент», начало фильтрации, выход из ненарушенного агрегата в каналы нарушенного фильтрационного пространства → перемещение и начальная концентрация десорбирующегося метана в фильтрационном пространстве (трещинах и др.) угольного пласта.

Параметры сорбции включают: давление, температуру, «лиофильность» молекул газа и макромолекул угля, проницаемость, энергию процессов отделения, миграцию (диффузию), коэффициент диффузии.

Изменение в угле и его полостное (поровое и трещинное) пространство во времени и пространстве концентрации десорбирующегося метана определяют: равномерная начальная концентрации в угольном фрагменте,

глубина залегания пласта (давление), постоянная концентрация метана. Свойства системы «уголь – трещинный коллектор свободного газа» (стадия 4Ж-6ОС) рассматриваются как свойства аэродинамики сложных систем, т. е. фильтрации.

Газоперенос в угольном пласте неразрывно связан со структурными преобразованиями угля. В ненарушенных геологическими процессами и техногенными воздействиями микроблоках угольных пластов преобладает диффузионный перенос метана.

Тип движения свободных газов в угле и его полостном (поровом и трещинном) пространстве определяется [4, 5, 9, 12] отношением длины свободного пробега молекул газа к величине поперечника газопроводящего канала (числу Кнудсена $K = \lambda/d_T$): при $K \geq 1$ в каналах (порах) поперечником $10^{-5} - 10^{-6}$ м, при давлениях метана менее 0,1 МПа происходит молекулярное течение газа; а при $K \leq 1$ в макропорах и каналах диаметром $10^{-5} - 10^{-3}$ м – фильтрационная миграция течения Пуазейля. При наличии градиента давления молекулы газа в капиллярах движутся по отдельным слоям внутрикапиллярных плёнок независимо друг от друга.

Результаты исследования полостной ёмкости, сорбции и диффузии методами метанонасыщения. На современных глубинах разработки угольных пластов (1000-1200 м) преобладающая часть метана (70-95 %) находится в сорбированном состоянии, природная метаносность углей в значительной мере определяется их сорбционной метаноемкостью.

Сорбционная метаноемкость при $P = 50$ ат исследованных углей закономерно параболически изменяется при метаморфизме в пределах от 5 до 45 см³/г (м³/т) с. б. м. угля, возрастая к антрацитам начальной стадии.

Для маловосстановленного угля одной стадии характерны более высокие значения сорбционной метаноемкости, чем для восстановленного. Различия на одной стадии достигают 5-10 м³/т с. б. м. Следует также иметь в виду, что маловосстановленные угли характеризуются повышенной скоростью метаноотдачи (по сравнению с восстановленными) и преобладающее количество выбросоопасных угольных пластов относится к маловосстановленным [5, 7, 9]. Маловосстановленные угли от Д до 9А-10А на глубинах от 200 м до более 1000 м имеют повышенную метаноемкость. В более восстановленных углях относительная доля тяжелых гомологов (этана и пропана) выше, чем в маловосстановленных (Б. М. Косенко, Е. В. Рогозина). Вопрос о связи интенсивности количества генерируемого метана и восстановленности более сложный и пока однозначного решения не имеет. Более высокая метаносность восстановленных углей вызвана их нахождением в закрытых системах, в которых лучше сохраняется газ, а так как метаногенерация более интенсивна в маловосстановленных углях то в них тоже может быть локальное повышение количества метана, что объясняет склонность этих углей к газодинамическим явлениям.

Заключение. Исследование сорбции донецких углей по метану является основой прогноза ресурсов метана в угольных пластах. Замеры различными способами количества выделяющейся свободной формы метана, используемые в расчётах конкретных газопритоков – из скважин по пластопересечениям или из угольных забоев – с большими погрешностями отражают действительный ресурсный потенциал недр. Определение доли сорбированного метана повысит достоверность определения его ресурсов.

Библиографический список

- 1 **Адсорбенты** / под ред. М. М. Дубинина. М.: Наука, 1982. 196 с.
- 2 **Айруни А. Т.** Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. М.: Наука, 1987. 310 с.
3. **Алексеев А. Д., Василенко Т. А., Синолицкий В. В., Сереброва Н. И., Кирюков В. В., Козлитин А. А., Изотова И. А.** Закрытые поры ископаемых углей // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых / СО АН СССР. 1992. № 2. С. 99-105.
4. **Бобин В. А.** Сорбционные процессы в природном угле и его структура. М.: ИПКОН, 1987. 135 с.
5. **Кирюков В. В., Брижанёв А. М., Очкур Н. П.** Прогноз внезапных выбросов угля и газа по данным электронно-микроскопических исследований // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1994. Вып.4. С. 116-124.
6. **Кирюков В. В., Новикова В. Н.** Наноконпоненты и наноструктуры ископаемых углей // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. Вып.14. С. 172-183.
7. **Новикова В. Н.** Геологические возможности растровой электронной микроскопии (РЭМ) метода исследования углей // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007 г. Вып. I (17). С. 185-193.
8. **Князева Е. Н., Курдюмов С. П.** Основы синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. С-Пб.: Алетейя, 2002. 414 с.
9. **Малышев Ю. Н., Трубецкой К. Н., Айруни А. Т.** Фундаментально-прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Изд-во Акад. горных наук, 2000. С. 519.
10. **Минеев С. П., Прусова А. А., Корнилов М. Г.** Активация десорбции метана в угольных пластах / под ред. С. П. Минеева. Днепропетровск: Вебе (Днепропетровское отд.), 2007. 252 с.
11. **Саранчук В. И., Айруни А. Т., Ковалев К. Е.** Надмолекулярная организация, структура и свойства угля. Киев: Наукова думка, 1988. 192 с.
12. **Эттингер И. Л., Шульман Н. В.** Распределение метана в порках ископаемых углей. М.: Недрa, 1975.

В. С. Савчук, В. Ф. Приходченко, Е. А. Кузьменко
ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СОСТАВУ И КАЧЕСТВУ УГЛЕЙ СЕВЕРНЫХ ОКРАИН ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДОНБАССА

В результате проведения поисково-разведочных работ на территории Северного Донбасса была выявлена угленосная площадь, получившая в дальнейшем название Старобельской [1]. По геологическим особенностям здесь выделены Сватовская и Старобельская перспективные площади, Богдановское и Петровское месторождения.

Промышленная угленосность Северного Донбасса приурочена к свитам C_2^3 - C_2^7 среднего карбона. В толще этих свит залегает около 60 угольных пластов и прослоев, 14 из которых достигают мощности более 0,8 м. Коэффициент угленосности по району в целом невысок, однако по свитам C_2^5 - C_2^7 составляет 0,9-1,9. Большая часть угольных пластов характеризуется мощностью 0,6-1,2 м и простым (реже сложным) строением. Расстояния между пластами, которые оцениваются как рабочие, составляет 50-200 м. Разрез угольных толщ на разных участках площади несколько отличен и представлен пластами: на Богдановском месторождении – h_8 и k_2^H , Сватовской площади – k_2^H и m_3 , Старобельской площади и Петровском месторождении – k_2^H , l_7 , m_3 . Основной рабочий пласт в районе – k_2^H с мощностью, которая достигает 1,5-3,2 м.

Общие запасы и прогнозные ресурсы по данной площади составляют около 15 млрд тонн. Промышленные запасы, утвержденные в ГКЗ, составляют около 2,6 млрд тонн. Общие запасы и прогнозные ресурсы по Старобельскому угленосному району составляют около 17,0 % от запасов каменного угля Украины.

На территории Большого Донбасса выделяют четыре основные угленосные формации: болотно-лагунно-морскую, дельтово-болотно-морскую, аллювиально-болотно-морскую, континентальную озерно-болотную [5]. В северной части Большого Донбасса развита дельтово-болотно-морская формация, геологический возраст которой соответствует свитам C_2^3 - C_2^6 . Эта формация тесно связана территориально и генетически с аллювиально-болотно-морской формацией Центрального Донбасса, но имеет свои особенности, которые позволили выделить ее в отдельный тип. Во-первых, марочный состав углей этой формации соответствует марке Д, которые в данный момент рассматриваются лишь как энергетическое сырье. Это в экономическом отношении ставит ее на порядок ниже формации Центрального Донбасса, которая вмещает полный ряд каменных углей от длиннопламенных до антрацитов и тем самым может обеспечить сырьем более широкий спектр отраслей промышленности. Во-вторых, территория

северных окраин относится к закрытой части Донецкого бассейна, и, соответственно, глубина залегания промышленных пластов угля начинается со 170 м и доходит до 1500 м, что делает возможным эксплуатацию углей лишь шахтами с большими глубинами. Угленосность формации значительно сокращена по сравнению с соседней формацией и представлена лишь несколькими пластами угля рабочей мощности, причем выдержанностью мощности по площади отличается всего один пласт, в отличие от формации Центрального Донбасса, где количество рабочих пластов доходит до 15-105.

Помимо отличительных экономических и горнотехнических условий разработки, между двумя формациями существуют различия генетического характера. Для разреза характерны внутриформационные перерывы с выпадением ряда биостратиграфических зон. Наблюдается большее количество известняков. В целом эта формация представляет собой зону перехода от аллювиально-болотно-морских условий Центрального Донбасса к морским условиям на восточном склоне Воронежской антеклизы и в Московской синеклизе. По степени подвижности фундамента Северный Донбасс занимал в эпоху угленакопления наиболее устойчивое положение. Геотектонические особенности условий формирования торфяников не могли не сказаться на химико-технологических свойствах углей этого региона. В отличие от ранее проведенных работ, когда, согласно рекомендациям [6], изучались отдельные площади угленосного района, нами были обобщены данные по составу и качеству углей Старобельского угленосного района как в целом, так и для отдельных его площадей.

В основу методической базы выполненной работы был заложен системный подход, с помощью которого были обобщены результаты различных отдельных методов. Для повышения эффективности использования данных, полученных в результате проведенных работ, была разработана и применена автоматизированная информационная система по обобщению состава и качества угля [8]. На ее основе была создана база данных, содержащая результаты технического анализа и состава углей по 3200 разведочным скважинам. С помощью этой системы и методов математического моделирования было проведено обобщение исходных данных. Такой подход позволил выявить особенности состава и качества промышленных угольных пластов, обнаружить их латеральные и стратиграфические закономерности изменения.

Особое внимание было уделено основным факторам, которые контролируют свойства углей, а в конечном счете определяют технологическую ценность углей и направление их использования.

Петрографический состав, степень восстановленности и степень метаморфизма относятся к главным критериям, которые контролируют состав и качество угля и определяют направления его использования [3]. Од-

нако до настоящего времени особенности состава и качества углей этого региона были не выявлены.

Макроскопически пласты Старобельского угленосного района представлены чередованием слоев полублестящего и блестящего, реже матового угля. Наиболее матовые его разновидности залегают, как правило, в кровле и почве пластов. Текстура чаще всего неравномерно тонкополосчатая. Блеск полосок витрена тусклый смолистый. Цвет угля в куске черный. Излом неровный, ступенчатый. Форма отдельности пластинчатая, реже призматическая. Минеральные включения представлены тонкими пленками кальцита. Реже встречаются линзы пирита, приуроченные к почве и кровле пласта. Отмечается пиритная минерализация, приуроченная к экзогенным трещинам в виде пленок, ветвящихся прожилков.

Под микроскопом в проходящем свете уголь имеет дюрено-клареновую и клареновую структуру и представляет собой смесь мацералов групп витринита, инертинита и липтинита. Гелифицированное вещество представлено прозрачной основной массой и фрагментами витрена, кsilовитрена и ксилена. Витрен отмечается в виде полос, линз, редко в виде образований неправильной формы. Это преимущественно структурные разновидности, обогащенные смолоподобным веществом. Цвет гелифицированных компонентов красный, буровато-красный до коричневатокрасного. Отличительной чертой мацералов группы витринита является комковатое их строение. В отраженном свете большая часть витринитов пористые с пестрой окраской. Объясняется это тем, что при изготовлении брикетов в мельчайшие поры попадает полировальный порошок, создавая пеструю окраску. Неоднородность таких витринитов хорошо устанавливается и в проходящем свете.

Фюзенизированные компоненты представлены линзами и угловатоокатанными обрывками кsilовитрено-фюзена и витрено-фюзена. Ориентированы они преимущественно по наслоению, но иногда и под углом к нему. В отраженном свете их цвет светло-серый. Часто заметна неоднородная окраска, особенно в структурных разностях. Отмечается более темная окраска по периферии фрагментов и светлая к центру.

Компоненты группы липтинита в проходящем свете чаще всего светло-желтого цвета. Представлены они микроспорами, макроспорами, кутикулой, смоляными телами. Часто встречаются остатки микроспорангиев. Липоидные компоненты иногда имеют расплывчатые контуры вследствие растворения. Цвет их становится оранжевато-красным. В гетерогенных слоях отмечается смолоподобное вещество в виде выделений неправильной формы. Цвет его желтый, оранжево-желтый. В значительных количествах встречаются изогнутые и деформированные остатки листовой паренхимы с окаймляющей их кутикулой. В гетерогенных слоях липоидные компоненты зачастую залегают под углом к наслоению. Споры и кутикула часто деформированы.

Использование автоматизированной информационной базы данных позволило определить типовой петрографический состав угольных пластов и выявить его изменения как в стратиграфическом разрезе, так и по площади их распространения.

При среднем содержании мацералов группы витринита по Старобельскому угленосному району, равном 78,4 %, по отдельным участкам и месторождениям его количество изменяется от 75,9 до 78,8 %. Средние его значения по пластам приблизительно равные и изменяются в пределах 77,3-80,4 %. Одной из выявленных особенностей группы витринита является то, что она представлена в основном коллинитом, количество которого чаще всего составляет 65-70 %.

Содержание группы семивитринита незначительно и изменяется от 0,2-0,9 %. По отдельным скважинам его значения варьируют в пределах 0,1-6,5 %, составляя в среднем по региону 0,6 %. В некоторых пробах пласта k_2^H Богдановского месторождения отмечено несколько повышенное содержание мацералов этой группы до 3,0-6,5 %. Средние значения его содержания по пластам составляют (%): $h_8 - 0,2$, $k_2^H - 0,9$, $l_7 - 0,6$, $m_3 - 0,7$.

Группа инертинита занимает второе место по распространению и составляет в среднем по региону 11,1 %. По отдельным скважинам его содержания колеблются в пределах от 2,0 до 23,0 %, при средних значениях по пластам (%): $h_8 - 8,1$, $k_2^H - 10,7$, $l_7 - 12,6$, $m_3 - 12,9$. В пределах участков его значения изменяются от 8,9 до 13,3 %. Среди микрокомпонентов этой группы преобладают фюзинит (5,0 %) и микринит (3,1 %). На долю семифюзинита приходится в среднем 2,1 % а инертодетринита – 0,6 %. Макринит и склеротинит фиксируются в единичных пробах и в незначительных количествах, составляя в среднем 0,2 и 0,1 % соответственно.

Среднее содержание мацералов группы липтинита по региону не намного меньше содержания группы инертинита и составляет 9,9 %. По отдельным скважинам его количество колеблется в пределах от 1,0 до 23,5 %, при средних значениях по пластам (%): $h_8 - 11,3$, $k_2^H - 10,6$, $l_7 - 8,7$, $m_3 - 9,1$. Для отдельных участков его средние значения изменяются в пределах 7,5-12,0 %. Группа липтинита представлена в основном оболочками микроспор (6,6 %) и кутикулой (2,6 %). В небольшом и равном количествах присутствуют смоляные тела и обрывки микроспор (0,3 %). Следует отметить присутствие, хотя и в небольшом количестве, альгинитового вещества (0,1 %). В отдельных слоях пластов его количество достигает 0,5 %.

К особенностям петрографического состава углей следует отнести:

- существенное преобладание в группе витринита коллинита над теллинитом;
- комковатое, пористое строение компонентов группы витринита;
- красновато-бурые цвета компонентов группы витринита;
- преобладание в составе группы инертинита фюзинита, при несколько повышенном содержании микринита;

- наличие неодинаково фюзенизированных фрагментов с обломанными неровными краями и ориентированных под разными углами к наслоению;
- наличие альгинитового вещества и несколько повышенное содержание кутинита и резинита;
- расплывчатые края мацералов группы липтинита, неодинаковый их цвет и залегание под углом к напластованию;
- цвет гелифицированного вещества служит основным петрографическим критерием степени восстановленности углей;
- пониженное содержание группы витринита и повышенное содержание групп липтинита и инертинита по сравнению с петрографическим составом среднекарбоновых углей открытого Донбасса.

Были установлены площадные изменения в типовом петрографическом составе угольных пластов. С северо-запада на юго-восток увеличивается содержание мацеральных групп витринита и инертинита, а количество группы липтинита уменьшается. Исключение составляет Богдановское месторождение, угли которого отличаются от петрографического состава углей Старобельского угленосного района повышенным содержанием мацеральной группы липтинита и пониженным – инертинита. Выявлено, что в стратиграфическом разрезе в целом от нижних пластов к верхним содержание мацеральных групп витринита и липтинита уменьшается, а количество группы инертинита увеличивается.

По методике И. В. Еремина [3] уголь пласта h_8 относится к средневосстановленной группе, уголь пласта k_2^H к средне- и маловосстановленной группе, а уголь пластов l_7 и m_3 – к маловосстановленной группе. По цвету гелифицированного вещества уголь всех пластов относится к мало- и средневосстановленной группе.

Согласно петрографической классификации ВСЕГЕИ [2], уголь Северного Донбасса представлен классом гелитолитов, в котором подкласс гелитов (80,2 %) значительно превышает подкласс гелититов (19,8 %). Среди петрографических типов преобладают липоидо-фюзенито-гелиты (64,9 %), липоидо-фюзенито-гелититы составляют 15,3 %, фюзенито-гелиты – 12,6 %, липоидо-гелититы – 2,7 %, фюзинито-гелититы и липоидо-гелиты занимают по 1,8 %, около 1,0 % составляет тип гелитов.

Согласно петрографической классификации Ю. А. Жемчужникова [2], угли сложены тонкопереслаивающимися слоями кларенового, дюрено-кларенового и изредка кларено-дюренового угля.

Стадии и классы метаморфизма определены по значениям показателей отражения витринита в соответствии с ГОСТ 21489-76.

Показатель отражения витринита (R_o , %) углей основных пластов изменяется в интервале 0,38-0,62 % и в среднем по пластам составляет (%): h_8 – 0,5, k_2^H – 0,48, l_7 – 0,47, m_3 – 0,42. По значениям этого показателя уголь пласта h_8 относится к 10-му классу метаморфизма и находится на I стадии

метаморфизма, пластов k_2^H , l_7 и m_3 – к 03-му классу метаморфизма и находится на O_3 стадии метаморфизма. По отдельным значениям показателя ($R_o < 0,40\%$ и $R_o > 0,50\%$), уголь пластов k_2^H и m_3 относится к 02-му классу метаморфизма и находится на O_2 стадии метаморфизма и 10-му классу и I стадии метаморфизма соответственно. Анализ стратиграфических закономерностей изменения показателей отражения витринита позволил сделать вывод, что по всем разрезам происходит понижение показателей отражения вверх по разрезу.

Общей закономерности изменения значений показателя отражения витринита по площади распространения всех пластов не установлено. Можно отметить некоторые особенности его изменения по каждому пласту отдельно:

- для пласта h_8 показатели отражения витринита достаточно стабильны по площади, с локальной зоной уменьшения его значений в центральной части площади распространения пласта;
- для пласта k_2^H наблюдается тенденция к увеличению показателей отражения витринита в южном направлении;
- для пласта l_7 тенденция к увеличению величины отражения витринита происходит в юго-западном направлении;
- показатели отражения витринита угля пласта m_3 в центральной части площади распространения пласта минимальные и увеличиваются в юго-западном и северо-восточном направлениях.

Отсутствие закономерностей в изменении величины отражения витринита по площади распространения пластов связано с генетическими особенностями углей района. Прежде всего, следует отметить, что более восстановленные угли характеризуются меньшими значениями этого показателя, по сравнению с менее восстановленными углями. Например, величина отражения восстановленного витринита пласта k_2^H на Богдановском месторождении изменяется в пределах 0,33-0,47 %, составляя в среднем 0,39 %. Маловосстановленные разности витринита характеризуются более высокими значениями этого показателя, изменяющимися в пределах 0,42-0,51 %, при среднем значении – 0,46 %. Существенное влияние на значения этого показателя оказывает также неоднородность фрагментов гелифицированного вещества, наличие липоидного вещества, инкрустирующего стенки клеток. Особо следует отметить присутствие в изучаемых углях такого мацерала как альгинит. Его наличие, даже в незначительных количествах, существенно снижает значения величины отражения витринита [7].

Основные технологические показатели, которые были изучены в процессе исследования: влагоемкость максимальная (W_{max} , %) и влага аналитическая (W^a , %), зольность (A^d , %) и химический состав золы, сернистость (S_t^d , %), выход летучих веществ (V^{daf} , %), теплота сгорания угля, высшая удельная и низшая на рабочее топливо (Q_s^{daf} и Q_i^r , МДж/кг).

Влагоемкость максимальная в среднем по региону составляет 15,2 %. По отдельным скважинам ее содержание колеблется в пределах 4,0-28,3 %, средние значения по основным пластам (%): $h_8 - 17,5$, $k_2^H - 14,5$, $l_7 - 14,3$, $m_3 - 12,7$. Влага аналитическая в среднем по региону составляет 7,9 %, по отдельным скважинам варьирует в интервале 1,0-25,0 %, средние значения по основным пластам (%): $h_8 - 8,0$, $k_2^H - 7,5$, $l_7 - 8,2$, $m_3 - 7,9$.

Анализ изменения показателей влажности аналитической и влагоемкости максимальной позволил сделать следующие выводы:

- среднепластовые показатели влагоемкости максимальной снижаются вверх по разрезу от пласта h_8 к пласту m_3 . Для показателей влаги аналитической закономерности стратиграфических тенденций не выявлено;
- наибольшей изменчивостью показателей влагоемкости максимальной и влаги аналитической характеризуется пласт k_2^H ;
- показатели влагоемкости максимальной и влаги аналитической пласта k_2^H , залегающего на территории Богдановского месторождения, существенно выше показателей влагоемкости этого пласта, залегающего на других площадях Северного Донбасса;
- более детальное изучение изменения этих показателей по площади распространения пласта k_2^H выявило повышение их значений по мере приближения к зоне размыва пласта и его замещения песчаником.

Зольность угольных пачек в среднем по региону составляет 14,9 %, по отдельным скважинам ее значения изменяются в широких интервалах – от 1,0 до 50,7 %, средние значения по основным пластам (%): $h_8 - 13,8$, $k_2^H - 14,9$, $l_7 - 15,0$, $m_3 - 15,8$. Зольность с учетом засорения в среднем по региону составляет 15,7 %. По отдельным скважинам ее значения изменяются также в широких интервалах – от 3,2 до 75,9 %. Средние значения по основным пластам (%): $h_8 - 15,7$, $k_2^H - 19,9$, $l_7 - 13,4$, $m_3 - 14,4$.

Анализ средних значений и частотного распределения позволил сделать следующие выводы:

- наибольшей изменчивостью показателей характеризуется зольность угля пласта k_2^H . Несмотря на значительное распространение пласта, граничные показатели характерны для одной площади, а именно той части пласта, которая залегает в пределах Богдановского месторождения;
- во всех пластах преобладают показатели зольности угольных пачек в частотном диапазоне 10-15 %. В среднем около 62-75 % керновых проб угля характеризуется зольностью до 15 %;
- во всех пластах преобладает средnezольный уголь с показателями зольности в интервале 8-16 %;
- наименьшей пластовой зольностью характеризуется уголь пласта l_7 , что подтверждается как низкими средними ее значениями, так и гистограммами частотного распределения показателей зольности. Для этого

пласта характерна наибольшая процентная доля среднезольного угля (82 %). Уголь с зольностью до 15 % занимает 75 % угля пласта;

- показатели зольности угля пластов h_8 и m_3 близки по частотному распределению и распределению по группам зольности. Процентная часть среднезольного угля составляет 68-69 %, а уголь с зольностью до 15 % – около 63 %. Присутствие единичных показателей повышеннозольного угля для пласта m_3 обусловило несколько большее среднепластовое значение зольности в сравнении с пластом h_8 ;

- наиболее зольным является уголь пласта k_2^H . Наличие большого количества повышенно-зольных и высокозольных углей на всех площадях региона, низкая по региону процентная часть среднезольного угля (57,0 %) и количество угля с зольностью до 15 % – около 62 % обусловили такие показатели средней зольности по пласту;

- зольность угольных пачек закономерно увеличивается в стратиграфическом разрезе, изменяясь от 13,8 (h_8) до 15,8 % (k_2^H).

Химический состав золы угля представлен диоксидами кремния и титана, оксидами алюминия, железа, кальция, магния, калия, натрия, фосфора и триоксидом серы. Установлено, что содержание двуоксида кремния, оксидов алюминия и калия постепенно уменьшается вверх по разрезу: их содержание в золе угля пласта h_8 (свита C_2^3) является максимальным и вдвое превышает содержание в золе угля пласта m_3 (свита C_2^7). Содержание оксида кальция, магния и триоксида серы увеличивается вверх по разрезу и достигает максимальных значений в угле пласта m_3 . Также тенденция к увеличению вверх по разрезу характерна для содержания оксида железа: зола углей пластов верхних свит, l_7 и m_3 , содержит оксида железа более чем в 1,5 раза больше, чем пласты нижних свит k_2^H и h_8 (см. таблицу).

По площади распространения пластов с северо-запада на юго-восток в химическом составе золы отмечается повышение содержания оксидов кремния, кальция, магния и натрия.

Выявлены геохимические ассоциации золообразующих компонентов:

- для золы углей всех пластов характерно наличие устойчивой положительной корреляционной зависимости между оксидом кальция и триоксидом серы;

- содержание оксида железа в золе углей всех пластов имеет отрицательную связь со всеми другими составляющими золы и с показателями зольности угля;

- для оксидов натрия, магния и фосфора не обнаружено устойчивых зависимостей с другими компонентами химического состава золы угля;

- для золы угля пластов верхних свит, l_7 и m_3 , устойчивые положительные корреляционные зависимости прослеживаются между диоксидом кремния, титана, оксидами алюминия и калия;

Химический состав и тип золы углей Старобельского района и Центрального Донбасса

Химический состав золы, %	Синонимика пластов				Старобельский угленосный район	Донбасс
	h ₈	k ₂ ^H	l ₇	m ₃		
SiO ₂	41,1	32,6	19,9	19,2	28,1	40,0
Al ₂ O ₃	21,3	13,1	11,9	9,6	14,0	19,5
Fe ₂ O ₃	19,3	22,5	34,7	33,6	27,5	25,9
TiO ₂	0,0	0,4	0,4	0,3	0,3	-
CaO	5,7	12,1	11,6	13,2	10,7	5,2
MgO	1,3	1,8	1,9	1,9	1,7	1,4
SO ₃	5,5	13,1	15,2	18,2	13,0	4,6
K ₂ O	1,4	1,2	0,8	0,8	1,1	1,7
Na ₂ O	4,3	3,0	3,3	3,0	3,4	1,3
P ₂ O ₅	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
Тип золы [4]	Кремнистая	Железистая	Железистая	Железистая	Железистая	Кремнистая

- для золы пласта k₂^H отмечено отсутствие связи между содержанием диоксида кремния и оксидов алюминия, в то время как показатели их содержания имеют аналогичные связи с другими оксидами: положительные с диоксидами титана и оксидами калия и отрицательные с оксидом кальция и триоксидом серы;

- для золы угля пласта h₈, кроме отсутствия взаимосвязи между содержанием диоксида кремния и оксидов алюминия, теряется также их положительная связь с диоксидами титана и оксидами калия и наблюдаются только отрицательные связи с оксидом кальция и триоксидом серы;

- содержание оксидов железа по всем пластам положительно коррелирует с показателями сернистости;

- для золы угля пласта l₇ содержание двуоксида кремния и титана, оксидов алюминия и калия положительно коррелирует с показателями зольности угля и отрицательно – с показателями низшей удельной теплоты сгорания с коэффициентами корреляции средней значимости. Содержания оксидов натрия и триоксида серы – наоборот, отрицательно коррелируют с показателями зольности угля и положительно – с показателями низшей удельной теплоты сгорания с коэффициентами корреляции средней значимости;

- для золы угля пласта m₃ устойчиво проявляется корреляция между содержанием глинистых минералов и оксидом алюминия, титана и калия. Также для золы угля этого пласта прослеживается высокая корреляционная связь между содержанием минеральных примесей и содержанием кальция.

Химический состав золы углей Старобельского угленосного района имеет своеобразное сочетание золообразующих компонентов и отличается от химического состава золы среднего карбона Донбасса. Их особенностью является повышенное содержание Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O и пониженное SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O (см. таблицу). Выявлено существенное отличие химического состава золы углей Богдановского месторождения. По сравнению с усредненным составом золы Старобельского угленосного района они характеризуются повышенным содержанием диоксида кремния и оксида натрия, и пониженным – оксида железа. Согласно действующей классификации, зола угольных пластов Сватовской, Старобельской угленосных площадей и Петровского месторождения относится к железистому типу, а Богдановского месторождения – к кремнистому типу (см. таблицу).

Сернистость в среднем по региону повышена и составляет 3,5 %, по отдельным скважинам ее значения изменяются в широких интервалах – от 0,2 до 12,1 %, средние значения по основным пластам (%): h_8 – 3,0, k_2^H – 3,2, l_7 – 4,4, m_3 – 4,6.

Анализ распределения и изменения показателей сернистости по площадям и разрезам позволил сделать следующие выводы:

- по содержанию общей серы изучаемые угли, за исключением углей Богдановского месторождения, относятся к многосернистым и высоко-сернистым группам;

- выделяются две генерации серы: первичная (седиментация и диагенез) и вторичная – постдиагенетическая;

- пласты характеризуются различным сочетанием генераций серы. В пласте k_2^H преобладает первичная генерация серы, а в пласте l_7 – вторичная. Пласт m_3 характеризуется наличием как первичной, так и вторичной генераций серы;

- угли Петровского и Богдановского месторождений отличаются по соотношению пиритной и органической серы, которое выявлено для углей Донецкого бассейна;

- площадные закономерности изменения содержания серы в значительной степени зависят от распространения генераций серы в угольных пластах;

- на Сватовской площади наблюдается стабильное содержание серы по пластам, на Старобельской площади и Петровском месторождении – постепенное повышение содержания серы вверх по разрезу. Для Богдановского месторождения характерно резкое снижение содержания серы от нижнего пласта h_8 к верхнему пласту k_2^H ;

- в целом в стратиграфическом разрезе, от пласта k_2^H к пласту m_3 , увеличивается содержание общей серы и степень ее изменчивости.

Выход летучих веществ по региону в среднем составляет 43,7 %, по отдельным скважинам значения колеблются от 32,0 до 58,9 %, средние значения по основным пластам (%): h_8 – 43,7, k_2^H – 44,4, l_7 – 41,8, m_3 – 43,1.

Стратиграфических закономерностей в изменении этого показателя не выявлено. Объясняется это влиянием на значения выхода летучих веществ степени восстановленности углей и их петрографического состава.

Анализ усредненных показателей выхода летучих веществ и частотного их распределения позволяет сделать следующие выводы:

- наибольшей изменчивостью и высокими средними показателями характеризуется уголь пласта k_2^H ;

- для угля пластов k_2^H и m_3 характерен схожий характер частотного распределения показателей с преобладанием в количественном отношении показателей в интервалах 42-44 % и 40-42 %;

- распределение показателей по углю пласта h_8 имеет схожий характер с максимальным количеством показателей в диапазоне 44-46 % и 44-42 %;

- несколько пониженное среднепластовое значение выхода летучих веществ углей пласта l_7 объясняется низкой степенью его восстановленности.

Высшая теплота сгорания угля (Q_s^{daf} , МДж/кг) в среднем составляет 30,4, по отдельным пластопересечениям варьирует от 23,6 до 34,0, средние значения по основным пластам (МДж/кг): h_8 – 31,6, k_2^H – 29,6, l_7 – 28,9, m_3 – 31,3. Низшая удельная теплота сгорания (Q_i^r , МДж/кг) колеблется от 16,2 до 25,7, при среднем значении 22,1, средние значения по основным пластам (МДж/кг): h_8 – 22,0, k_2^H – 22,2, l_7 – 21,8, m_3 – 22,3.

Анализ изменения показателей по разрезам позволил сделать следующие выводы:

- наибольшей изменчивостью показателей, как высшей удельной, так и низшей теплоты сгорания угля, характеризуется уголь пласта k_2^H ;

- средние значения показателей для всех пластов находятся в не-большом интервале и характеризуются близкими значениями;

- показатели пластов k_2^H и l_7 имеют значения ниже среднего, а показатели пластов h_8 и m_3 – выше среднего;

- высшая теплота сгорания угля всех пластов имеет прямую зависимость от глубины залегания пласта.

По классификации, которая действует в странах СНГ (ГОСТ 25543-88), уголь всех пластов относится к каменному, марке Д, подгруппе длиннопламенного витринитового.

В соответствии с Государственным стандартом Украины ДСТУ 3472-96, уголь пластов каменный и классифицируется как уголь марки Д.

В соответствии с Международной системой кодификации ISO 11760, уголь пластов относится к среднему рангу (каменному углю). В этой классификации углей в пластах главным критерием, с помощью которого в первую очередь разграничивается уголь, является показатель отражения витринита (R_o , %). Согласно его значениям, угли пластов m_3 и l_7 относятся к суббитуминозным углям низкого разряда, подкатегории А (Low-rank А (subbituminous coal)). Угли пластов k_2^H и h_8 частично классифицируются

как суббитуминозные низкого разряда, подкатегории А (Low-rank А (subbituminous coal)) – 40 и 30 % соответственно и битуминозные угли среднего разряда, подкатегории D (Medium rank D (bituminous D)), – 60 и 70 % соответственно. Согласно классификации по петрографическому составу, уголь всех пластов относится к группе с умеренно высоким количеством витринита (Moderately high vitrinite). По классификации по зольности угли пластов относятся к средней категории.

Выявленные региональные и локальные особенности изменения качества углей имеют не только научное, но и большое практическое значение, поскольку дают возможность более точно прогнозировать поведение углей в тех или иных технологических процессах.

Таким образом, в результате проведения работ был сделан вывод, что угли Северных окраин восточной части Донбасса существенно отличаются по составу и качеству от одновозрастных углей Донецкого бассейна. Главной генетической особенностью этих углей является первичная их окисленность, вызванная условиями накопления и превращения органического вещества. Выявленные и описанные нами отличия углей подтверждают справедливость и обоснованность их отнесения к самостоятельной угленосной формации.

Библиографический список

1. **Белоконь В. Г.** Новые месторождения каменных углей Северного Донбасса // Уголь Украины. 1974. № 2. С. 1-4.
2. **Гинзбург А. И. и др.** Петрографические типы углей СССР. М., 1975. 247 с.
3. **Еремин И. В., Броновец Т. М.** Марочный состав углей и их рациональное использование. М., 1994. 254 с.
4. **Клер В. Р.** Изучение и геолого-экономическая оценка качества углей при геологоразведочных работах. М.: Недра, 1975. 319 с.
5. **Крашенинников Г. Ф.** Угленосные формации Большого Донбасса // Угольные бассейны и условия их формирования. М., 1983. С. 14-23.
6. **Миронов К. В.** Разведка и геолого-промышленная оценка угольных месторождений. М.: Недра, 1977. 253 с.
7. **Савчук В. С.** Влияние вещественно-петрографического состава углей Львовско-Волынского бассейна на изменчивость величины отражения витринита // Науковий вісник НГАУ. 2000. Вып. 4. Днепропетровск: РИКНГА Украины, 2000. С. 41-42.
8. **Савчук В. С.** Опыт применения ПЭВМ для выявления закономерностей изменения состава и качества углей // Геотехническая механика. Днепропетровск, 2000. Вып. 17. С. 297-300.

И. Е. Стукалова¹, В. С. Лебедев²

¹Геологический институт Российской академии наук

²Российский государственный геологоразведочный университет

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ В УГЛЯХ В ПРОЦЕССЕ МЕТАМОРФИЗМА

Введение

Решение энергетических проблем и поиск источников сырья в настоящее время невозможны без использования углеводородного сырья. Актуальной задачей является поиск новых источников углеводородного сырья, среди которых во многих европейских странах называется сланцевый газ. В нашей стране, с огромными запасами бурых и каменных углей, речь может, в первую очередь, идти об извлечении углеводородных газов из углей и пластов угля. Помимо свободных газов в углях присутствуют и сорбированные газы. Извлечение газов из углей и угольных пластов имеет ряд ограничений и связано с множеством проблем, от технических – разработки технологий извлечения газов из углей – до практических – безопасного ведения горных работ.

Актуальной задачей является также выяснение форм нахождения газов в углях.

Формы нахождения углеводородных газов в углях разнообразны, предполагается, что они находятся в свободном, сорбированном, растворенном и газокристаллическом состояниях, при этом существуя в относительном динамическом равновесии. Однако при вскрытии угольных пластов в горной выработке и резком изменении давления в массиве, а также при дроблении угля равновесие нарушается и происходит последовательное выделение углеводородов из углей в соответствии с их сорбционными свойствами. Метан как наиболее подвижный компонент опережает другие, более тяжелые УВ, которые начинают выделяться после истечения из пласта основной доли метана. В результате этих процессов в углях всегда остается некоторое количество углеводородов, которые выделяются из пластов лишь при «жестком» воздействии (механическом или нагревании). Форма нахождения в углях остаточных углеводородов не ясна, и условно назовем их «глубокосорбированные углеводороды» [6].

В настоящей работе особое внимание обращается на сорбированные газы, в частности глубокосорбированные газы (ГСУВ), которые могут выделяться из органической массы углей при температуре выше 200 °С. ГСУВ постоянно присутствуют в углях. Их состав и количество зависят от

многих причин: петрографического состава углей, микроструктуры углей, микропористости и степени их катагенетического преобразования.

В процессе метаморфизма происходит закономерное изменение внутренней структуры органического вещества углей, повышение содержания углерода ($C^{daf}, \%$), уменьшение выхода летучих веществ ($V^{daf}, \%$), увеличение величины отражения витринита ($R_0, \%$) и изменение ряда других показателей качества углей. Перечисленные параметры используются для определения степени постседиментационного изменения углей в процессе метаморфизма. Следствием этого процесса является приобретение углем определенных свойств и качества или марки угля – от бурых (1Б, 2Б, 3Б) до каменных углей (Д, Г, Ж, К, ОС, Т) и антрацитов.

Изменение углей в процессе метаморфизма - сложный процесс, часто сопровождающийся в природных условиях деструкцией и полным или частичным разложением и изменением состава и содержания органической массы и выделением твердой, жидкой и газообразной ее фазы в виде различного состава углеводородов.

Методика работ

В процессе работы были исследованы образцы углей различных марок – от бурых (1Б, 2Б, 3Б), каменных (Д, Г, Ж, К, ОС, Т) и антрацитов (А) из собственной специально подобранной коллекции углей – из разных месторождений и бассейнов углей, в основном Российской Федерации (см. таблицу). Был изучен петрографический состав и определена марка данных углей.

В результате исследований по соответствующей методике [1, 2] был установлен состав и определено содержание, а также установлено соотношение легких и тяжелых углеводородов, которые относятся к разряду не свободных, а глубокосорбированных (ГСУВ), которые могут извлекаться из углей при температуре выше 200 °С.

Для выделения и определения состава глубокосорбированных углеводородных газов был использован метод термической дегазации (ТД) при нагревании до температуры 200 °С (фракция 0,25-0,5 мм) в атмосфере инертного газа и определение состава выделившихся углеводородов [2].

Анализы проводились на газовом хроматографе М-3700, который используется для анализа горючих газов, легколетучих органических соединений в природных и техногенных образованиях. В газовом хроматографе происходит разделение вещества на фракции в зависимости от сорбционных свойств. В качестве газа-носителя используется инертный газ гелий. Применяется метод сравнения с эталонными хроматограммами.

Коллекция углей для выделения глубокосорбированных углеводородных газов

№ п/п	Номер обр.	Характеристика	Бассейн, месторождение	Возраст	Марка
1	1/Ф	Лигнит	Корфовское м-ние, Камчатка, р. Угольная	Неоген	Уголь бурый, 1Б, $R_o = 0,25 \%$
2	26/Б	Уголь бурый зем-листый	Александрийское м-ние, Днепровский бассейн, Украина	Палеоген	Уголь бурый, 1Б, $R_o = 0,26 \%$
3	Ш-№2	Уголь бурый полуматовый	Западно-Щекинское м-ние, шахта № 2, Подмосковский бассейн	Нижний карбон	Уголь бурый, 2Б, $R_o = 0,41 \%$
4	8/С.А.	Уголь бурый матовый	Ангренское месторождение, углеразрез № 1, Средняя Азия	Юра	Уголь бурый, 2Б, $R_o = 0,39 \%$
5	1/В	Уголь твердый, полублестящий	М-ние Билина, Сев. Чехия	Неоген, миоцен	Уголь бурый, 2Б, $R_o = 0,35 \%$
6	1/У	Уголь бурый полуматовый	Новиковское месторождение, о-в Сахалин	Неоген	Уголь бурый, 3Б, $R_o = 0,45 \%$
7	Уголь Д	Уголь каменный	Донецкий бассейн, Южно-Донбасский угл. р-н, ш. Трудовская	Средний карбон	Длиннопламенный, марка Д
8	Уголь Г6	То же	Донецкий бассейн, Южно-Донбасский угленосный р-н	То же	Уголь газовый, марка Г6
9	ПК-95	--/--	Донецкий бассейн, Донецко-Макеевский р-н, шахта им. Засядько, пласт I_1 , гл. 1000 м	Средний карбон, московский ярус	Уголь каменный, марка Ж, жирный, $R_o = 1,12 \%$
10	Уголь Ж21	--/--	Донецкий бассейн, Донецко-Макеевский угл. р-н	Средний карбон	Уголь жирный, марка Ж21
11	ПК-110	--/--	Донецкий бассейн, Донецко-Макеевский р-н, шахта им. Засядько, пласт I_1 , гл. 1000 м	Средний карбон, московский ярус	Уголь каменный, марка КЖ, коксово-жирный, $R_o = 1,20 \%$
12	Уголь, ст. IX, К	--/--	Донецкий бассейн, Донецко-Макеевский угленосный р-н	Средний карбон	Уголь коксовый, марка К
13	Уголь К	Уголь коксовый	Печорский бассейн, Хальмерский угленосный р-н	Пермь	Уголь коксовый, марка К, ст. IX

№ п/п	Номер обр.	Характеристика	Бассейн, месторождение	Возраст	Марка
14	Уголь ОС	Уголь каменный, полублестящий	Донецкий бассейн	Средний карбон	Уголь отошенно-спекающийся, марка ОС, ст. X
15	Уголь Т	Уголь каменный сернистый	То же	То же	Уголь тощий, марка Т
16	ПА	Уголь, полуантрацит	Донецкий бассейн, Чистяково-Снежнянский угленосный р-н, шахта № 222	—/—	Уголь ст. XIII, полуантрацит, марка ПА
17	Н8-600	Уголь антрацит, металлический блеск, крепкий	Донецкий бассейн, шахта им. Лутугина, гл. 600 м, пласт Н ₈ «Фоминский»	—/—	Антрацит (А ₁)
18	Уголь А ₁	Уголь антрацит, металлический блеск, хрупкий	Донецкий бассейн	—/—	Уголь антрацит, марка А ₁ , ст. XV
19	Уголь А ₂	Уголь антрацит, металлический блеск, крепкий	То же	—/—	Уголь антрацит, марка А ₂ , ст. XVI
20	Уголь А ₅	Уголь антрацит, серого цвета, металлический блеск	—/—	—/—	Уголь антрацит, марка А ₅ , ст. XIX

Метод термической дегазации позволяет практически полностью извлекать из углей глубокосорбированные углеводородные газы и определять их состав до протекания процессов пиролиза органических компонентов углей. В результате проведенных работ был выяснен состав глубокосорбированных углеводородных газов от метана до гексана, а также определено их содержание в относительных процентах (рис. 1, 2).

Результаты исследований

Еще раз подчеркнем, что понимание процесса выделения из углей различных углеводородных газов имеет большое научное и практическое значение, так как напрямую связано с решением задач безопасного ведения всех видов горных работ.

Глубокосорбированные углеводородные газы всегда присутствуют в углях, важно определить их состав и процентное содержание. В настоящей работе показано, что содержание и состав глубокосорбированных углеводородов (ГСУВ) зависят от степени их катагенетического преобразования и соответственно марок углей (см. рис. 1, 2).

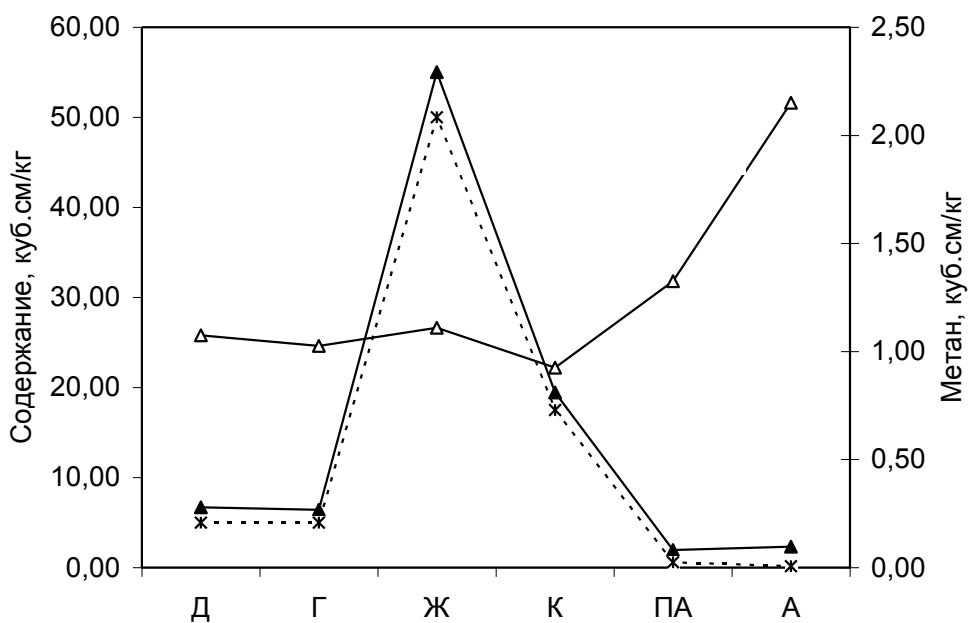


Рис. 1. Содержание глубокосорбированных углеводородов в углях различных марок Донбасса, см³/кг:

1 – сумма углеводородов от метана до гексана; 2 – сумма тяжелых углеводородов от этана до гексана (C₂-C₆); 3 – метан (CH₄)

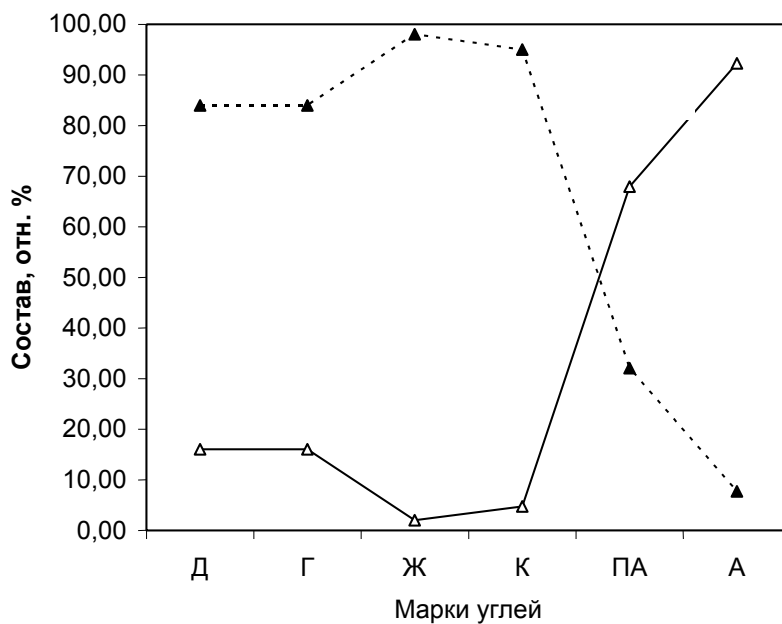


Рис. 2. Относительное содержание метана CH₄ (1) и суммы тяжелых углеводородов от этана до гексана (C₂-C₆) в сумме всех углеводородов, отн. % (2) в углях различных марок Донбасса

Глубокосорбированные углеводородные газы могут играть определенную, до конца не изученную роль, при единовременном резком изменении давления, которое выражается в некоторых местах понижением давления, а в других – единовременным повышением давления и температуры; процессы часто происходят в закрытой системе. При проведении горных работ и деструкции целостности угольного пласта нарушается балансовое равновесие между всеми фазами углеводородов в углях.

В литературе содержатся данные о повышенных и высоких концентрациях тяжелых углеводородов в остаточных углеводородах (ГСУВ) углей [4, 5]. Е. С. Розанцев и Н. П. Таран приводят данные о содержании в газах углей выбросоопасных участков горных выработок до 40-60 % тяжелых углеводородов; газы выделялись из угля при нагревании до 80 °С [4].

И. С. Старобинец с коллегами [5] приводят данные о содержании до 40 % тяжелых углеводородов в сумме углеводородных газов в углях. При этом указывается, что для извлечения газов из углей применялась вакуумная дегазация и нагревание до 200 °С.

В работе Л. А. Трофимова [8] обращается внимание на то, что в свободных газах угольных пластов Донбасса из углеводородов превалирует метан, но практически всегда присутствуют тяжелые углеводороды. Как подчеркивается в обобщающей работе Е. А. Рогозиной, повышенное содержание тяжелых углеводородов в свободных газах угольных пластов повышает пожароопасность угольных шахт [3].

Еще в большей мере это относится к глубокосорбированным углеводородам, в которых доля тяжелых углеводородов еще выше, и они могут быть спусковым механизмом для развития процессов возгорания в угольных шахтах [2].

Для безопасного ведения горных работ необходимо также учитывать петрографический состав и микроструктуру углей, на что неоднократно указывали П. П. Тимофеев и Л. И. Боголюбова [7]. Телинитовая структура углей, они подчеркивали это на примере углей Донбасса и Кузбасса, может способствовать большей концентрации газовых компонентов в углях и в угольных пластах из-за повышенной микропористости углей этого типа. А химический состав углей телинитовой микроструктуры, который характеризуется повышенным содержанием водорода, по сравнению с углями другой структуры (коллинитовыми), также может способствовать образованию или высвобождению метана при стрессовой нагрузке. Поэтому угли телинитовой структуры могут быть более опасны для разработки.

Как показали проведенные исследования, содержание глубокосорбированных углеводородных газов (ГСУВ) в углях различных марок (от Д до А) варьирует в широких пределах. Наиболее высокие содержания глубокосорбированных углеводородных газов установлены в углях марок Ж и К (от 10 до 70 см³/кг). Отмечено, что существенно ниже их содержание в углях марок Д и Г, а также ОС и Т и составляет около 8-10 см³/кг. В антраци-

те отмечено самое низкое их содержание (первые см³/кг). По углеводородному составу ГСУВ существенно отличаются от свободных газов угольных пластов. Отношение $C_1/\sum(C_2-C_6)$ во всех углях, кроме антрацита, варьирует от 0,02 до 0,4. Тяжелые углеводороды в основном представлены пропаном и бутаном. В антрацитах превалирует метан, содержание которого в сумме углеводородов достигает 90-100 отн. %.

В широких пределах в глубокосорбированных углеводородах варьирует отношение предельных ($\sum C_2H_6 + C_3H_8 + C_4H_{10}$) к непредельным ($\sum C_2H_4 + C_3H_6 + C_4H_8$) углеводородам. В глубокосорбированных углеводородах углей марок Д и Г это отношение около 3, в углях марок Ж и К варьирует от 10 до 20, постепенно снижаясь до 2-3 в марках ОС и Т.

На рисунках для примера приведены данные по составу и содержанию ГСУВ в углях Донецкого бассейна из коллекции образцов углей, подробное описание которых приводится в таблице.

Проведенные исследования углей Донбасса показали существенное обогащение глубокосорбированных углеводородов тяжелыми углеводородами по сравнению со свободными газами угольных пластов. В исследованных пробах глубокосорбированных газов установлено присутствие тяжелых углеводородов, до гексана, а в некоторых пробах присутствовали и более тяжелые углеводороды. В исследованных пробах угля Донбасса установлено существенное превышение содержания тяжелых углеводородов (C_2-C_6) над более легким метаном (CH_4), за исключением полуантрацитов и антрацитов, где в составе глубокосорбированных углеводородных газов метан превалирует (см. рис. 1).

На рис. 1 показано содержание в глубокосорбированных углеводородах суммы УВ, суммы C_2-C_6 и метана. Наибольшее содержание суммы УВ и суммы C_2-C_6 установлено в углях марок Ж и К, причем в них наименьшее содержание метана. В целом содержание метана во всех марках углей (кроме ПА и А) низкое, существенно ниже содержания суммы C_2-C_6 . В полуантрацитах и антрацитах содержание метана выше содержания тяжелых углеводородов (ТУВ).

На рис. 2 показано сопоставление относительных количеств метана и тяжелых углеводородов в ГСУВ. Достаточно четко видно, что в сумме углеводородов в углях марок Д, Г, Ж и К отмечается существенное превалирование тяжелых углеводородов над метаном. В полуантрацитах и особенно антрацитах преобладает метан.

Среди глубокосорбированных углеводородных газов (ГСУВ) в углях на высоких стадиях метаморфизма преобладает по содержанию легкий компонент - метан (CH_4), который может выделяться при горных работах в больших концентрациях, опасных для проведения работ. Среди факторов риска называют многие причины: трещиноватость горного массива, глубина залегания угольного пласта, петрографический состав угля, которые играют определенную роль, но не являются решающими для повышения

концентрации CH_4 . Решающая роль принадлежит самому процессу ведения горных работ, т. е. нарушению целостности массива, перепадам давления и повышению в связи с этим концентрации углеводородных газов, в том числе и метана.

Выводы

Понимание процесса выделения из углей различных углеводородных газов имеет большое научное и практическое значение, так как напрямую связано с решением задач безопасного ведения всех видов горных работ: открытых, в карьерах при продолжительной их эксплуатации и особенно – закрытых, при шахтной выемке углеводородного сырья с глубоких горизонтов добычи.

Концентрации метана в горной выработке могут внезапно повышаться при перепадах давления, при нарушении целостности пласта. Для безопасного ведения горных работ на глубоких горизонтах необходима откачка газа через вентиляционные штреки.

Изменение углей в процессе катагенеза сопровождается изменением содержания и состава органической массы и выделением твердой, жидкой и газообразной ее фазы в виде различного состава углеводородов, в том числе глубокосорбированных.

Проведенные исследования показали закономерное изменение состава и содержания глубокосорбированных углеводородных газов в углях в процессе их катагенетического преобразования.

Библиографический список

1. **Лебедев В. С.** Углеводородный состав и изотопный состав углерода метана угольных пластов и газовых скоплений, сформировавшихся за счет «угольных» газов (на примере Донбасса) // Горный информационно-аналитический бюллетень «Метан». 2008. №4. С. 212-219.

2. **Лебедев В. С., Иванов Д. В., Скопинцева О. В., Савельев Д. И.** Оценка роли глубокосорбированных углеводородов угольных пластов в возникновении пожароопасных ситуаций в угольных шахтах // Известия вузов. Геология и разведка. 2010. № 2. С. 86-88.

3. **Рогозина Е. А.** Состав, зональность и масштабы генерации газов при катагенезе органического вещества гумусовых углей // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008. №3. С. 20-38.

4. **Розанцев Е. С., Таран Н. П.** Исследование состава углеводородных газов угольных пластов Кузбасса с целью возможного прогнозирования их выбросоопасности // Повышение безопасности труда при добыче угля: сб. ст. М.: Изд-во «Мир горной книги». 1990. С. 88-955.

5. Старобинец И. С., Федорова Г. С., Тихомирова Е. С. Экранирующая и проводящая роль угленосных отложений при миграции углеводородных газов // Геология нефти и газа. 1983. № 7. С. 25-31.

6. Сынгаевский Е. Д., Лебедев В. С. Признаки углефикации, содержание и состав глубокосорбированных углеводородов в углях // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. Казань: Казанский ун-т, 2011. Т. II. С. 324-326.

7. Тимофеев П. П., Боголюбова Л. И. Развитие идей в области познания вещественно-петрографического состава и генезиса органического вещества // Литология в исследованиях Геологического института АН СССР. М.: Наука, 1980. С. 96-109.

8. Трофимов Л. А. О тяжелых углеводородах в угольных газах Восточной части Донбасса // Геологическое строение Ростовской области и сопредельных областей. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1972. С. 31-40.

УДК 552.57

Л. Я. Кизильштейн
Южный федеральный университет

УГЛЕПЕТРОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И НАПРАВЛЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ

Сообщение 1. Энергетика

Уголь используется для получения электроэнергии, тепла, выплавки металлов, производства искусственных жидких и газообразных топлив, бытовых и промышленных химических продуктов. Поскольку запасы угля многократно превышают запасы нефти и газа, по энергетическому потенциалу он способен заменить нефть и газ в ближайшей и отдаленной перспективе.

В РФ доля углей, используемых в энергетических целях, составляет около 87 % общей добычи. Сжигание служит источником получения теплоты, которая или используется непосредственно, или преобразуется в механическую энергию. Прямое сжигание с энергетической точки зрения – наиболее эффективный способ использования угля, завершающийся в основном образованием углекислого газа и воды. В результате уголь пре-

вращается в продукт, полностью непригодный для последующего энергетического использования [13].

На крупных тепловых электростанциях (ТЭС) сжигание углей производится в камерных топках в предварительно измельченном (пылевидном) состоянии. По методу сжигания камерные топки разделяют на факельные и вихревые, по способу удаления шлака — с твердым и жидким шлакоудалением.

Основным типом угольных ТЭС являются паротурбинные электростанции, которые делятся на конденсационные (КЭС), вырабатывающие только электроэнергию, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), вырабатывающие тепловую и электрическую энергию.

1. Петрография углей и удельная теплота сгорания топлива

На современных ТЭС основной является пылеугольная система сжигания. В топку топливо подается через горелки вместе с воздухом, где оно сгорает, находясь во взвешенном состоянии. Преимущество этого способа состоит в высоком КПД сжигания, возможности использования влажных и зольных углей, отходов обогащения, больших мощностях котлов, полной механизации процессов сжигания. Благодаря этим преимуществам пылеугольная система является основной в крупной энергетике.

Оптимальные условия сжигания топлива достигаются при некотором избытке воздуха в топочной камере, и поэтому в целом условия сжигания являются окислительными. Избыток воздуха характеризуется коэффициентом α . Непосредственно у поверхности угольных частиц из-за особенностей диффузии окислителя возникает тонкий газовый (пограничный) слой с дефицитом кислорода. В подобных локальных зонах создаются восстановительные условия.

Конструкции топочных камер котлов обеспечивают постоянную равномерную подачу топлива и воздуха (окислителя), т. е. практически постоянную концентрацию реагирующих веществ.

Качество энергетических углей нормируется соответствующими ГОСТами и техническими условиями (ТУ) по зольности, размеру кусков, удельной теплоте сгорания, содержанию серы, температуре плавления золы. В то же время энергетическое использование углей на стационарных котельных установках с пылеугольным сжиганием **не нормируется петрографическим составом топлива.**

Горение твердых топлив проходит через ряд стадий (рис. 1): стадия I — происходит нагрев угольных частиц в котле; II — выделение и воспламенение летучих веществ; III — воспламенение и горение твердого остатка — кокса. Выделяющаяся на стадии III теплота обеспечивает прогрев и воспламенение коксового остатка, горение которого сопровождается генерацией основной части тепла. При сжигании антрацитов, например, на этой

стадии выделяется 95 % всей теплоты сгорания горючей массы. Длительность процесса горения в основном определяется горением коксового остатка (приблизительно $\frac{2}{3}$ общего времени горения).

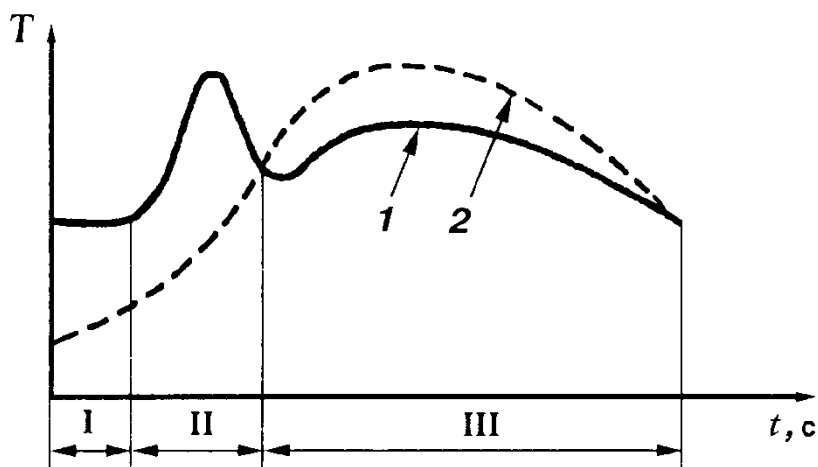


Рис. 1. Температурный режим при горении отдельной частицы твердого топлива [10]:

1 – температура газовой среды вокруг частицы; 2 – температура частицы; t – длительность горения; T – температура горения

Зона, в пределах которой горение идет наиболее интенсивно из-за высокой концентрации топлива и окислителя, называется ядром факела (рис. 2). Степень выгорания материала достигает здесь 85-90 %. Эта зона занимает $\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$ объема топочной камеры и характеризуется самой высокой температурой (до 1800 °С). Остальную часть объема котла составляет зона догорания. Концентрация горючего и окислителя здесь меньше и температура газов снижается на выходе из топки до 125 -160 °С.

В зоне максимальных температур минеральные компоненты топлива диссоциируют или переходят в расплавленное состояние. По мере перемещения расплавленных частиц в зону более низких температур частицы охлаждаются, затвердевают и кристаллизуются.

Петрографический состав оказывает существенное влияние на удельную теплоту сгорания. Предлагается [7] оценивать этот показатель на основе формулы Д. И. Менделеева $Q = 31C + 300H - 26(O-S)$, трансформированной в формулу петрографического состава и удельной теплоты сгорания основных мацералов. В этом случае суммарная теплота сгорания углей определяется по формуле

$$Q = Q_{Vt+Sv}(Vt + Sv) + Q_i I + Q_L L,$$

где Q_{Vt+Sv} , Q_i , Q_L – удельные теплоты сгорания мацералов данной стадии метаморфизма (см. рис. 4), МДж/кг; $Vt + Sv$, I , L – содержание мацералов, %.

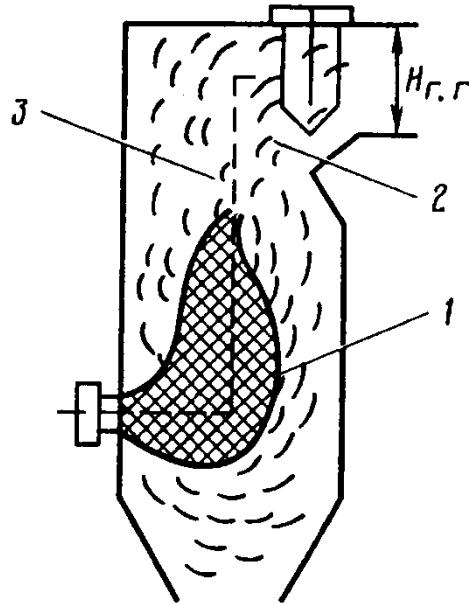


Рис. 2. Зоны горения топлива в топочной камере [10]:
 1 – зона ядра факела; 2 – зона догорания топлива и охлаждения газов; 3 – условная длина факела; $H_{г.г}$ – высота горизонтального газохода

Учитывая небольшие различия Q_{Vt+Sv} и Q_i на высоких стадиях углефикации, их петрографический состав при пылеугольной системе сжигания должен приниматься во внимание, главным образом, в связи с содержанием инертинита, формирующего (см. ниже) основную массу недожога.

Горение угольной пыли начинается с мелких фракций, прогрев и воспламенение которых завершается в сотые доли секунды. Горение крупных фракций запаздывает, и оно начинается тогда, когда значительная часть кислорода в котле уже израсходована. Поэтому крупные фракции создают основную массу т. н. “механического недожога топлива” – q_4 [10]. В теплоэнергетике известен принцип пропорциональности времени выгорания угольных частиц квадрату их диаметра [10]. Показано [9], что крупные частицы наименее изменены нагревом при сгорании углей на ТЭС.

Масса механического недожога особенно велика при сжигании “малореакционных” топлив – антрацитов (рис. 3). В составе золы-уноса недожог антрацитов может составлять десятки процентов массы. Последствия этого многообразны: потери значительной части тепловой энергии, ухудшение технологических свойств золы для ряда направлений промышленного использования, негативное воздействие частиц недожога на природную среду. Количество несгоревших угольных частиц зависит от петрографического (мацерального) состава углей.

Угольная пыль представляет собой порошок с размером частиц от долей до нескольких сот микрометров. При “утонении помола” процесс воспламенения и выгорания интенсифицируется за счет увеличения удельной

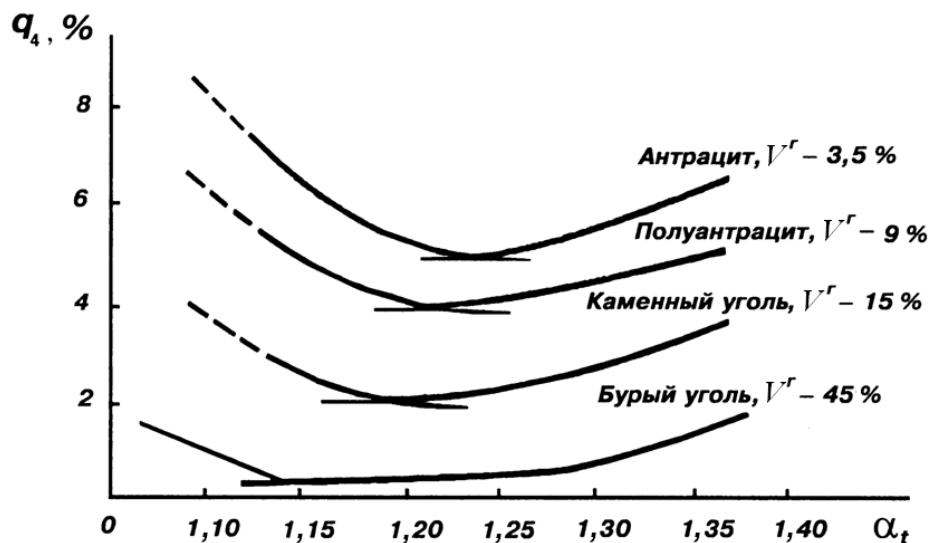


Рис. 3. Потери теплоты с механическим недожогом топлива при твердом шлакоудалении (по [10] с упрощениями):

q_4 – недожог; α_t – коэффициент избытка воздуха

поверхности частиц и роста площади их взаимодействия с газовой-воздушной средой котла. Требованиям наиболее эффективного сжигания отвечает пыль с размером частиц 50-100 мкм [10]. Наиболее выгодна так называемая “экономическая” тонкость размолла, соответствующая минимуму суммарных затрат на пылеприготовление, при максимально эффективном сгорании топлива.

Подобная идеальная топливная пыль не должна содержать очень мелких частиц, требующих больших энергетических затрат на пылеприготовление, и крупных (размером более 200 мкм), которые могут привести к “недогоранию” топлива (недожогу).

Все органические мацералы углей обладают способностью гореть, выделяя тепло, но удельная теплота сгорания мацералов различна (рис. 4). При петрографической оценке удельной теплоты сгорания по петрографически измененной формуле Менделеева используются результаты подсчета состава мацералов по ГОСТ 9414 – 74 или ГОСТ 25543 – 88.

Как указывалось выше, в реальных технологиях сжигания углей на ТЭС способность гореть не всегда реализуется в полной мере и определенная часть массы топлива выносится из топок котлов с дымовыми газами в виде недожога.

Потери теплоты от неполного сгорания (МДж/кг) описываются уравнением [11]:

$$Q_{\text{мн}}^{\text{ун}} = \frac{G_{\text{ун}}}{B} Q_{\text{ун}}$$

где $G_{\text{ун}}$ – масса уноса, кг/с; $Q_{\text{ун}}$ – теплота сгорания уноса, определенная по содержанию горючих в уносе, МДж/кг; B – расход топлива, кг/с.

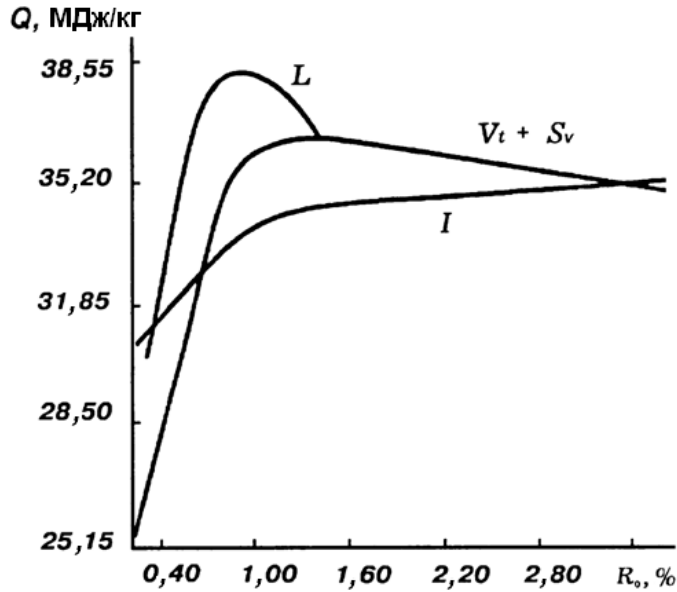


Рис. 4. Теплота сгорания мацералов при углефикации [3]:

R_0 – показатель отражения витринита, %; Q – удельная теплота сгорания, МДж/кг

Установлено [3, 6], что эффективность пылеугольного сжигания находится в обратной зависимости от содержания компонентов группы инертинита, поскольку последний в топках выгорает медленнее, чем витринит и липтинит. Вследствие этого инертинит образует основную часть массы недожога. Термоустойчивость инертинита определяется стабильностью молекулярной и надмолекулярной структуры [5].

Сравнение петрографии сжигаемой угольной (антрацитовой) пыли и недожога, извлеченного из золы-уноса (ЗУ) Новочеркасской ГРЭС, показало весьма существенное обогащение недожога инертинитом, %:

Пыль	$V_t - 93,7;$ $I - 6,3;$
Недожог	$V_t - 49,0;$ $I - 50,1.$

Имеются сведения (устное сообщение И. В. Еремина), что при сжигании углей Кузбасса недожог почти целиком состоит из инертинитовых частиц.

Мацералы групп липтинита характеризуются (особенно на низких и средних стадиях метаморфизма) наиболее высокой удельной теплотой сгорания (см. рис. 4).

Таким образом, информация о петрографическом составе сжигаемых на ТЭС углей позволяет получить важную информацию к выбору оптимального режима работы котлоагрегатов ТЭС.

2. Петрография углей и пылеприготовление

Используемая для сжигания угольная пыль полидисперсна, т. е. состоит из частиц разных размеров, и поликомпонентна, так как в ее составе находятся различные органические мацералы и минеральные примеси.

Петрографический состав углей оказывает влияние на процесс пылеприготовления – важнейшую составную часть топливно-энергетического цикла угольных ТЭС.

Эффективность сжигания угольной пыли зависит от тонкости размола, которая определяется остатком на ситах с ячейками 90, 200 и 1000 мкм в условиях нормированного измельчения и обозначается соответственно R_{90} , R_{200} , R_{1000} . По массе остатка на сите с ячейкой 90×90 мкм вычисляется **коэффициент размолоспособности (K_{90})**: отношение массы остатка исследуемой пробы к массе остатка эталона (%), для которого K_{90} принят равным 1.

Основным фактором, влияющим на выбор оптимальной величины R , является выход летучих веществ: чем он больше, тем грубее может быть помол. Для бурых углей $R_{90} = 50-70\%$, каменных – $20-35\%$, антрацитов – $7-8\%$.

В качестве характеристики механических свойств углей, определяющих в конечном счете размолоспособность, используется также **лабораторный относительный коэффициент размолоспособности $K_{ло}$** , представляющий собой отношение удельного расхода электроэнергии на размол пробы эталонного топлива к расходу на испытуемое топливо. За эталонное топливо принимается донецкий антрацит, требующий наибольших энергозатрат на размол (в среднем для антрацитов $K_{ло} = 0,95$). На примере донецкого угля марки Г было показано (рис. 5) снижение $K_{ло}$ (рост прочности) с увеличением содержания липтинита.

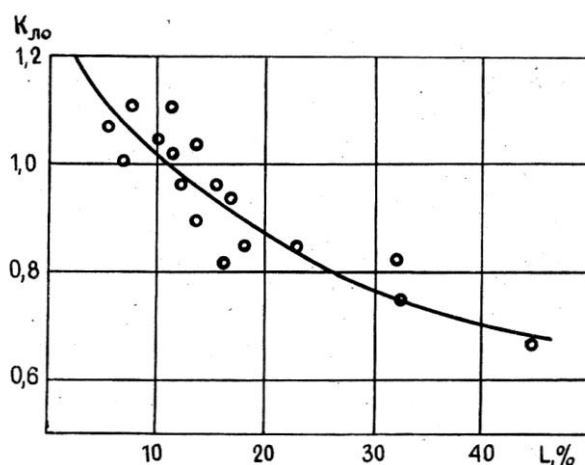


Рис. 5. Зависимость коэффициента размолоспособности $K_{ло}$ донецкого угля марки Г от содержания компонентов группы липтинита $L, \%$ [2]

$K_{\text{ло}}$ равнометаморфизованных углей зависит и от их текстуры. Скопление инертинита в отдельных слоях создает механически ослабленные участки, по которым происходит отделение частиц угля при измельчении. Рассеянные фрагменты инертинита увеличивают механическую прочность угля. Последнее приводит к увеличению содержания инертинита в крупных классах дробления. Эксперименты показали, что при дроблении углей крупные классы (> 25 мм) представлены в большей степени инертинитовыми углями, тогда как выход мелких (< 13 мм) определяется главным образом содержанием в углях витринита. Указанная закономерность сохраняется и при более тонком дроблении. Наименее прочным мацералом углей является витринит, вследствие обычно большой трещиноватости и хрупкости.

Эндогенная трещиноватость $L_{\text{уд}}$ зависит от содержания в углях компонентов групп витринита (рис. 6).

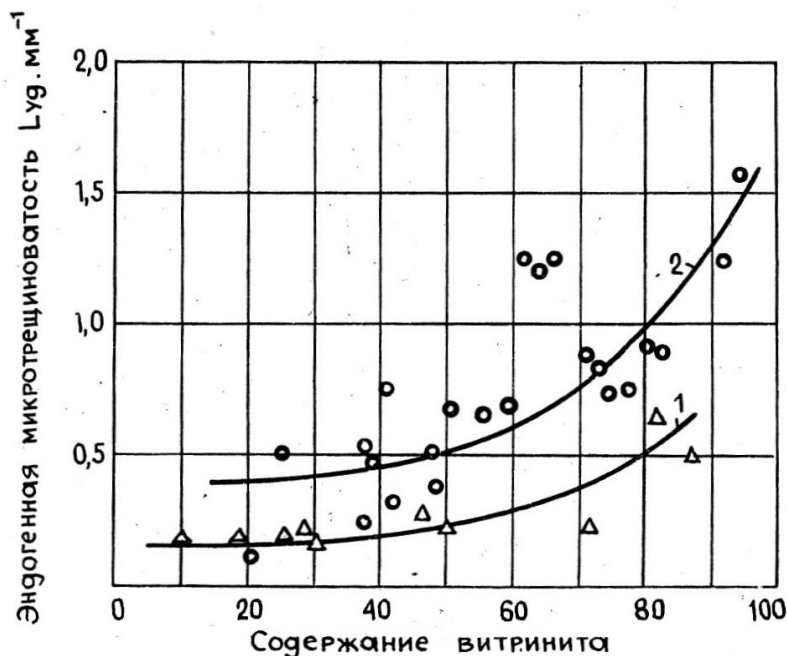


Рис. 6. Эндогенная трещиноватость в зависимости от содержания витринита в углях различной стадии метаморфизма [1]:

1 – стадия II; 2 – стадии III и IV

Установлена зависимость механической прочности (крепости f) от трещиноватости и содержания мацералов группы витринита (рис. 7) [1].

Зависимость механической прочности от метаморфизма (марки угля) [4, 6] проявляется в том, что при равном содержании витринита минимальная прочность характеризует угли стадий III-V метаморфизма (марки Ж, К, С), максимальная – угли стадий I-II (марки Д, Г) и VI-X (марки Т, А) (рис. 8).

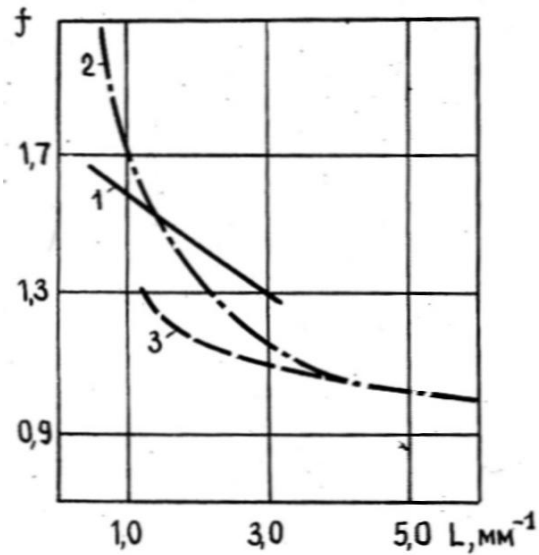


Рис. 7. Зависимость коэффициента прочности от трещиноватости и содержания витринита [1]:
 группы углей с содержанием витринита, %: 1 – 30; 2 – 30-50; 3 – 50-80

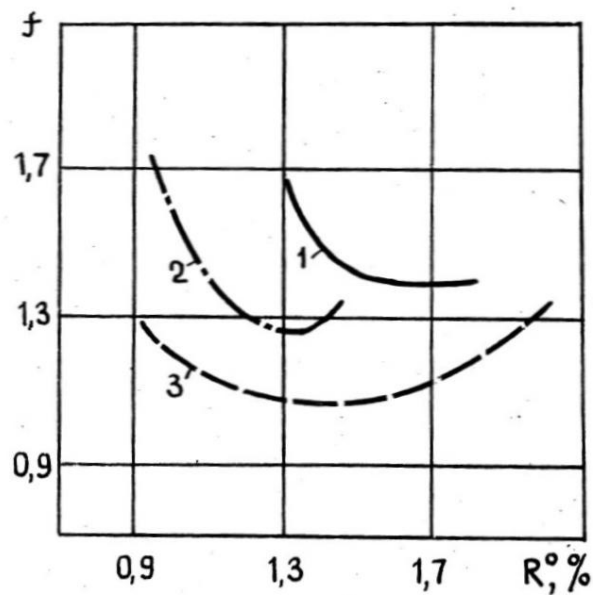


Рис. 8. Зависимость f от метаморфизма [2]:
 группы углей с содержанием витринита, %: 1 – 40; 2 – 40-50; 3 – 50-80

Влияние витринита на трещиноватость определяется тем, что этот мацерал является основным «носителем» эндогенных трещин. Поэтому трещиноватость углей тем выше, чем выше содержание витринита.

В углях одной стадии метаморфизма прочность снижается с ростом содержания витринита в их составе (см. рис. 8).

Зависимость крепости (прочности) f от трещиноватости и содержания мацералов группы липтинита и витринита для одной стадии метаморфизма описывается эмпирической зависимостью [1]:

$$f = 1,73 - 0,06L - 0,007Vt.$$

Таким образом, при использовании углей в энергетике петрографическая информация может быть эффективно использована при оценке важной технической характеристики – размолоспособности товарного угля.

Расчет прочности по петрографическим данным может быть использован также для прогнозной оценки горно-геологических условий разработки угольных пластов по материалам геологоразведочных работ: выбор системы отработки, оценки вероятности выбросов газа, вывалов угля и устойчивости кровли горных выработок.

Заключение

Информация о петрографическом составе углей, используемых (или планируемых к использованию) на ТЭС с пылеугольной технологией сжигания, позволяет по материалам геологоразведочных или эксплуатационных работ составить прогноз:

- удельной теплоты сгорания топлива в зависимости от петрографического состава товарного угля, поступающего на ТЭС;
- размолоспособности товарного угля при подготовке к сжиганию по пылеугольной технологии.

Библиографический список

1. **Аммосов И. И., Еремин И. В.** Трещиноватость углей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 110 с.
2. **Быкадорова В. И., Матвеева И. И., Полферов К. Я.** О влиянии петрографического состава на размолоспособность углей // Химия твердого топлива. 1970. № 4. С. 28-33.
3. **Еремин И. В., Броновец Т. М.** Марочный состав углей и их рациональное использование: справочник. М.: Недра, 1994. 254 с.
4. **Еремин И. В., Гагарин С. Г., Лисуренко А. В.** Петрографические особенности углей выбросоопасных пластов // Химия твердого топлива. 1997. № 2. С. 32-41.
5. **Еремин И. В., Глушнев С. В., Новоселова И. В.** Исследование природы углеродистых частиц в золе-уносе методами углепетрографии // Химия твердого топлива. 1975. № 1. С. 129-133.

6. **Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А.** Петрография и физические свойства углей. М.: Недра, 1980. 263 с.
7. **Еремин И. В., Симкин А. В.** Прогноз теплоты сгорания ископаемых углей по результатам петрографического анализа // Химия твердого топлива. 1974. № 3. С. 3-10.
8. **Кизильштейн Л. Я., Дубов И. В., Шпицглюз А. Л. Парада С. Г.** Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.
9. **Кизильштейн Л. Я., Коломенская В. Г., Шокина О. А.** Оптические свойства несгоревших частиц (недожога) антрацита // Химия твердого топлива. 2000. № 4. С. 71-79.
10. **Резников М. И., Липов.** Котельные установки электростанций. М., 1987. 288 с.
11. **Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н.** Котельные установки промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1988. 528 с.
12. **Темеева Л. А.** Связь прочностных свойств с петрографической характеристикой углей // Химия твердого топлива. 1979. № 4. С. 34-40.
13. **Хоффман Е.** Энерготехнологическое использование угля. М.: Энергоатомиздат, 1983. 328 с.

УДК 552.57

Л. Я. Кизильштейн, А. Л. Шпицглюз
Южный федеральный университет

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И НАПРАВЛЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ С УЧЕТОМ ДАННЫХ УГЛЕПЕТРОГРАФИИ

Сообщение 2. Коксование

Коксование является процессом термической переработки (пиролиза), происходящим при нагреве коксующихся углей без доступа воздуха в отсутствие посторонних реагентов. В промышленных целях пиролиз производится для получения твердых, жидких и газообразных продуктов, состав и свойства которых определяются составом и свойствами перерабатываемого угля и технологией процесса.

Преобразование угля при нагреве начинается при температуре около 120 °С, однако заметное изменение органического вещества – разложение, начинается при 350 °С и в основном завершается при 550 °С, когда формируется твердый остаток (полукокс) и жидкая фаза – смола. В промышленных технологиях этот процесс называют *полукоксованием*. При продолжающемся нагревании до температуры примерно 900–1050 °С образуется твердый, устойчивый к истиранию остаток с высоким содержанием углерода – кокс. В промышленности этот процесс называют *коксованием*.

Угли, способные переходить при нагревании в жидкое (пластичное) состояние и в дальнейшем образовать кокс, называют коксующимися. Эти угли отличаются пониженным содержанием кислорода и повышенным водородом, связанного с углеродом. Для них характерна более высокая степень «восстановленности» (отношение содержания водорода к кислороду – Н/О) в структуре органического вещества.

Роль кокса в процессе выплавки металла определяется способностью содержащегося в нем углерода восстанавливать железо, находящееся в руде в виде оксида (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) до элементного состояния (Fe). Одновременно кокс – источник тепла для нагрева руды и других компонентов доменной шихты. Наконец, кокс обеспечивает газопроницаемость шихты. Доменный процесс выплавки железа, начало которому было положено англичанином Авраамом Дерби в первой трети XVIII века, актуален до настоящего времени и, вероятно, еще долго будет оставаться основным в черной металлургии.

Средний состав кокса (%): углерод 94-96, водород 1,5, кислород 1,5-2,0. Кокс имеет вид кусков неправильной формы серого или серебристого цвета, прочных, устойчивых к истиранию. В доменном процессе используется кокс с размером отдельных кусков более 25 мм. Мелкие классы крупности кокса используются во многих других областях промышленности.

Кокс самого высокого качества получают из углей марки К. Вследствие ограниченности ресурсов этих углей, используются шихты (смеси), состоящие из углей марок от Г до ОС (иногда – Т), которые состояются с учетом слагающих их петрографических компонентов (мацералов).

Установлено, что при коксовании возникает пластический контакт и межфазовая радикальная поликонденсация в пограничной зоне угольных частиц. Пластическая масса плавких (спекающихся) компонентов (ПК) смачивает поверхность отошающих компонентов (ОК) шихты, в результате чего образуется прочный кокс [8]. С целью получения доменного кокса необходимого качества в шихту может быть введено определенное количество отошающих добавок. Кроме кокса (75-80 % продуктов коксования), образуются коксовый газ и каменноугольная смола.

Мировое производство кокса на 2003 г. превышает 480 млн т в год (по данным [3]), для чего перерабатывается более 500 млн т коксующихся углей.

Задачей углепетрографии является прогноз (по результатам геологоразведочных работ) вероятных результатов процесса коксования на основе сведений о составе угля или шихты разных углей с учетом стадии их метаморфизма (R_0) и степени восстановленности витринита. Подобные задачи возникают также при оперативном контроле качества товарного угля, поступающего на обогатительные фабрики и склады коксохимических заводов.

Основной вклад в разработку приложений методов углепетрографии к вопросам, связанным с процессами коксования, внесли ученые Института горючих ископаемых АН РАН И. И. Аммосов, И. В. Еремин, В. И. Горшков, Н. П. Гречишников и их сотрудники [1, 2, 4].

Методами углепетрографии возможна прогнозная оценка следующих параметров, характеризующих качество кокса: суммы плавких (спекающихся) компонентов (ПК), суммы отошающих (инертных) компонентов (ОК), механические свойства кокса. Кроме того, возможна оценка зольности и содержания серы в углях, предназначенных для производства кокса, и прогноз обогатимости углей.

Компоненты (мацералы) углей играют в процессах коксования разную роль. Витринит (V_t) и липтинит (L) углей II-V стадий метаморфизма – главные компоненты, обеспечивающие переход углей в пластическое состояние, предшествующее образованию кокса. Семивитринит (S_v) способствует формированию структуры кокса, но в основном не спекается. Принято считать, что к числу плавких компонентов может быть отнесена $1/3$ часть семивитринита. Инертинит (I) при определенном (оптимальном) содержании играет важную роль в формировании структуры кокса. Зависимости ПК и ОК от содержания в угле упомянутых выше петрографических компонентов описываются следующими экспериментальными уравнениями:

$$\sum \text{ПК} = V_t + L + 1/3 S_v ; \sum \text{ОК} = I + 2/3 S_v.$$

Оптимальное отношение $\sum \text{ПК} / \sum \text{ОК}$ для коксующихся углей Кузбасса [4] разных стадий метаморфизма, определяемых по показателю отражения витринита (R_0), приведено на рис. 1.

Толщина пластического слоя (y) углей разных стадий метаморфизма в зависимости от содержания отошающих компонентов ($\sum \text{ОК}$) можно оценить по рис. 2. Показатели качества коксующихся углей – V^r и «у», в зависимости от ОК, степени восстановленности и R_0 , приведены в работе [9].

Важной характеристикой коксующихся углей является механическая прочность образующегося из них кокса. Для прогноза прочностных свойств определяют индекс отошения (I) и коэффициент коксуетности K [1].

ИО, характеризующий сплавленность и прочность кокса, представляет собой отношение количества отошающих компонентов ($\sum \text{ОК}$) в угле

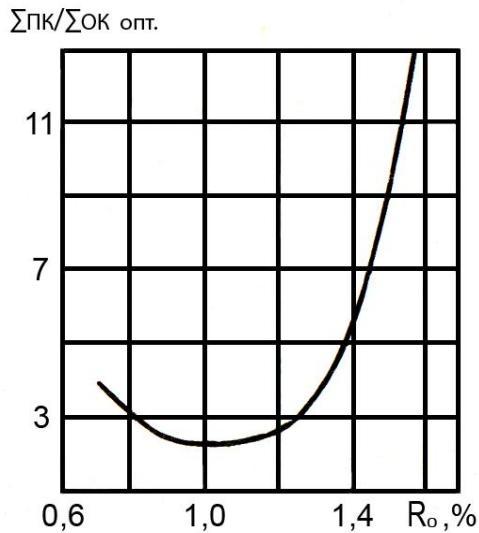


Рис. 1. Зависимость оптимального соотношения спекающих ($\Sigma\Pi\text{K}$) и отошающих компонентов (ΣOK) от стадии метаморфизма угля [4]

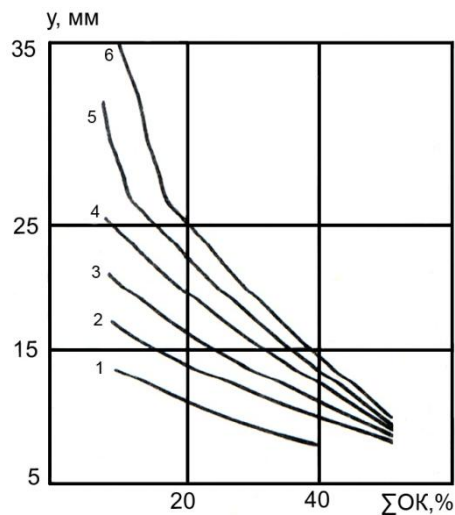


Рис. 2. Зависимость толщины пластического слоя (y) от содержания отошающих компонентов (ΣOK) в углях различных стадий метаморфизма [1]:

$R_0, \%$: 1 – 1,65-1,8; 2 – 1,55-1,60; 3 – 1,4-2,5; 4 – 1,3-1,5; 5 – 1,05-1,25; 6 – 0,85-1,0

(или в шихте) к количеству отошающих компонентов ($\Sigma\text{OK}'$), которое необходимо ввести в шихту для получения кокса с максимально высокой прочностью при данном содержании ОК:

$$\text{ИО} = (\Sigma\text{OK}) / (\Sigma\text{OK}')$$

Для шихты угля $\Sigma\text{OK}'$ может быть рассчитана по формуле

$$\Sigma\text{OK}' = (\Sigma\Pi\text{K}_1 N_1) / a_1 100 + (\Sigma\Pi\text{K}_2 N_2) / a_2 100 + \dots + (\Sigma\Pi\text{K}_n N_n) / a_n 100,$$

где $\Sigma\Pi\text{K}_1, \Sigma\Pi\text{K}_2, \dots, \Sigma\Pi\text{K}_n$ – содержание спекающихся компонентов в углях, входящих в состав шихты, %;

N_1, N_2, \dots, N_n – массовая доля составляющих шихту углей, %;

$a_1, a_2 \dots a_n$ – оптимальное соотношение спекающихся и отошающих компонентов углей, при котором достигается максимальная прочность кокса для входящих в шихту углей (см. рис. 1).

Для прогноза качества кокса вводится еще один параметр – K (коэффициент коксующести), численно равный отношению массы остатков кокса при испытании на большом колосниковом барабане при содержании ОК, близком к нулю, к содержанию их в исследуемом угле, выраженном в %. Коэффициент коксующести определяется лабораторными испытаниями. На рис. 3 приведены значения K при разных содержаниях ОК и R_0 для углей Кузбасса [4].

Коэффициент коксующести ($K_{ш}$) для шихты, состоящей из углей с разным ОК и разными R_0 , определяется по формуле

$$K_{ш} = (K_1 \sum \Pi K_1 N_1 + K_2 \sum \Pi K_2 N_2 + \dots + K_i \sum \Pi K_i N_i) / \sum \Pi K_{ш},$$

где $K_1, K_2 \dots K_i$ – коэффициенты коксующести углей соответствующих стадий метаморфизма и петрографического состава;

$\sum \Pi K_1, \sum \Pi K_2 \dots \sum \Pi K_i$ – сумма спекающихся компонентов в углях шихты, %;

$N_1, N_2 \dots N_i$ – массовая доля данного угля в шихте, %;

$\sum \Pi K_{ш}$ – сумма спекающихся компонентов в шихте.

В шихте для коксования могут содержаться угли разной степени метаморфизма, в том числе и высокометаморфизованные, витринит которых оказывает отошающее воздействие на шихту. С целью учета влияния таких витринитов в формулу $K_{ш}$ вводятся поправочные коэффициенты [1]. Фактором, требующим учета, является разная степень восстановленности витринитов в компонентах шихты. Известно, что маловосстановленные витриниты характеризуются пониженной спекаемостью по сравнению с высоковосстановленными. Методика учета фактора восстановленности содержится в работе [4] и воспроизводится в работе [5].

Петрографические методы дают возможность оценить зольность (A_o^t) путем суммирования зольности, образованной за счет глинистых компонентов (M_{gl}), сульфидов (M_s), кальцита (M_k) и кварца (M_{kr}). Содержание серы сульфидной (S_s^t) определяется петрографически по содержанию сульфидов в угле с последующим расчетом общей (S_t^d). Начальной информацией для определения зольности и сернистости угля служит определение содержания перечисленных минералов (об. %) методом петрографии в соответствии с ГОСТ 9414–74.

Массовое содержание перечисленных минералов определяется формулами, например:

$$Q_{gl} = (B_{gl} \cdot \rho_{gl}) / (B_o \cdot \rho_o),$$

где B_{gl} – содержание глины по петрографическим подсчетам, %;

ρ_{gl} – плотность глины, кг/м³;

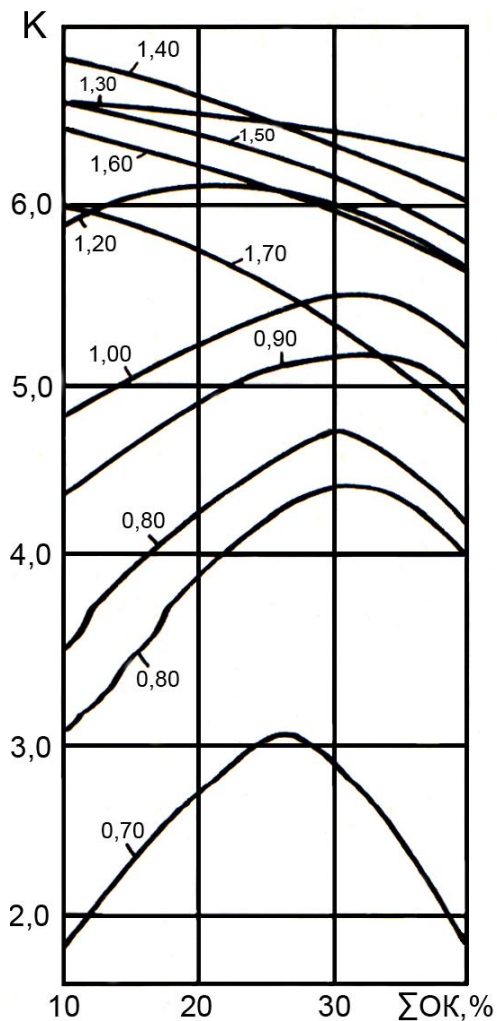


Рис. 3. Зависимость коэффициента коксующести углей (K) от содержания отошающих компонентов (ΣOK) в шихте и стадии метаморфизма углей [4]

V_0 и ρ_0 – объем и плотность угля.

Аналогичным образом рассчитывают массовое содержание остальных минералов: Q_s, Q_k, Q_{kr} . Зольность вычисляют по уравнению [2, 7]

$$A^d = 67S_s + 9Q_{gl} + 55Q_k + Q_{kr}.$$

Содержание сульфидной серы определяют по формуле:

$$S_s^d = 53Q_s;$$

Содержание общей серы:

$$S_t^d = 1,31S_s^t + 0,29.$$

Разработана методика прогноза обогатимости коксующихся и энергетических углей, т. е. оценки выхода концентрата, промпродукта и отходов обогащения, на основе прогноза гранулометрического (фракционного) и петрографического составов продуктов обогащения. Методика и обоснование прогноза обогатимости подробно изложены в работе [6].

Библиографический список

1. Аммосов И. И., Горшков В. И., Гречишников Н. П. и др. Петрология органических веществ и геология горючих ископаемых. М.: Наука, 1987. 333 с.
2. Аммосов И. И., Еремин И. В., Бабинкова И. И. и др. Петрографические особенности и свойства углей. М.: Наука, 1963. 380 с.
3. Голицын М. В., Пронина М. В., Баженова О. К. и др. Уголь, нефть и газ – мировые ресурсы, добыча, использование // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 23-38.
4. Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А. Петрография и физические свойства углей. М.: Недра, 1980. 263 с.
5. Кизильштейн Л. Я., Шпицглюз А. Л. Прикладная углепетрография. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1992. 152 с.
6. Кизильштейн Л. Я., Мостовой П. П., Жак С. В. Оценка обогатимости ископаемых углей на стадии геологоразведочных работ. М.: Недра, 1987. 120 с.
7. Коткин А. М., Ямпольский М. Н., Геращенко К. Л. Оценка обогатимости углей и эффективности процессов обогащения. М.: Недра, 1982. 200 с.
8. Липович В. Г., Калабин Г. А., Калечиц И. В. и др. Химия и переработка угля. М.: Химия, 1988. 336 с.
9. Петрографический атлас ископаемого органического вещества России / гл. ред. О. В. Петров СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.

ВОСПОМИНАНИЯ, ХРОНИКА, ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

В. Ф. Шульга

Институт геологических наук НАН Украины

ВОСПОМИНАНИЯ ГЕОЛОГА–УГОЛЬЩИКА

В последние годы доброй традицией нашего авторитетного сборника стала публикация материалов, посвященных памяти знаменитых геологов. Среди них Я. М. Черноусов, С. И. Романовский, Г. Е. Рябухин, Ю. А. Жемчужников и др. На правах одного из старейших геологов-угольщиков СНГ хочу поддержать эту традицию и рассказать об общении с выдающимися личностями, сыгравшими большую роль в моей жизни.

Мой отец был военным служащим, поэтому наша семья часто меняла место жительства. Благодаря этому уже в детстве я был знаком со многими геологическими памятниками: каньоном р. Смотрич в г. Каменец-Подольске; своеобразной природой обнаженной части Донбасса с гривками известняков и песчаников, выходами на поверхность пластов угля, глубокими балками с зарослями терновника и диких яблонь; отвесными стенами каньона р. Тетерев в г. Житомире; живописными обнажениями меловых пород по р. Тускарь в г. Курске и пр. В школьные годы я прочитал книги: «Плутония» В. А. Обручева, «Следы на камне» Н. Н. Яковлева, «Карта рассказывает» Н. А. Гвоздецкого и др. Все это произвело на меня большое впечатление, и уже в девятом классе я твердо решил: буду геологом!

В 1948 г. я поступил, а в 1953 г. с отличием окончил горный факультет Киевского политехнического института, получив диплом горного инженера-геолога. За более чем полувековую историю горный факультет в КПИ был впервые открыт в 1945 г. по предложению Минуглепрома СССР. Это было обусловлено острой нехваткой горных инженеров в первые послевоенные годы. В то время шло интенсивное восстановление шахт Донбасса. На крайнем Западе Украины был открыт и интенсивно осваивался промышленностью новый Львовско-Волинский угольный бассейн. Возобновилась угледобыча в Днепровском бассейне. Министерство угольной промышленности Украины выплачивало нам повышенную стипендию, а также финансировало пошив специальной формы с погонами, которой мы очень гордились.

Помимо сотрудников КПИ А. Я. Баженовой, М. М. Жукова, С. К. Комоцкого, Г. Ф. Коцаря, В. И. Славина, Л. А. Тарановой, М. К. Шматько геологические дисциплины преподавались также геологами Института геологических наук АН УССР и геолфака Киевского гос. университета:

А. М. Безуглым, Б. А. Гаврусевичем, В. Я. Клименко, В. Б. Сологубом, И. М. Ямниченко и др. Выдающуюся роль в моей жизни сыграли В. И. Славин и С. К. Комоцкий.

Владимир Ильич Славин был геологом, как говорится, от Бога. Его выводы, как у яркого представителя московской геологической школы, базировались на добротной геологической основе, полученной в результате личного сбора и разносторонней обработки фактического материала. Владимир Ильич отличался широким кругозором и обладал разносторонними знаниями. На его необычайно интересных лекциях мы часто задавали себе вопрос: кто он – тектонист, палеонтолог, минералог? Впервые на Украине Владимир Ильич стал преподавать спецкурсы: «Палеогеография», «Геология стран народной демократии». Посредством участия в организованном им научном кружке Владимир Ильич привлекал студентов к научным исследованиям. В том, что из двадцати четырех выпускников моей группы двое стали докторами, а шестеро – кандидатами, – большая его заслуга. За простоту и доброту, отзывчивость и заботу Владимир Ильич стал для каждого из нас дорогим, близким человеком. Где бы он ни находился, он всегда приезжал в Киев на встречи нашей группы. И это было прекрасно!

На протяжении многих лет послеинститутской жизни мой Учитель оказывал мне помощь и поддержку. Его добрые советы и пожелания во многом определили мой творческий путь. Для того чтобы оказывать мне эффективную помощь, Владимир Ильич, уже будучи профессором геолфака МГУ, порекомендовал мне поехать на работу в расположенный недалеко от Москвы Подмосковный угольный бассейн (г. Тула). Всю жизнь я следую его мудрому совету: побольше работать самому и поменьше руководить. Владимир Ильич был научным руководителем моей работы над кандидатской диссертацией. Под его руководством я работал главным инженером Карпатской экспедиции геолфака МГУ. Надеюсь, что достойной памятью о моем Учителе станет подготавливаемая в настоящее время к изданию книга воспоминаний.

Станислав Карлович Комоцкий на всю жизнь привил мне любовь к угольной геологии. Он читал курсы: «Каустобиолиты», «Шахтная геология». Его содержательные лекции, а также личное общение увлекли меня проблемами образования угленосных формаций, циклическим строением угленосных толщ, поясами и узлами угленакопления и др. Но особенно важными для меня оказались широко распространяемые Станиславом Карловичем представления о расщеплении угольных пластов и возможности применения этого явления для палеогеографических реконструкций (положение береговой линии моря, ширина области угленакопления, направление трансгрессий и регрессий моря и др.). В дальнейшем это было мною широко использовано при изучении Подмосковного, Донецкого, Львовско-Волынского бассейнов, Приорского месторождения Среднего Урала.

Перед отъездом из Киева на работу в Тулу В. И. Славин посоветовал мне познакомиться в Москве с широко известными геологами-угольщиками Г. Ф. Крашенинниковым, А. К. Матвеевым, В. С. Яблоковым, а также вступить в секцию осадочных пород МОИП, председателем которой в то время был М. С. Швецов. Разве мог я тогда предположить, что эти советы сыграют такую большую роль в моем творческом пути!

Работая с августа 1953 г. инженером-геологом Тульской геологической партии треста "Мосбассуглеразведка" МУП СССР, я имел возможность ознакомиться с обнажениями пород угленосной толщи Подмосквовного бассейна. По результатам обработки полевого материала написал доклад "Косая слоистость в каменноугольных отложениях окрестностей г. Тулы" и отправил его М. С. Швецову с просьбой заслушать на заседании секции. С каким волнением я ожидал известий из Москвы! Ведь это был мой первый доклад перед такой авторитетной аудиторией! Получив положительный ответ, осенью 1953 г. я впервые приехал в Москву и переступил порог библиотеки МОИП, расположенной в старом здании МГУ на Моховой. На меня, недавнего студента, потрясающее впечатление произвели высоченные потолки, огромные шкафы с книгами в кожаных с тиснением золотом переплетах, портреты основателей МОИП, большущий длинный стол, покрытый зеленым сукном, чучело совы и многое другое... Но полной неожиданностью явилось присутствие на докладе помимо председательствующего Михаила Сергеевича Швецова также Юрия Аполлоновича Жемчужникова, Владимира Сергеевича Яблокова, Григория Федоровича Крашенинникова, Сергея Валерьевича Тихомирова. Последний был одет в военную форму, но без погон. Увидев перед собой столь выдающихся литологов, я сильно испугался. Заметив это, Михаил Сергеевич своим тихим голосом сказал: «Пожалуйста, не волнуйтесь. Здесь находятся ваши друзья, которые желают вам всего наилучшего». Не знаю, как я сделал свое сообщение. Но отлично помню, как после его окончания ко мне подошел Юрий Аполлонович, пожал мне руку и сказал: «Молодой человек, желаю удачи. Вас ожидает большое будущее. Советую, кроме наблюдений над текстурами, особое внимание уделить изучению цикличности угленосных толщ». В. С. Яблоков пригласил меня в ГИН, чтобы я ознакомился с работами Донбасской экспедиции, которой руководил Юрий Аполлонович. В тот вечер он произвел на меня неизгладимое впечатление: статный, изысканно одетый, в очках с золотой оправой, с интеллигентным лицом, излучающим доброжелательность. В дальнейшем мне посчастливилось многократно общаться с каждым из присутствующих на том заседании. Но оно запомнилось мне на всю жизнь своей простой, непринужденной обстановкой, доброжелательностью, конструктивной критикой. Так сложилось, что вся моя дальнейшая жизнь неразрывно была связана с МОИП. Моя первая статья с легкой руки Д. С. Соколова была опубликована в МОИП. Я избирался в бюро секции осадочных пород. При содействии

Общества была опубликована моя монография "Нижнекарбоновая угленосная формация Донецкого бассейна". С большой теплотой вспоминаю встречи с Анной Ивановной Пермяковой в редакции журнала БМОИП, расположенной в здании Зоологического музея МГУ на ул. Герцена.

После вышеупомянутого заседания секции на протяжении многих лет я часто встречался с Михаилом Сергеевичем Швецовым. Его кабинет находился на втором этаже одного из корпусов МГРИ, расположенных позади старого здания МГУ. На большом письменном столе, кроме многочисленных рукописей и микроскопа находилась большая отполированная плита пятнистых известняков веневского горизонта нижнего карбона Подмосковья. С большим увлечением Михаил Сергеевич рассказывал о точках зрения различных исследователей на генезис этих образований. При этом ко всем относился с уважением. Представляя рукописи к печати, он обычно не давал отрицательные заключения, а указывал на возможность иного подхода к решению затронутых в статье проблем. Несмотря на преклонный возраст, он живо интересовался новыми данными по геологии территории бассейна, где в 30-х годах прошлого столетия проводил геологическую съемку. Узнав о бурении разведочных скважин в Алексинском угленосном районе между гг. Тулой и Алексином, он посоветовал мне проверить его предположение о ранее существовавшем меридиональном направлении течения р. Упы и о резком его изменении на широтное из-за расположения на пути реки конечной морены окского оледенения. Как он обрадовался, когда узнал, что его представления полностью подтвердились данными бурения углеразведочных скважин (см.: Шульга В. Ф. К вопросу о геологическом строении древнечетвертичной долины р. Упы на северо-западе Тульской области. БМОИП, отд. геол. 1960. № 4. С. 74-81).

По мнению Михаила Сергеевича, Алексинский район являлся одним из наиболее интересных для познания условий образования угленосной толщи Южного крыла Подмосковского бассейна. В связи с этим он посоветовал мне взять его в качестве объекта изучения при работе над кандидатской диссертацией. С большим удовлетворением я последовал его рекомендации.

В начале 60-х годов прошлого столетия существовало Положение о запрете защиты диссертаций там, где обучался аспирант. Поскольку я был аспирантом геолфака МГУ, мою работу направили для защиты во МГРИ. Михаил Сергеевич охотно согласился ее оппонировать. Следует отметить, что он был категорически против вышеуказанного Положения, считая, что в сложившейся ситуации в науку придут не действительно достойные личности, а те, кто приспособится к преодолению искусственно созданных, формальных препятствий. Кстати, это Положение вскоре было отменено. На всем пути подготовки диссертации вплоть до ее защиты Михаил Сергеевич оказывал мне отеческую помощь. Его отзыв был обстоятельным, кратким, доброжелательным; содержал ряд замечаний, сделанных в остро-

умной форме. Помню, как на мою подрисуночную подпись – "Размыв угольного пласта, наблюдаемый на шахте Обидимской в *тульское время*" – Михаил Сергеевич заметил: «Я хотел бы сейчас увидеть того геолога, который сотни миллионов лет тому назад был на шахте и документировал этот размыв». Когда при определении результатов голосования оказались два отрицательных отзыва, Михаил Сергеевич меня успокоил, сказав, что наличие отрицательных голосов рассматривается ВАКом положительно, поскольку свидетельствует о существовавшей на защите дискуссии. Так оно и произошло. Через три месяца ВАК утвердил результаты защиты моей диссертации. Завершая воспоминания о Михаиле Сергеевиче, мне хотелось еще сказать, что, бывая у него дома на старой и новой квартирах на Шаболовке, я всегда удивлялся его скромности в быту и простоте обращения. Общение с ним доставляло мне истинное наслаждение.



Учитель – М. С. Швецов (*справа*) и ученик – В. С. Яблоков (*слева*). Р. Вытегра.
Май 1968 г.

После кончины Михаила Сергеевича председателем секции осадочных пород многие годы был выдающийся литолог-угольщик Григорий Федорович Крашенинников. С Григорием Федоровичем я встретился спустя год после моего памятного доклада в МОИП. Это произошло в новом здании МГУ на защите кандидатской диссертации сотрудником Тульской геологической партии, в которой я работал. К тому времени я уже хорошо знал геологию Подмосковского бассейна и научные проблемы, которые требовали незамедлительного решения. Поэтому выступил с критикой ряда положений и выводов, изложенных в диссертации. Тогда мне было 23 года. Я очень волновался, и мое выступление, видимо, было не очень связ-

ным. После защиты ко мне подошел Григорий Федорович и сказал: «Я приветствую ваше выступление. Оно было слишком резким, но правильным по существу. Теперь вы знаете, над чем нужно работать. Желаю удачи». Я был окрылен напутствием такого большого авторитета в области изучения условий образования угленосных отложений. Это придало мне уверенности в моей работе в бассейне. После вступления в заочную аспирантуру геолфака МГУ я имел возможность часто общаться с Григорием Федоровичем и обсуждать различные вопросы. На первых порах я его побаивался. Это произошло после того, как я принес ему на рецензию статью, в которой наклон косых слойков в косой однонаправленной слоистости превышал 60° . Увидев это, Григорий Федорович сильно рассердился и долго мне рассказывал и показывал, что таких больших углов наклона слойков в аллювиальных отложениях не бывает. Доставалось мне и завольную трактовку терминов. Однако вскоре я понял, что за этой кажущейся суровостью скрывается искреннее желание помочь мне избавиться от ошибок и неправильных представлений. Душевная доброта, порядочность, желание сделать доброе – эти замечательные черты характера Григория Федоровича ярко проявились при публикации моей докторской диссертации «Нижнекарбоновая угленосная формация Донецкого бассейна», которую я защитил на Ученом совете геолфака МГУ в 1972 г. Все мои попытки издать ее не имели успеха. И вот, будучи на полевых работах в Донбассе, неожиданно для меня позвонил Григорий Федорович и сообщил, что появилась возможность издать монографию через МОИП. Для согласования издательских вопросов я должен срочно вернуться в Москву. Далее все решилось с молниеносной быстротой. Григорий Федорович срочно собирает бюро секции, на котором принимается решение рекомендовать мою диссертационную работу для публикации. Затем, чтобы избежать недоразумений (злоупотребление служебным положением), меня выводят из состава бюро секции. И, наконец, в Президиум МОИП направляется письмо с просьбой включить в тематический план издательства «Наука» мою работу. Уже через месяц я приступил к подготовке рукописи к печати. После выхода монографии в свет в 1981 г., по предложению Григория Федоровича, она была отмечена на конкурсе МОИП 1984 г. за лучшую работу в области естественных наук. В 1986 г. уже после моего переезда из Москвы в Киев мне был присужден Почетный диплом МОИП. Несомненно без инициативы и содействия Григория Федоровича мне не удалось бы так скоро издать монографию, за что я ему весьма и весьма благодарен.

Замечательной чертой Григория Федоровича являлось стремление скорейшего внедрения результатов исследований в производство. Он был членом ряда советов, на которых рассматривались практические вопросы угольной геологии. Когда я работал над диссертацией, Григорий Федорович советовал мне, как особенности доугленосного рельефа Подмосквового бассейна можно использовать для усовершенствования методики раз-

ведки угольных месторождений. Под его руководством аспирантка Г. М. Седаева не просто изучала литологические особенности известняков каменской свиты среднего карбона Донбасса, а делала это с целью установления условий формирования их физико-механических свойств. Известно, что в Донецком бассейне известняки являются непосредственной кровлей ряда угольных пластов. В связи с этим решение данной проблемы имеет большое значение для безопасного ведения горных работ. В последние годы моего пребывания в Москве Григорий Федорович организовал специальную научную конференцию «Новое в современной литологии», на которой большое внимание было уделено практическим проблемам угольной геологии: значению формационного анализа угленосных отложений для оценки условий разработки угольных месторождений, типизации размывов пластов угля, влиянию их на угледобычу и др.

Владимир Сергеевич Яблоков был большим знатоком геологии Подмосковского бассейна. Начиная с 30-х годов прошлого столетия, когда под руководством М. С. Швецова он осуществлял геологическую съемку Северо-Западной четверти 58-го листа Общей геологической карты европейской части СССР, его деятельность постоянно была связана с бассейном. Книга «Строение и условия залегания главного угольного пласта Щекинского района Подмосковского бассейна», написанная им в соавторстве с Р. М. Пистраком, Ю. А. Жемчужниковым и И. Э. Вальц, долгие годы являлась настольной книгой геологов-угольщиков Подмосковья. Владимир Сергеевич был не только выдающимся геологом, но и непревзойденным организатором. Именно под его руководством в 1954 г. в Туле состоялось Второе геологическое совещание по Подмосковному угольному бассейну. В отличие от кратковременной встречи в Москве, когда я делал доклад в МОИП, теперь мне представилась возможность познакомить Владимира Сергеевича с моими представлениями о будущей научной работе. Внимательно выслушав, Владимир Сергеевич отметил, что для выявления особенностей формирования угленосных отложений недостаточно изучения одного доугленосного палеорельефа. Палеогеоморфологический анализ обязательно следует дополнить литолого-фациальным. Он предложил мне приехать в Москву и ознакомиться с работами этого направления, проводимыми Донбасской экспедицией ГИНа. Следует подчеркнуть, что поездке в столицу предшествовало мое знакомство с видным литологом-угольщиком Анной Сергеевной Корженевской. Она и ее муж Валериан Александрович Котлуков работали во ВСЕГЕИ и занимались угленосными отложениями северо-западного крыла бассейна. По просьбе руководства треста "Мосбассуглеразведка" в Туле был проведен семинар по литолого-фациальному описанию керна буровых скважин. Так что в ГИН я приехал, уже имея некоторый багаж знаний.

Благодаря приглашению Владимира Сергеевича, я встретился с Л. Н. Ботвинкиной, П. П. Тимофеевым, А. П. Феофиловой и ознакомился с их

исследованиями. Они произвели на меня огромное впечатление и на всю жизнь определили основную направленность моего изучения угленосных формаций Подмосковного, Донецкого, Львовско-Волынского бассейнов. Практика работ в таких хорошо разведанных и освоенных промышленностью районах показала, что исследования состава, строения, условий накопления формаций должны иметь характер регионального крупномасштабного картирования. Для таких исследований характерно значительное количество точек наблюдений, относительно равномерное распределение их на площади, изучение сравнительно небольших по мощности разновозрастных частей разреза. При этом методика формационного анализа угленосных отложений состоит из двух органически связанных частей. Первая предусматривает крупномасштабное картирование угольных пластов и изучение их морфологии. Вторая часть включает крупномасштабное палеогеографическое картирование, в результате которого выявляются, изучаются и получают площадное изображение литологический и фациальный состав, палеогеографические обстановки, древние гидрографические системы и др. Учитывая особенности Подмосковного бассейна, в котором наблюдается тесная связь угленосности с доугленосным рельефом, указанная методика была дополнена палеогеоморфологическим анализом.

В период моей работы в Подмосковном бассейне (1953-1961 гг.) я часто встречался с Владимиром Сергеевичем. Мы обсуждали результаты работ по составлению геологопромышленных очерков различных районов бассейна и изучению угленосных отложений. Доскональное знание Владимиром Сергеевичем геологии Подмосковного бассейна, его конструктивная критика и доброжелательные советы помогли мне найти свое место в угольной геологии. Всю жизнь я следую его совету публиковать отдельные интересные факты, не дожидаясь их обобщения. Он очень любил Подмосковный бассейн. Это была его «первая любовь». Она началась в 30-х годах прошлого столетия, когда он под руководством своего Учителя Михаила Сергеевича Швецова занимался геологической съемкой ранее упомянутой северо-западной четверти 58-го листа Общей геологической карты европейской части СССР. В дальнейшем, занимая ряд руководящих должностей на производстве, а затем, осуществляя научные исследования, Владимир Сергеевич постоянно поддерживал контакты с научными и производственными организациями, а также отдельными лицами, работающими в бассейне. Многие годы он был куратором работ по петрографии углей, проводимых трестом «Мосбассуглеразведка». В 1961-1962 гг. при его участии и под его редакцией вышел в свет капитальный труд «Атлас углей Подмосковного бассейна» в двух томах. В 1967 г. Владимиром Сергеевичем были опубликована монография «История изучения каменноугольных отложений и углей Подмосковного бассейна». Как ответственный секретарь Редколлегии журнала «Известия АН СССР, сер. геол.» он способствовал публикации многих статей по геологии бассейна, написан-

ных производственниками. Владимир Сергеевич был очень внимательным, чутким и справедливым человеком, готовым всегда оказать помощь, дать дельный совет. В своих публикациях он всегда стремился к тому, чтобы в них не было незаслуженно забытых коллег. Вспоминаю, как перед тем, как сдать в издательство рукопись монографии по истории изучения Подмосквовного бассейна, он попросил меня проверить, все ли работающие в нем геологи упомянуты в книге.

Занимаясь колоссальной научной и организационной деятельностью, Владимир Сергеевич, тем не менее, не имел ученой степени доктора наук. Будучи уже в преклонном возрасте, он блестяще защитил докторскую диссертацию на тему «Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки (в рифее-палеозое Русской платформы)». Выступая по этому поводу, Николай Брониславович Вассоевич сказал: «Необычность данной защиты заключается в том, что сейчас мы принимаем работу у того, кто многие годы, как Секретарь Межведомственного литологического комитета, принимал работы у нас. Второе – обычно мы изучаем «бублик», а Владимир Сергеевич изучил «дырку от бублика»! Уже за то, что он взялся за решение этой сложнейшей проблемы, от которой все открещивались и которая до этого оставалась неизученной, мы должны присудить ему докторскую степень».

С Александром Кирилловичем Матвеевым я познакомился в Туле в 1954 г. на упомянутом ранее Втором геологическом совещании по Подмосквовному бассейну. После моего доклада в перерыве между заседаниями он подошел ко мне и представился. Александр Кириллович сказал мне, что ему понравился мой доклад и что он хотел бы поближе познакомиться с фактическим материалом, лежащим в его основе. После окончания совещания мы встретились у меня на работе. Особенно подробно Александра Кирилловича интересовали изложенные в моем докладе материалы об образовании в Подмосквовном бассейне угольных пластов рабочей мощности, расположенных выше основного (II) эксплуатируемого в настоящее время пласта. Значительный интерес он проявлял к возможности их разработки с целью продления срока службы действующих шахт. Прощаясь, он сказал, что решение этой проблемы может явиться содержанием моей диссертационной работы, поскольку, с одной стороны, для Подмосквовного бассейна она является новой в научном отношении, а с другой – ее решение имеет большое практическое значение. Советы Александра Кирилловича воодушевили меня; убедили в том, что я – на правильном пути. Они были полностью использованы мной при работе над кандидатской диссертацией по угленосным отложениям Алексинского угленосного района.

В дальнейшем, когда я поступил в заочную аспирантуру геолфака МГУ, а Александр Кириллович был заместителем декана факультета, я, приезжая из Тулы в Москву, часто пользовался его консультациями и помощью. Характерна такая деталь. Когда перед защитой диссертации я об-

ратился к нему с просьбой написать отзыв, он мне ответил, что будет лучше, если он как член ВАК выступит с поддержкой моей работы на заседании этой организации.

Но особенно помогло мне общение с Александром Кирилловичем, когда я жил уже в Москве и работал над докторской диссертацией по нижнекарбонной угленосной формации Донецкого бассейна. Все вопросы, начиная от плана работы и названия глав и кончая заключением, мы обсуждали вместе. Хорошо зная геологию Донбасса, Александр Кириллович обратил мое внимание на ряд положений диссертации, которым необходимо было уделить особое внимание. Тот, кто работал над диссертацией, знает, что к ее завершению наступает период сильной усталости, безразличия и неуверенности в положительном результате. Это было и со мной. Когда мне становилось особенно тяжело, я шел на 6-й этаж главного корпуса МГУ в кабинет угля к Александру Кирилловичу. Он заваривал чай, из правого нижнего ящика письменного стола доставал сухарики, и мы, чаевничая, беседовали на разные темы. Домой я возвращался совсем другим человеком и мог работать с новыми силами. Неудивительно, что при таком доброжелательном отношении ко мне Александр Кириллович дал согласие быть оппонентом моей докторской диссертации.

После ее защиты и моего переезда в Киев в 1983 г. наши связи не прекратились, а оставались такими же тесными. Теперь мы обсуждали проблемы Львовско-Волынского бассейна, угленосную формацию которого я стал изучать в Институте геологических наук НАН Украины. Большой интерес Александра Кирилловича к этому бассейну объяснялся выдающейся ролью, которую он сыграл в его открытии. После присоединения к Украине западных областей в конце 1939 г. Комитетом по делам геологии при Совнаркомом СССР была создана специальная Комиссия, задачей которой явилось ознакомление с состоянием геологической изученности, обобщение и обработка материалов по геологическим и полезным ископаемым указанных областей. В этой Комиссии Александру Кирилловичу были поручены сбор и обработка материалов по изучению угленосных отложений и поискам месторождений угля на Западе Украины. В 1940 г. Комиссией был составлен Генеральный план геологических, поисковых и разведочных работ в западных областях Украины. В этом же году на основании материалов, представленных Александром Кирилловичем, на территории Львовской, Волынской и Ровенской областей были начаты планомерные поисково-разведочные работы на уголь, прерванные Великой Отечественной войной. Сразу же после окончания войны разведочные работы возобновились. В 1949 г. был открыт Львовско-Волынский бассейн, а в 1967 г. на территории Польши – Люблинский. Таким образом, подтвердилась положительная оценка промышленной угленосности Львовского карбона, которая была дана Александром Кирилловичем более полувека тому назад.



Редколлегия XII тома монографии «Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР». Ленинград, ВСЕГЕИ. Май 1969 г.

В завершение своих воспоминаний о Владимире Ильиче Славине, Станиславе Карловиче Комоцком, Михаиле Сергеевиче Швецове, Григории Федоровиче Крашенинникове, Владимире Сергеевиче Яблокове, Александре Кирилловиче Матвееве, хочу отметить, что они были разными людьми. Но общим для них были высокие человеческие ценности – доброта, честность, порядочность, желание помочь ближнему. Это были выдающиеся ученые, внесшие огромный вклад в развитие угольной геологии. Встречи с ними сыграли исключительно важную роль в моей жизни. Без общения с ними я никогда не смог бы достичь того, что мне удалось сделать. И за это я приношу им глубокую благодарность.

В. Г. Кузнецов

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

К 110-ЛЕТИЮ ЛЕОНИДА ВАСИЛЬЕВИЧА ПУСТОВАЛОВА (1902 – 1970)

В плеяде крупных отечественных литологов яркой и оригинальной личностью является Леонид Васильевич Пустовалов которому 8 августа 2012 г. исполнилось бы 110 лет.

Его научное наследие не поражает обилием публикаций, но практически каждая из них была событием, а знаменитая «Петрография осадочных пород» (1940 г.) стала эпохой в становлении литологии как науки, ибо в ней впервые в мировой литературе осадочные породы рассматривались как закономерные ассоциации и были сформулированы важнейшие законы литологии (осадочной дифференциации, периодичности осадконакопления), введено понятие о геохимических фациях и др.

Научные заслуги Л. В. Пустовалова были высоко оценены еще при его жизни (присуждение Государственной премии 1-й степени уже в следующем после выхода в свет «Петрографии осадочных пород» году, награждение рядом правительственных наград, избрание членом-корреспондентом АН СССР). Научная общественность отметила шестидесятилетие Л. В. Пустовалова изданием под редакцией академика-секретаря отделения геологии АН СССР Д. И. Щербакова посвященного ему сборника статей «Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований» (М.: Изд-во АН СССР, 1963), где во вступительной статье, написанной крупнейшими отечественными геологами – академиком Д. И. Щербаковым, академиком Д. В. Наливкиным и Б. Н. Ерофеевым, охарактеризован творческий путь этого выдающегося исследователя [21].

Высоко оценил идеи и исследования Л. В. Пустовалова патриарх отечественной литологии М. С. Швецов: «... работа Л. В. Пустовалова сыграла большую положительную роль в развитии осадочной петрографии. Прежде всего она подчеркнула существование точных закономерностей образования осадочных пород и взаимоотношений и связей последних между собой. Она способствовала ... пробуждению и повышению интереса к изучению осадочных пород и пониманию необходимости выявления основных законов их образования [20, с. 209]. И далее: «... работа Л. В. Пустовалова, как и ее критика, способствовали привлечению внимания к целеустремленной разработке основ теории осадкообразования и поискам путей решения этой проблемы, основанных на тщательном изучении точных фактических данных, и сыграли немалую роль в развитии теоретических основ нашей науки» (там же).

Подобную оценку более чем через 30 лет дал В. Н. Холодов: «... Л. В. Пустовалов являлся пионером в поисках общих закономерностей осадочного породообразования. Он один из первых указал на необходимость создания общей теории осадочного процесса, и сам пытался осуществить эту задачу, а его книга дала мощный толчок для постановки широких исследований в этой области» [17, с. 26].

Оценка научной и педагогической деятельности Л. В. Пустовалова была дана и последующими поколениями ученых [1-3, 16-18, 24, 25].

Говоря о Л. В. Пустовалове, нельзя не отметить его педагогическую деятельность. С 1932 по 1940 гг. он был заведующим кафедрой минералогии и кристаллографии Московского института стали, а с 1934 г. – аналогичной общенаучной кафедрой минералогии и кристаллографии в Московском нефтяном институте. На ее основе в том же 1934 году он создал кафедру петрографии осадочных пород (ныне – кафедры литологии Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина), которой руководил 28 лет и где вел два базовых курса – минералогии и петрографии осадочных пород. Последний курс в отличие от существовавших ранее в значительной, если не основной, степени описательных рассматривал общие теоретические основы науки.

Основные научные положения Л. В. Пустовалова получили дальнейшее развитие.

Возобновление и разворот научных исследований сразу после Великой Отечественной войны вызвал интерес к работам Л. В. Пустовалова. Прежде всего были восприняты представления об осадочной дифференциации вещества, которые, объединив известные ранее идеи и разработки, выявили общие закономерности, регулирующие общий ход осадкообразования. Многочисленная и, увы, не всегда объективная и справедливая критика в итоге подтвердила основные положения, уточнила причины дифференциации, конкретизировала ход процесса, показала его сложность и многогранность, специфику проявления в разных обстановках. Были сформулированы понятия о биогенной, фазовой, физико-химической дифференциации, показана важная роль климата и органической жизни в осадочном процессе, в том числе и в осадочной дифференциации.

Дальнейшее развитие получили идеи о геохимических фациях. И хотя ряд первоначальных представлений, например, о положении окислительно-восстановительной границы относительно поверхности осадка, оказались ошибочны, сама идея получила дальнейшее развитие, использование химических элементов, их сочетаний и соотношений для восстановления геохимических обстановок широко используется [11, 12, 18, 19, 23].

Получили подтверждение и дальнейшее развитие представления о периодичности осадочного породообразования, была выявлена подобная периодичность разного масштаба, установлены и обоснованы иные, а час-

то уточняющие причины подобного явления, но суть идеи опять-таки осталась и получила дополнительное подтверждение.

Выход под редакцией и с основополагающими статьями Л. В. Пустовалова сборника о вторичных изменениях осадочных пород [13] положил начало специального целенаправленного и интенсивного изучения катагенетических процессов и их результатов [4, 5, 13, 15, 22, 26, 27]. По сути дела в литологии сформировалось стадияльное направление.

Значительно позднее было осознано положение Л. В. Пустовалова об изменении условий и процессов осадочного породообразования в истории Земли. А. Л. Яншин с некоторой досадой и горечью отмечал, что сама идея об эволюции геологических процессов произошла не в тектонике, а в литологии, и назвал П. В. Пустовалова основоположником этого направления [25]. В итоге трудами А. Л. Яншина и его школы в литологии сформировалось третье – после седиментологического и стадияльного – эволюционное направление.

Наряду с положительной оценкой работ Л. В. Пустовалова и при его жизни и после преждевременной кончины в возрасте 68 лет, его идеи вызвали оживленные дискуссии и критику. Критические замечания в целом можно объединить в три типа.

Во-первых, большая, если не сказать абсолютно большая, их часть касалась того, «что не сделано». Подобная практика, к сожалению, достаточно широко распространена, когда оценивается не суть того, что сделано, а что хорошо было бы сделать. При этом чем интересней и оригинальней работа, тем больше она открывает возможностей для дальнейших исследований, и естественно, что новаторские идеи Л. В. Пустовалова вызвали вал подобных предложений и замечаний.

Во-вторых, критика иногда доходила до того, что прямо или чаще косвенно обвиняла Л. В. Пустовалова в неиспользовании материалов, не известных во времена написания «Петрографии осадочных пород». При этом, кстати, при тщательном анализе нередко оказывалось, что вновь полученные данные в большинстве случаев не опровергают, а подтверждают и детализируют положения критикуемого автора.

Наконец, в-третьих, критика четко высказанных и отстаиваемых Л. В. Пустоваловым положений, которые действительно оказались ошибочными. В этом отношении, видимо, самым серьезным недостатком представлений Л. В. Пустовалова было не просто не учет, а практически полное отрицание роли жизни в осадочном процессе. Резкие и более чем определенные высказывания Л. В. Пустовалова по этому вопросу особенно непонятны, если вспомнить, что он был учеником Я. В. Самойлова, был лично знаком и обменивался публикациями с В. И. Вернадским. А Самойлов Я. В. и Вернадский В. И. – ученые, показавшие значение жизни в осадочном процессе и, более того, создавшие учение о биосфере.

С конца пятидесятих годов, вернее в последнее десятилетие своей жизни Л. В. Пустовалов занимался не столько фундаментальными, сколько прикладными проблемами. В организованной им Лаборатории осадочных полезных ископаемых (ЛЮПИ) было развернуто изучение полезных ископаемых осадочного происхождения, показано их нередко исключительное значение в общем балансе минерального сырья.

Совершенно естественно, что за прошедшие после смерти Л. В. Пустовалова десятилетия получен новый огромный фактический материал, появились новые концепции, ряд положений и выводов претерпел существенные изменения. Это, однако, не снижает научных заслуг Леонида Васильевича, светлая память о котором будет долго сохраняться в сердцах его учеников и последователей, а имя его навсегда будет вписано в историю становления науки литологии.

Библиографический список

1. **Дмитриевский А. Н., Князев В. С., Кузнецов В. Г., Лапинская Т. А., Прошляков Б. К.** Педагог и ученый // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 9-14.
2. **Дмитриевский А. Н., Лапинская Т. А.** Член-корреспондент АН СССР Леонид Васильевич Пустовалов. Серия «Выдающиеся ученые ГАНГ им. И. М. Губкина». Вып. 28. М.: Нефть и газ, 1997. 52 с.
3. **Князев В. С., Лапинская Т. А., Прошляков Б. К.** Научно-педагогическая деятельность члена-корр. АН СССР Л. В. Пустовалова – организатора кафедры петрографии осадочных пород в МНИ им. И. М. Губкина // Тр МИНХиГП им. И. М. Губкина. Вып. 161. 1982. С. 5-14.
4. **Копелиович А. В.** Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М.: Наука, 1965. 310 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 121).
5. **Коссовская А. Г.** Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и Западного Верхоянья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 204 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 63).
6. **Коссовская А. Г.** Развитие идей Л. В. Пустовалова в проблеме преобразования осадочных пород в метаморфические // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 22-31.
7. **Крашенинников Г. Ф.** Эволюция учения Л. В. Пустовалова о поверхностной осадочной дифференциации // Изв. вузов. Геология и разведка. 1983. № 10. С. 156-162.
8. **Крашенинников Г. Ф.** Работы Л. В. Пустовалова и современная литология // Проблемы экзогенного и метаморфогенного породо- и рудообразования. М.: Наука, 1985. С. 8-18.
9. **Кузнецов В. Г.** Л. В. Пустовалов – педагог // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отдел геологии. 1999. Т. 74. Вып. 3. С. 65-68.

10. **Кузнецов В. Г.** Учение Л. В. Пустовалова об осадочной дифференциации и его современное состояние // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отдел геологии. 2005. Т. 80. Вып. 1. С. 66-74.
11. **Лукашев В. К.** Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Минск: Наука и техника, 1972. 320 с.
12. **Маслов А. В.** Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
13. **О вторичных** изменениях осадочных пород // Труды Геол. ин-та, вып. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 224 с.
14. **Пустовалов Л. В.** Петрография осадочных пород. М.-Л., 1940. Т. 1. 476 с. Т. 2. 420 с. Т. 3. 130 с.
15. **Симанович И. М.** Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 152 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 314).
16. **Фролов В. Т.** Литология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. Кн. 1. 336 с.
17. **Холодов В. Н.** Роль Л. В. Пустовалова в развитии современных идей литологии и геохимии осадочных пород // Проблемы экзогенного и метаморфогенного породо- и рудообразования. М.: Наука. 1985, С. 18-30.
18. **Холодов В. Н.** Л. В. Пустовалов – основатель учения о геохимических фациях // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 14-22.
19. **Холодов В. Н., Недумов Р. И.** О геохимических критериях появления сероводородного заражения в древних водоемах // Изв. АН СССР, сер. геол. 1991. № 12. С. 74-82.
20. **Швецов М. С.** Материалы к истории развития науки об осадочных породах в СССР // Очерки по истории геологических знаний. Вып. 6. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 97-237.
21. **Щербаков Д. И., Наливкин Д. В., Ерофеев Б. Н.** Творческий путь Л. В. Пустовалова // Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5 - 21.
22. **Эпигенез** и его минеральные индикаторы. М.: Наука, 1971. 110 с.
23. **Эрнст В.** Геохимический анализ фаций. Л.: Недра, 1976. 127 с.
24. **Юдин Н. И.** Учение Л. В. Пустовалова об осадочных полезных ископаемых // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 31-35.
25. **Яншин А. Л.** Л. В. Пустовалов – основоположник учения об эволюции геологических процессов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 3-9.
26. **Япаскurt О. В.** Литогенез в осадочных бассейнах миогеосинклиналей. М.: Изд-во МГУ, 1989. 152 с.
27. **Япаскurt О. В.** Основы учения о литогенезе. М.: Изд-во МГУ, 2005. 379 с.



Л. В. Пустовалов на полевых работах



Л. В. Пустовалов за рабочим столом

В. Г. Кузнецов

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

ТЕОРИИ РИФООБРАЗОВАНИЯ Ч. ДАРВИНА 175 ЛЕТ

... путешественник не может не прийти в изумление, когда он в первый раз видит одно из этих огромных, созданных кораллами колец, часто достигающих нескольких лье в диаметре, там и сям увенчанных низменными зелеными островами с ослепительно белыми берегами, колец, омываемых извне пенящимися волнами океанического прибоя и окружающих пространство спокойной воды, которая в силу отражения обычно имеет блестящую, но бледно-зеленую окраску. Натуралист почувствует ещё более сильное изумление, когда он осмотрит мягкие, почти студенистые тела этих, по-видимому, столь незначительных коралловых полипов и когда он узнает, что твердый риф нарастает лишь с внешней стороны, где день и ночь плещут прибойные воды никогда не отдыхающего океана.

Ч. Дарвин [6, стр. 293]

В сознании цивилизованного человечества Чарльз Дарвин – биолог, автор эпохального труда «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствующих пород в борьбе за жизнь», который показал развитие, последовательные и закономерные изменения живой природы, вплоть до появления человека. Естественно, что за прошедшие с тех пор полтора столетия появились новые факты, новые объяснения механизма наследственности и изменчивости, но основные идеи в целом сохранились. Отмечая 150-ю годовщину выхода в свет этой работы Ч. Дарвина, доктор биологических наук П. М. Бородин указал: «Перечитывая ее сейчас, нельзя не удивляться, насколько она современна, насколько хорошо в нее встраиваются все новейшие открытия в самых разных областях: генетики, биологии развития, молекулярной биологии, геологии, палеонтологии и исторической географии. Мы можем заменить в ней факты, приведенные Дарвином, на факты, добытые в последние годы, но логика книги, ее основные выводы и заключения останутся теми же» [2, стр. 4].

Его учение вызвало энтузиазм и поддержку одних и столь же резкое неприятие и даже остракизм других, прежде всего приверженцев актов творения. Биологические работы Ч. Дарвина содержали более глубокие общеметодологические идеи и принципы, которые вышли за рамки чисто биологических наук, и идеи эволюции приобрели во многом общенаучное значение.

В биологию он «пришел» не сразу, его первые исследования были посвящены геологии. Начало изучения геологии относится ко времени учебы Дарвина в Эдинбургском университете, где, как писал он в своей автобиографии: «... посещал лекции профессора Джемсона по геологии и зоологии, но они были невероятно скучны. Единственным результатом того впечатления, которое они произвели на меня, было решение никогда, пока я буду жив, не читать книг по геологии и вообще не заниматься этой наукой» [8, стр. 186].

К счастью, во время последующего обучения в Кембридже Ч. Дарвин тесно сошелся и, как он сам писал позже, подружился с профессором Джоном Стивенсоном Генсло, «... человеком, сведущим во всех областях науки... Он обладал обширными познаниями в ботанике, энтомологии, химии, минералогии и геологии» [8, стр. 193]. Генсло же убедил Дарвина «приступить к изучению геологии» [8, стр. 196]. Дарвин занялся составлением, в том числе под руководством одного из крупнейших геологов того времени Адама Седжвика «... геологических разрезов окрестностей Шрусбери и составил раскрашенную карту их» [8, стр. 196].

Серьезные геологические исследования Дарвина, выполненные во время его пятилетнего путешествия на корабле «Бигль» с 27 декабря 1831 г. по 2 октября 1836 г., имели по тем временам важное значение. Они касались в основном конкретных объектов, вопросов «региональной геологии», а частично и более общих проблем геологии, в частности, подтверждая фактическим материалом теоретические положения его старшего современника Ч. Лайеля.

Но главным геологическим трудом Ч. Дарвина, безусловно, является его работа по коралловым рифам, выполненная, выражаясь современным языком, на стыке геологии и зоологии, если можно так выразиться, с привлечением данных экологии – обстановок и условий обитания кораллов.

Одной из причин «измены геологии» в дальнейшем было, видимо, состояние его здоровья, необходимость стабильного места жизни и работы.

Теория Дарвина о происхождении коралловых рифов вошла во многие популярные издания, во все учебники и учебные пособия. Не в обиду будь сказано авторам большинства из них, непосредственно работу Дарвина они не читали, а излагают «чей-то пересказ чьего-то рассказа о том, что этот кто-то третий читал сам, а может быть, слышал от кого-то». Это весьма нелицеприятное заключение легко показать фактически. Практически все авторы начинают с «классификации рифов Дарвина». Читаем оригинал: «Без какого-либо определенного намерения дать классификацию коралловых рифов большинство путешественников дает им следующие названия: «лагунные острова», или «атоллы», «барьерные» или «окружающие», рифы и «окаймляющие», или «береговые», рифы [6, стр. 293]. Дарвин указывал на наличие и других рифов, которые «... встречаются также

и вокруг подводных отмелей...; иные совершенно беспорядочно рассеяны там, где море очень мелко» [6, стр. 295].

Весьма сухо и часто невразумительно описываются сами представления о формировании рифов. Если даже всё более или менее точно соответствует представлениям Дарвина, то полностью исчезает «дух» автора, логика его рассуждений и аргументаций. Исследователь, занимающийся изучением рифов, должен сам прочесть это произведение, получить при этом эстетическое удовольствие и, главное, эмоциональный настрой и стимул к дальнейшим исследованиям. Сделать это, в общем, не очень сложно. Конечно, найти и прочесть сам оригинал весьма сложно технически, плюс необходимость совершенного владения языком, да еще середины позапрошлого столетия. Но в нашей стране эта работа опубликована в переводе и с комментариями профессионалов самого высокого класса Н. С. Шатского, Л. Ш. Давиташвили.

Сама эта пятилетняя экспедиция стала в истории науки эпохальной. Ее основной целью были картографические работы и съемки по атлантическому и тихоокеанскому побережьям Южной Америки. Однако всемирную славу экспедиции и «славному маленькому кораблику «Бигль» принесло участие в ней практически вольноопределяющегося молодого начинающего исследователя Чарльза Дарвина (рис. 1).

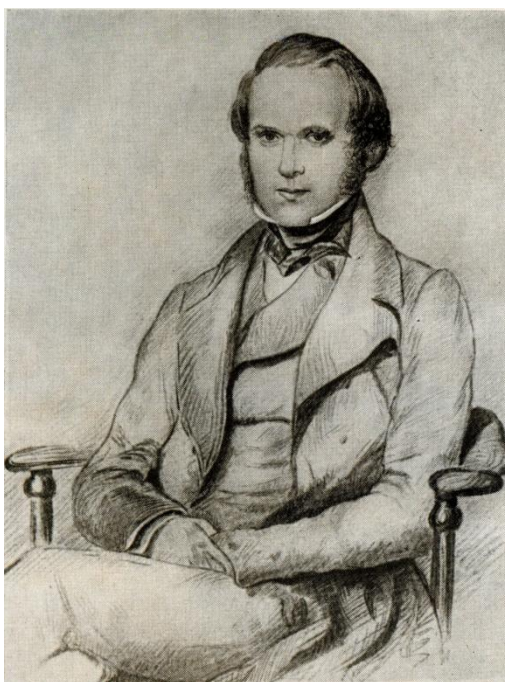


Рис. 1. Чарльз Дарвин в молодости

Историю своего появления в качестве члена экспедиции сам Дарвин описал в автобиографии. Один из учителей Дарвина, упоминавшийся выше профессор ботаники Генсло, сообщил Дарвину, что капитан Фиц-Рой «... готов уступить часть своей собственной каюты какому-нибудь моло-

дому человеку, который согласился бы добровольно и без всякого вознаграждения отправиться с ним в путешествие на «Бигле» в качестве натуралиста» [8, стр.197] и он, Генсло, предложил на это место кандидатуру Дарвина. Свою рекомендацию он объяснил в письме к Дарвину 24 августа 1831 г.: «Я заявил, что считаю Вас из всех, кого я знаю, наиболее подходящим для этой цели. Я утверждаю это не потому, что вижу в Вас законченного натуралиста, а по той причине, что Вы весьма специализировались в коллекционировании, наблюдении и способности отмечать все то, что заслуживает быть отмеченным в естественной истории. ... Не впадайте из-за скромности в сомнения или опасения относительно неспособности, ибо – уверяю Вас – я убежден, что Вы и есть тот человек, которого они ищут» (цит. по [10, стр. 17]). После ряда сомнений самого Чарльза и его отца положительное решение было все же принято, и в начале сентября Дарвин был «внесен в списки на снабжение провиантом», хотя оплачивать его он должен был сам. Счастье для мировой науки, что его отец был состоятельным человеком и смог финансировать эту путешествие [11].

По поводу этого корабля имеются несколько различные сведения. В «Отчете» капитана Фиц-Роя этот корабль назван барком, вооруженным шестью пушками (цит. по [10, стр. 22]), в то время как сам Дарвин характеризует его как «корабль флота ее Величества десятипушечный бриг» [7, стр. 51]. Как писал позднее сам Ч. Дарвин: «Путешествие на «Бигле» было самым значительным событием моей жизни, определившим весь мой дальнейший жизненный путь... Я всегда считал, что именно путешествию я обязан первым подлинным дисциплинированием, т. е. воспитанием моего ума; я был поставлен в необходимость вплотную заняться несколькими разделами естественной истории, и благодаря этому мои способности к наблюдению усовершенствовались, хотя они уже и до того времени были неплохо развиты» [8, стр. 200]. При этом «Насколько я в состоянии сам судить о себе, я работал во время путешествия с величайшим напряжением моих сил просто оттого, что мне доставлял удовольствие процесс исследования, а также потому, что я страстно желал добавить несколько новых фактов к тому великому множеству их, которым владеет естествознание» [8, стр. 202].

Первые ближайшие научные результаты путешествия на корабле «Бигль» были преимущественно геологическими. Кроме «Коралловых рифов» Дарвином написаны «Геологические наблюдения над вулканическими островами и частями Южной Америки, посещенными во время путешествия корабля ее Величества «Бигль», «Геология», серия статей о ледниковых отложениях; сведения о геологической деятельности дождевых червей и другие мелкие заметки. Геологические аспекты работ Ч. Дарвина подробно исследованы и прокомментированы Н. С. Шатским [13-15], Л. Ш. Давиташвили [5], описаны в серии частных публикаций, особенно по проблеме происхождения коралловых рифов.

В своей автобиографии Ч. Дарвин писал: «Я взял с собою первый том «Principles of Geology» («Основ геологии») Лайеля и внимательно изучил эту книгу, которая принесла мне величайшую пользу во многих отношениях. Уже самое первое исследование, проведенное мною в Сант-Яго на островах Зеленого мыса, ясно показало мне изумительное превосходство метода, примененного Лайелем в трактовке геологии, по сравнению с методами всех других авторов, работы которых я взял с собою или прочитал когда-либо впоследствии» [8, стр. 201]. Самым важным, пережившим века геологическим результатом экспедиции на «Бигле» было создание теории образования рифов и генетической связи береговых, барьерных рифов и атоллов. Справедливо считается, что это вторая по значимости работа после «Происхождения видов» Дарвина, хотя для широкой аудитории «Происхождение человека и половой отбор» неизмеримо более известна, к сожалению, скорее, скандально известна.

Появление работы, точнее разработанной в ней идеи, подробно описал сам Дарвин: «Ни один другой мой труд не был начат в таком чисто дедуктивном плане, как этот, ибо вся теория была придумана мною, когда я находился на западном берегу Южной Америки, до того, как я увидел хотя бы один настоящий коралловый риф. Мне оставалось поэтому лишь проверить и развить свои взгляды путем тщательного исследования живых [коралловых] рифов. Правда, нужно заметить, что в течение двух предшествующих лет я имел возможность непрерывно наблюдать то действие, которое оказывали на берега Южной Америки перемежающееся поднятие суши совместно с процессами денудации и образования осадочных отложений. Это с необходимостью привело меня к длительным размышлениям о результатах процесса опускания [суши], и было уже нетрудно мысленно заместить непрерывное образование осадочных отложений ростом кораллов, направленным вверх. Сделать это – и означало построить мою теорию образования барьерных рифов и атоллов» [8, стр. 214].

Океанические рифы, и прежде всего атоллы, поражали путешественников и исследователей своей красотой и необычностью. Это, в частности, отразилось в словах восхищения самого Дарвина на первой же странице введения, которые приведены в эпиграфе. После собственного «изумления» он приводит слова Франсуа Пирар де Лавая, который в 1605 году воскликнул: «Чудесное зрелище представляет собой каждый из этих атоллов, окруженный со всех сторон большой каменной стеной, и притом без всякого участия человеческого искусства» [6, стр. 294].

Такое «изумление» вызывает желание понять, почему и как возникает подобный объект, появляется стимул к исследованию. Сама наука возникает именно от подобного удивления. На этот первоначальный толчок к появлению науки указал еще Аристотель. Подзаголовок второй главы книги первой «Метафизики» звучит: «Мудрость (высшая наука) имеет не действительный, но теоретический характер; это явствует из того, что источни-

ком, откуда она появилась, было удивление...» [Аристотель, 2006, стр. 8]. В другом переводе это положение звучит еще более определенно: «Удивление – источник появления науки о первых началах и причинах» [1, стр. 68]. И далее: «...вследствие удивления люди и теперь и впервые начали философствовать, причем вначале они испытали изумление по поводу тех затруднительных вещей, которые были непосредственно перед ними, а затем понемногу продвинулись на этом пути дальше и осознали трудности в более крупных вопросах. ... человек, который любит мифы, является до некоторой степени философом, ибо миф слагается из вещей, вызывающих удивление» [Аристотель, 2006, стр. 10].

Близкие соображения находим и у другого выдающегося естествоиспытателя. 8 июля 1882 г. В. И. Вернадский записал в своем дневнике: «Какое наслаждение «вопрошадь природу», «пытать ее»! Какой рой вопросов, мыслей, соображений! Сколько причин для *удивления* (выделено мною. – В. К.), сколько ощущений приятного при попытке обнять своим умом, воспроизвести в себе ту работу, какая длилась века в бесконечных ее областях!». [12, стр. 34]. Подобное удивление далее вызывает уже вопросы. В письме своей супруге 2 июля 1887 г. он пишет: «... нет ничего сильнее желания познания, силы сомнения; знаешь, когда при знании фактов доходишь до вопросов «почему, отчего», их непременно надо разъяснить, разъяснить во что бы то ни стало, найти решение их, каково бы оно ни было» [3, стр. 106].

Вместе с тем проблема образования рифов, равно как и соотношения трех их основных типов – береговых, барьерных и атоллов, отнюдь не была решена. Повторим, выделение этих рифов – вовсе не классификация Дарвина, что ему обычно приписывается.

В вопросе происхождения рифов существовали представления, восходящие, видимо, к Форстеру – натуралисту, участнику экспедиции Дж. Кука, о том, что рифы растут из глубин океана, наподобие наземных растений, увеличивая со временем свою высоту. Кольцевую форму атоллов Ч. Лайель, например, объяснял расположением рифостроящих кораллов и, соответственно, рифов вокруг кратеров подводных вулканов.

Свои представления о развитии рифов – «теорию происхождения рифов» – Дарвин, как указывалось выше, создал вначале чисто дедуктивным путем и затем подтверждал ее примерами конкретных рифов. Первые заметки появились в записных книжках и дневниках, а «официальное» оглашение прошло в мае 1837 г. на заседании Лондонского геологического общества, членом которого он был избран по рекомендации Дж. Генсло 30 ноября 1836 года после возвращения из путешествия. Таким образом, 2012 год – год, хотя и не круглой, но все же значительной даты – 175-летия обнародования этой теории. Геологические материалы путешествия были опубликованы в 1839 году в предварительном отчете. Позднее, в 1842 г., вышла отдельная книга, посвященная именно коралловым рифам. «... по-

следний корректурный лист ... был подписан мною 6 мая 1842 г. Книга эта, хотя она и невелика по объему, стоила мне двенадцати месяцев напряженного труда, так как мне пришлось прочитать все работы об островах Тихого океана и справляться с множеством морских карт. Люди науки были высокого мнения об этой книге, и мне кажется, что теория, изложенная в ней, теперь вполне упрочилась» [8, стр. 213]. Кроме того, основные представления изложены в опубликованном в 1845 г. «Дневнике изысканий по естественной истории и геологии стран, посещенных во время кругосветного плавания корабля ее Величества «Бигль» под командой капитана королевского флота Фиц-Роя». Первое русское издание этого дневника появилось в 1871 г.; дневник неоднократно переиздавался под названием «Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль» [7]» и в 1874 г. вторым, дополненным и в определенной степени переработанным изданием под названием «Строение и происхождение коралловых рифов».

Теория образования рифов Ч. Дарвина была простой, но простой после того, как ее сформулировали, и для тех, кому ее объяснили. Суть ее он изложил уже во введении: «Незначительная глубина, на которой могут процветать рифообразующие коралловые полипы, а также некоторые другие обстоятельства заставляют нас, как это будет видно, прийти к заключению, что поскольку дело касается атоллов и барьерных рифов, то основание, к которому коралл первоначально прикреплялся, опускалось, и что во время этого опускания рифы нарастали вверх. Далее будет видно, что это заключение наиболее удовлетворительно объясняет очертания и общую форму атоллов и барьерных рифов, а также некоторые особенности их строения» [16, стр. 295].

Дарвин установил, что рифостроящие кораллы обитают в относительно узком интервале глубин, причем незначительных – до 20 – 30 фатомов (36-54 м) под уровнем моря, а оптимальная глубина процветания не превышает 15 фатомов (27 м). «На основании этих наблюдений, подтверждаемых многими другими, можно с уверенностью считать, что наибольшая глубина, на которой кораллы могут возводить рифы, лежит между 20 и 30 фатомами» [7, стр. 492-493]. Следовательно, рифы не могли расти к поверхности океана с больших глубин. Крутые внешние склоны рифов указывали на значительную высоту и как следствие – толщину (мощность) рифов. Подобное обстоятельство могло быть объяснено тем, что основание, на котором начиналось рифообразование, первоначально располагалось на небольшой, благоприятной для жизни кораллов глубине, а затем погружалось (тут в основе – идеи Ч. Лайеля о медленных и равномерных движениях земной коры), причем это погружение компенсировалось ростом кораллов, и глубина сохранялась более или менее постоянной.

Несколько отвлекаясь от темы настоящей статьи, следует отметить, что в настоящее время в схему Дарвина внесены некоторые уточнения, не меняющие сути его основной идеи. Уже в 1881 г. Иоганнес Вальтер указал,

что для роста рифов важно изменение расстояния между дном моря и поверхностью воды [20]. В современной терминологии секвентной стратиграфии это называется изменением пространства аккомодации «как пространства (объема), которое дает потенциальную возможность для накопления осадков и которое является функцией флуктуации уровня моря и прогибания» [Jervey, 1988]. Поэтому многие голоценовые рифы формировались во время фландрской (висконсинской) трансгрессии, обусловленной гляциоэвстатическим повышением уровня моря.

В схеме Дарвина был один слабый момент – представление о мощности рифа основывалось на косвенных показателях – высоте рифа и крутизне его склонов. Сам Дарвин это прекрасно понимал и считал, что для полного доказательства этих представлений нужен был разрез рифового тела, а не только изучение его поверхности и склонов. В письме Л. Агассицу 5 мая 1881 г. Дарвин писал: «Мне хотелось бы, чтобы какому-нибудь архимиллионеру пришло в голову произвести бурение на некоторых атоллах Тихого и Индийского океанов и привезти оттуда колонки для срезов с глубины в 500 – 600 футов» (цит. по [13, стр. 174]). Уже после смерти Дарвина на атолле Фунафути, выбранном адмиралом В. Уортоном, который, кстати, не был приверженцем взглядов Дарвина, была пробурена скважина глубиной 1114 футов, которая практически шла по рифовым известнякам, сложенным теми же мелководными кораллами, которые образуют и современный риф. Это полностью подтвердило идеи Дарвина о мелководном в целом образовании рифов и постоянном прогибании основания, прогибании, которое компенсируется ростом рифа.

В начале 50-х годов XX столетия Геологической службой США по заданию Комиссии по атомной энергии перед ядерными испытаниями на атолле Энвевток были пробурены две скважины. На глубинах 1266 и 1385 м соответственно они вскрыли базальтовое основание. Было показано, что рифы начали развиваться с эоцена, прогибание иногда сменялось подъемом, что зафиксировано наличием пыльцы растений и остатками наземной фауны. Аналогичные данные получены и на атолле Мидуэй [17, 18]. Эти материалы еще раз дополнительно подтвердили идеи Дарвина о происхождении и развитии коралловых рифов.

Вместе с тем даже при наличии у Дарвина только косвенных аргументов, эта схема объясняла появление кольцевых рифов – «лагунных островов», или «атоллов», опять-таки с привлечением механизма Лайелевского спокойного о прогибания. Как отметил Ч. Дарвин, «ни одну теорию образования коралловых рифов нельзя признать удовлетворительной, если она не охватывает всех трех больших типов» [7, стр. 497]. И далее: «Поэтому я рискну утверждать, что с точки зрения роста кораллов вверх во время погружения суши просто объясняются все главные особенности тех чудесных сооружений, лагунных островов, или атоллов, которые так давно привлекают внимание путешественников, – равно как и не менее чудесных

барьерных рифов, окружающих маленькие острова или тянувшихся на сотни миль вдоль берегов материка» [7, стр. 499-500]. При этом высказывались положения и общегеологического характера о темпах прогибания и компенсированном осадконакоплении: «... мы уже допускаем, что скорость опускания обычно не превышает скорости роста вверх массивных кораллов, живущих на краях рифов; так что мы должны сделать лишь дальнейшее предположение, что скорость опускания никогда не превышала ту скорость, с которой лагуны и лагуны-каналы заполняются вследствие нарастания живущих там кораллов и вследствие накопления осадков. Поскольку ... процесс заполнения должен быть чрезвычайно медленным, мы должны заключить, что движение опускания всегда было столь же медленным [6, стр. 372].

На мелководье вокруг островов, в том числе вулканических, возникали береговые рифы, практически примыкающие к береговой кромке или отстоящие от нее на очень небольшое расстояние. По мере погружения острова, рифы росли вверх, а сам бывший остров постепенно покрывался водой (морем), и на его месте возникала лагуна, куда сносился более тонкий карбонатный материал – продукты разрушения окружающего рифа. В итоге возникал атолл. Дарвин привел примеры разных стадий подобного погружения и развития лагуны, когда на начальных этапах в ее центральной части еще сохранялся не полностью покрытый водой остров, затем островок и, наконец, формировался настоящий атолл (рис. 2, 3). Если первоначальный береговой риф формировался в виде линейного образования вдоль континента, то при погружении образовывался барьерный риф. Дарвин сформулировал это следующим образом: «Если бы опусканию подвергался не остров, ...а берег материка, окаймленного рифом, то неизбежно возник бы большой барьерный риф, подобный рифу на с.-в. берегу Австралии. ... близкое сходство в форме, размерах, строении и относительном положении, наблюдаемое между береговыми и кольцевыми барьерными рифами, а также между этими последними и атоллами, есть неизбежный результат превращения рифов одного класса в рифы другого класса во время опускания. С этой точки зрения все три класса рифов должны быть связаны между собой постепенными переходами» [6, стр. 363-364].

Теория происхождения коралловых рифов вызвала большой интерес и быстро завоевала признание. «По возвращении из путешествия на «Бигле» я ознакомил его (Лайеля. – В. К.) с моими идеями относительно коралловых рифов; взгляды наши по этому вопросу различались, и меня чрезвычайно поразил и поощрил тот живой интерес, который был им проявлен [к моей теории]» [8, стр. 214 - 215]. В другом месте он повторяет это впечатление: «... я был в равной мере удивлен и восхищен тем интересом, с которым

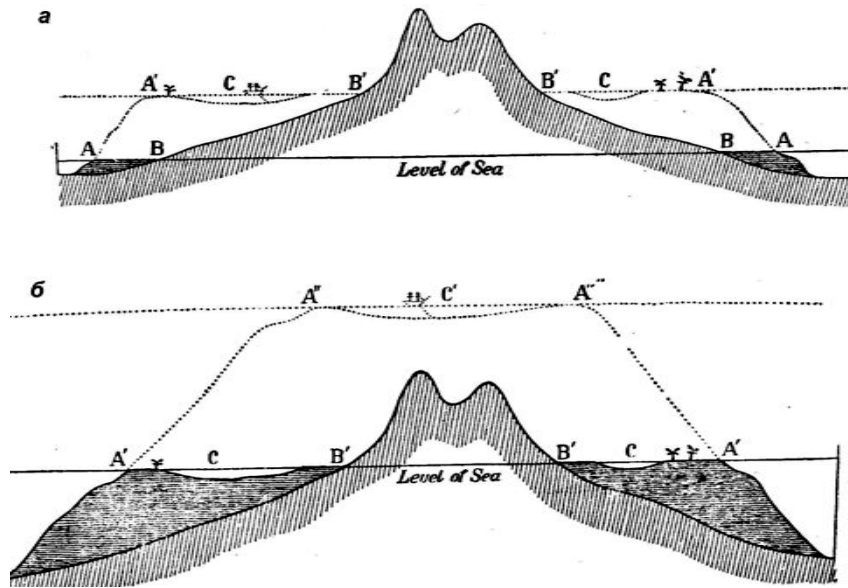


Рис. 2. Рисунки 5 (а) и 6 (б) из работы Дарвина [6], иллюстрирующие преобразования берегового рифа в барьерный, а затем в атолл:

а – АА – наружный край рифа на уровне моря – развитие берегового рифа; ВВ – берега острова; А'А' – наружный край рифа после его нарастания кверху в течение периода опускания; СС – лагуна-канал между рифом и берегами ныне окруженной суши; В'В' – берега окруженного острова;

б – А'А' – наружные края барьерного рифа на уровне моря. Кокосовые деревья указывают на коралловые островки, образовавшиеся на рифе; СС – лагуна-канал; В'В' – берега острова; А''А'' – наружные края рифа, ныне образующие атолл; С' – лагуна вновь образовавшегося атолла

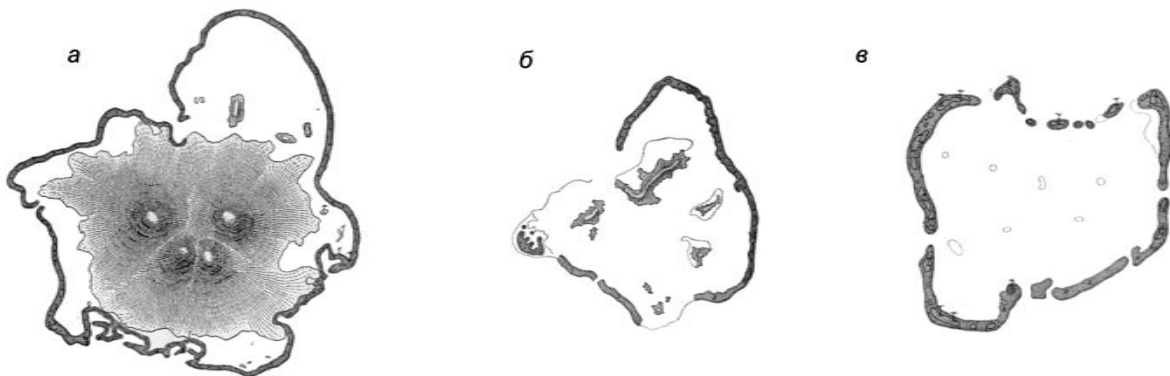


Рис. 3. Сходство в форме между барьерными коралловыми рифами, окружающими гористые острова, и атоллами. [6, приложение, табл. 1]:

а – остров Пуинипете (Каролинский архипелаг, Тихий океан) – барьерный, местами береговой риф, обрамляющий остров;

б – острова Гамбьера (архипелаг Паумоту, Тихий океан) – остатки погруженных островов, огражденных барьерным рифом;

в – атолл Перос Баньос (архипелаг Чагос, Индийский океан) – стадия полного перекрытия морем бывшего острова, вследствие погружения последнего. Пунктиром намечены мелкие подводные рифы в лагуне

он отнесся к моим взглядам на коралловые рифы, когда по возвращении в Англию я познакомил его с ними» [8, стр. 204]. Н. С. Шатский [13, стр. 174] со ссылкой на Джада отмечает, что Лайель, выслушав объяснения Дарвина, пришел в возбуждение и восхищение, убедился в неизмеримом превосходстве его теории над своей собственной и настоял на быстрейшем изложении ее на заседании Геологического общества. Полезно отметить, что в последующих изданиях «Основ геологии» Лайель по сути дела излагал именно эти дарвиновские представления о строении и развитии коралловых рифов.

Известный английский геолог Арчибальд Гейки указал, что теория Дарвина «простотой и величием повергает в изумление каждого читателя. ... Мир никогда еще не видел столь замечательного примера научного метода» (цит. по [5, стр. 277]). Успех работы отмечал и сам Дарвин. Во втором издании «Строения и распространения коралловых рифов», кратко ответив на появившиеся замечания ряда исследователей (профессора Дана, Семпера), он привел и мнения, подтверждающие его представления: «Покойный профессор Джекс в своем описании плавания английского корабля «Флай», опубликованном в 1847 г., посвящает главу барьерным рифам Австралии, которую он заключает следующими словами: «Сделав много наблюдений относительно рифов Большого барьера и много поразмыслив о них, я, после попыток найти какую-либо возможность избежать выводов, к которым пришел м-р Дарвин, не могу не добавить, что его гипотеза представляется мне совершенно удовлетворительной и, выходя за пределы простой гипотезы, вырастает в настоящую теорию коралловых рифов» [6, стр. 288]. Аналогично, в «Путешествии ...» Дарвин привел слова натуралиста м-ра Каутоя: «Лично осмотрев большое количество коралловых островов и проведя восемь месяцев на вулканических островах с береговыми и отчасти окружающими рифами, я могу позволить себе заявить, что мои собственные наблюдения убеждают меня в правильности теории м-ра Дарвина» [7, стр. 499-500].

Кроме подтверждения идей Ч. Дарвина о развитии рифов сама логика рассуждений вызвала повышенный интерес к рифам вообще. Целый ряд ископаемых образований был переинтерпретирован в качестве ископаемых рифов.

В нашей стране считалось, что впервые ископаемые рифы были описаны Р. Мурчисоном на острове Готланд именно под влиянием представлений, возникших после появления работы Ч. Дарвина, что оказалось не совсем верным, поскольку это были не первые объекты такого рода.

Немецкий геолог, палеонтолог Э. Шлотхейм в 1817 году в трудах Императорской академии наук Баварии описал мшанковые постройки цехштейна Тюрингии как ископаемые рифы [Кузнецов, 1981, 19]: «Окаменелости, главным образом кораллы в сообществе с криноидеями *Encr. Ramosus*, распределены у Глюкбурна и Либенштайна во многих местах в сво-

ем первоначальном, неповрежденном виде и изгибаются, переплетаются многочисленными своими ветвями и руками во всех направлениях.... Они встречаются при более детальном рассмотрении почти везде полностью связанной массой и только редко в виде фрагментов, и предположение о том, что здесь в некоторых из отдельно стоящих утесов мы имеем дело с коралловыми рифами прошедших времен, получает вследствие этого высокую степень вероятности» [19, стр. 16]. Упоминание коралловых рифов объясняется тем, что, мшанки тогда еще не были выделены в самостоятельный тип и считались моховыми кораллами (Mooskorallen).

Вместе с тем публикация работы Дарвина действительно дала толчок к изучению ископаемых рифов. В Америке первые ископаемые рифы были идентифицированы как таковые в силуре Мичиганского бассейна в 1843 г., то есть спустя всего 6 лет после доклада Дарвина в Лондонском геологическом обществе и 4 года спустя после публикации «Дневников и заметок» [16]. В 1847 году Р. И. Мурчисон обосновал рифовую природу карбонатных массивов силура на острове Готланд.

Небольшое отступление. Влияние Дарвина было действительно очень велико, изящество его аргументации и само развитие коралловых колоний и его результат в виде образования громадных рифов вызвали интерес не только у геологов, или – шире – естествоиспытателей, но и в образованных кругах общества в целом. По-видимому, тяга к естественным знаниям в этот период была очень велика, о чем, в частности, свидетельствует успех курса лекций Ч. Лайеля. Показательно, что такой интерес проник даже в среду, далекую от естествознания, в среду, как сказали бы сейчас, гуманитариев. При этом возникли и, как показала дальнейшая история, сохраняются до сих пор определенные аналогии рифового сообщества и человеческого общества.

А. И. Герцен в своих мемуарах «Былое и думы» (напомним, что отдельные главы печатались уже в 1855 – 1859 гг. в «Полярной звезде») использовал пример коралловых рифов, точнее их развития (по сути дела по Ч. Дарвину), как некую модель развития природы и, косвенно, – человеческого общества: «Мы знаем, как природа распоряжается с личностями: ... десятки тысяч лет наносит какой-нибудь коралловый риф, всякую весну покидая смерти забежавшие ряды. Полипы умирают, не подозревая, что они служат *прогрессу* рифа. Чему-нибудь послужим и мы» [4, стр. 104].

Поразительная вещь. В. Г. Короленко в письме А. В. Луначарскому приводит слова американского социалиста и одновременно чиновника мистера Стона: «Общество не есть организм, но в обществе есть много органического, развивающегося по своим законам. Новые формы назревают в нем так же, как растут на дне океана коралловые рифы. Как известно, такой риф есть сплетение отдельных животных, развивающихся по законам собственной жизни. Сплетаясь, они образуют гряду, которая все растет. То, что можно бы сравнить с социальной революцией, – это тот момент,

когда риф поднялся над поверхностью океана. В это время он подвергается свирепым ударам океанских волн, стремящихся снести неожиданное препятствие, с одной стороны. С другой – влияние атмосферы стремится зародить жизнь на этой новой основе. Нужна была долгая органическая работа под водой, чтобы дать для этого устойчивое основание» [9, стр. 202].

Надо думать, что В. Г. Короленко читал А. И. Герцена, может быть, даже обратил внимание на процитированный пример с рифами. Но более чем сомнительно, что Герцена читал упомянутый американец. И уж точно не читал, а скорее и не слышал ничего о Герцене современный американский геолог Роберт Гинзбург из Майами. Но на 18-й региональной сессии Международной ассоциации седиментологов в 1997 г. в Гейдельберге, Германия, Роберт Гинзбург прочел публичную лекцию «Геологические аспекты коралловых рифов как подводных поселений», где сравнивал рифовые постройки и морфологию коралловых колоний с современной архитектурой.

Удивительное, взаимно не обусловленное, но однотипное сопоставление коралловых рифов и человеческого общества в течение столь длительного времени!

Теория коралловых рифов Ч. Дарвина в основных, основополагающих частях жива и признается геологами истинной и в настоящее время. Интерес к ним, возникший в том числе и в результате работы Дарвина, вышел за рамки геологии и стал практически всеобщим. Это, повторим, и позволяет отметить не очень круглую дату ее создания.

Библиографический список

1. **Аристотель.** Метафизика. Сочинения. Т. 1. М.: Мысль, 1975. 550 с.
2. **Бородин П. М.** Перечитывая «Происхождение видов» // Природа. 2009. № 3. С. 4-12.
3. **Вернадский В. И.** Письма Н. Е. Вернадской, 1886-1889. М.: Наука, 1988. 304 с.
4. **Герцен А. И.** Былое и думы. Киев: Днипро, 1986. Части V-VIII. С. 104.
5. **Давиташвили Л. Ш.** Историческая роль теории образования коралловых рифов Дарвина и ее значение для науки наших дней // Чарлз Дарвин. Сочинения. Т. 2. М.-Л.: Гос. изд-во биол. и мед. литературы, 1936. С. 277-284.
6. **Дарвин Ч.** Строение и распределение коралловых рифов. Сочинения. Т. 2. М.-Л., 1936. С. 285-448.
7. **Дарвин Ч.** Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль». М.: Географгиз, 1954. 576 с.

8. **Дарвин Ч.** Воспоминания о развитии моего ума и характера: автобиография. Сочинения. Т. 9. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 166-242.
9. **Короленко В.** Письма к Луначарскому // Новый мир 1988. № 10. С. 198-218.
10. **Соболь С. Л.** Путешествие Дарвина вокруг света и его значение в истории естествознания // Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль». М.: Географгиз, 1954. С. 7-46.
11. **Соболь С. Л.** Вступительная статья // Ч. Дарвин. Сочинения. Т. 9. М.: Изд-во, АН СССР, 1959. С. XI-LVI.
12. **Страницы** автобиографии В. И. Вернадского. М.: Наука, 1981. 359 с.
13. **Шатский Н. С.** Дарвин как геолог. Избранные труды. Т. 1V. М.: Наука, 1965-1. С. 161-198.
14. **Шатский Н. С.** Геологические наблюдения Ч. Дарвина. Избранные труды. Т. 1V. М.: Наука, 1965-2. С. 189-218.
15. **Шатский Н. С.** Геология в исследованиях Чарльза Дарвина. Избранные труды. Т. 1V. М.: Наука, 1965-3. С. 199-218.
16. **James N. P., Geldsetzer H. H.** J. Reefs – Canada and adjacent areas // Reefs Canada and adjacent areas. Canadian Society of Petroleum Geologists, Mem. 13. Calgary, 1999. P. 1 – 8.
17. **Ladd H. S., Ingerson E., Townsend R. S., Russel M., Stephenson H. K.** Drilling in Eniwetok atoll, Marshall Islands // Am. Ass. Petrol. Geol., Bull., 1953. V. 36. N 10. P. 2257 – 2280.
18. **Ladd H. S., Tracey J. I., Gross Jr. G., Gross M. G.** Deep Drilling on Midway Atoll // Geol. Survey Professional Paper № 680-1. Washington, 1970. 22 p.
19. **Schlotheim E. V.** II Beytraege zur Naturgeschichte der Versteigerungen in geognostischer Hinsicht // Denkschriften keiserlich Academie der Wissenschaften Muenchen. Mathematische-physicalische Klasse, 1816/1817. Bd. II. S. 13 – 36.
20. **Walther J.** Die Adamskbruecke und Korallenriffe der Palkstrasse // Petermanns geogr. Mitt., Bd. 102. Ergaenzungsh, 1891. S. 1 – 35.

Н. М. Скобелева

КО ДНЮ РОЖДЕНИЯ ВИТАЛИЯ ГЕРМАНОВИЧА КУЗНЕЦОВА

Исполняется круглая дата – 75-летие Виталия Германовича Кузнецова, выдающегося ученого-литолога, замечательного педагога, талантливого геолога-нефтяника. Его многогранная плодотворная трудовая деятельность отмечена многочисленными почетными регалиями – высокими званиями и наградами. Огромен список его публикаций. Однако очень хочется к официальному парадному портрету Виталия Германовича добавить несколько штрихов – простых слов о моем дорогом учителе, коллеге и добром друге.

Наша первая встреча произошла на вокзале; на перроне в ожидании электрички собирались студенты из «Петрографа» – П. В. Флоренский вез своих кружковцев в гжельский карьер. К нашей группе подошел скромный улыбчивый молодой человек в ковбойке, с полевой сумкой и геологическим молотком, и был представлен нам как преподаватель кафедры Виталий Германович Кузнецов. Как он преобразился в карьере, как ловко орудовал молотком, как живо рассказывал о строении разреза, вроде вовсе ничем не выдающегося, о том, как эти породы образовались, а потом и преобразовались и, особенно ярко, о жизни обитателей древнего моря. С какой же любовью нужно было все это поведать, чтобы моментально увлечь и заинтересовать юных оболтусов – мы с энтузиазмом пошли штурмовать стенки карьера, соревновались в поисках наиболее сохранной фауны, а потом до самой Москвы обсуждали свои находки. По прошествии времени стало понятно, сколь важным был тот живой урок геологии. Я до сих пор храню запись лекции в гжельском карьере, да и сам карьер стал одним из любимых мест наших геологических прогулок. Мы не раз возвращались туда сами, а потом и со своими студентами, и даже после того, как, в соответствии с программой рекультивации земель, карьер был засыпан и застроен дачами, мы вновь приезжали в так полюбившееся нам место, вернее в оставшийся от него крошечный овражек с невразумительным выходом коренных пород, где наблюдать можно было в основном жизнь тритонов в весенних бочажинах.

Наше общение с Виталием Германовичем продолжилось на практике в Предкавказье (под Кисловодском), где он увлекательно проводил скучноватые, по общему мнению, литологические маршруты, учил нас прицельно, в соответствии с поставленной задачей, собирать каменный материал, а потом обрабатывать его во время камеральных работ и делать первые самостоятельные выводы. Именно тогда я и «заболела» литологией, потому что Виталий Германович на личном примере показал, как можно без затрудства выполнять усердную и кропотливую работу, находить в ней вдохновение, а еще он – большой мастер обобщений и выводов – умел открыть

своим ученикам радость завершающего аккорда, будь то маленькое самостоятельное исследование на практике, текущее учебное задание или курсовая работа.

Позже Виталий Германович, теперь уже при галстукке, появился в институтской аудитории – читал нам курс ядерной геологии. По мнению нашей дружной группы, этот курс был для нас особенным: не прогуливались очень живые, интересные, но при этом четкие и понятные лекции, и даже тетрадки с этими лекциями оказались удивительно полными и аккуратными, понималась стройность, системность и обстоятельность знаний нашего преподавателя, ценилось доброжелательное и уважительное, без высокомерия и снобизма, отношение к нам.

Через нескольких лет после окончания института я пришла работать в литологическую группу, которой руководил Виталий Германович, позже мы продолжали совместную научную работу, сидя за соседними столами в преподавательской. Об удивительной работоспособности Виталия Германовича, его энциклопедической образованности, профессиональных талантах, научных открытиях и достижениях, получивших широкое признание, известно по его многочисленным статьям, монографиям и учебникам. Про то, как работалось с Виталием Германовичем, можно написать отдельныйopus, но никак нельзя вовсе умолчать об этом, не упомянув хотя бы два момента.

Во-первых, он, будучи человеком высокой самоорганизации, умеет удивительным образом организовывать вокруг себя людей, пространство и время. Великолепный стратег и тактик, Виталий Германович всегда четко ставит разноуровневые цели и определяет задачи, создает строгий план действий на пути к их достижению, неукоснительно соблюдает режим постоянно напряженной, но при этом ритмичной, категорически безаварийной работы, которая и дает качественные, зачастую блестящие, и своевременные результаты.

Во-вторых, он, будучи человеком безупречного воспитания – эмоционально сдержанным, никогда не позволяющим себе говорить на повышенных тонах, вежливым, рассудительным, справедливым, честным и порядочным, создавал совершенно особую деловито-дружественную атмосферу в нашем коллективе, в котором менялись люди, шли своим чередом студенты-полставочники, дипломники, аспиранты, но неизменным оставался негласно, как бы сам собой установившийся порядок, столь необходимый для результативной работы.

А сколько драгоценных в эмоциональном и геологическом плане воспоминаний связано с нашей совместной работой на практиках под Владикавказом. Здесь на фоне уникального разнообразия каменной и живой природы Кавказа перед нами раскрывались все новые грани таланта Виталия Германовича – геолога, преподавателя и старшего товарища. Мы уже привыкли к тому, что Виталий Германович «знает все», но всякий раз не

могли не восхищаться его умением доходчиво объяснить сложную геологическую проблему, сделать наглядный, точный рисунок или схему, показать в простых и, на первый взгляд, вовсе не заслуживающих внимания объектах или образцах важность и стройность тонких или завуалированных деталей. Во время маршрутов, в автобусе или на пешем ходу, всегда неутомимый и бодрый Виталий Германович читал кавказские стихи Лермонтова и Пушкина, не просто подводя студентов к точке, а предвосхищая их встречу с обнажением «Крылья Демона», замком царицы Тамары в Дарьяльском ущелье или с Крестовым перевалом. А какие вечера регулярно «случались» в нашей всегда шумной кают-компании, душой которой был Виталий Германович – настоящий знаток и ценитель оперы, литературной классики, великолепный рассказчик житейских и геологических историй. В устах человека, наделенного наблюдательностью ученого, с аналитическим складом ума, с великолепной памятью и исключительно добрым чувством юмора эти истории звучали по-особому – образно, содержательно и ненавязчиво поучительно.

Особую любовь, признательность и благодарность питают к Виталию Германовичу студенты и аспиранты, которые писали под его руководством дипломные работы, магистерские и кандидатские диссертации. В индивидуальной работе со своими учениками он, оставаясь строгим и требовательным, но при этом тактичным и понимающим руководителем, особо щедро делился своими знаниями и идеями, навыками и приемами научных исследований, а работы получались убедительные и крепкие, надежно опирающиеся на разностороннюю аналитическую базу, при этом отличались изяществом и оригинальностью, выполнялись с какой-то завидной для окружающих и приятной для исполнителя легкостью.

Виталий Германович – один из удивительной когорты родившихся перед войной университетских ученых, отмеченных особой духовной силой и физической крепостью; он и сегодня весь в работе: энергичен, целеустремлен, неизменно оптимистично и по-деловому настроен, да и внешне мало изменился со времен моего студенчества – все также узнаваем по выправке и стати, подтянут и строен.

С днем рождения, Виталий Германович!

О. С. Чернова

СОВЕЩАНИЕ «ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ЛИТОЛОГИИ»

С 9 по 11 апреля 2012 года в городе Томске состоялось совещание «*Фациальный анализ в нефтегазовой литологии*», организованное Центром подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела (ЦППС НД) Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ). Совещание было приурочено к 100-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук Любови Николаевны Ботвинкиной (1912 – 1989 гг.) – крупнейшего теоретика и практика в области изучения слоистых терригенных толщ.

Совещание проводилось с целью обобщения положительного опыта литологических и фациально-циклических исследований в нефтегазовой литологии и геологическом моделировании терригенных и карбонатных природных резервуаров. За три дня работы было прослушано 37 устных докладов и представлено два стендовых, охвативших широкий спектр вопросов связанных с различными аспектами фациального анализа.

В работе совещания участвовали ведущие отечественные ученые и специалисты в области нефтегазовой литологии городов Москва, Санкт-Петербург, Волгоград, Саратов, Казань, Пермь, Новосибирск, Тюмень, Красноярск, Томск, а также студенты и магистранты Центра и томских ВУЗов. Всего в совещании приняли участие 78 человек из различных учебных, научных и производственных предприятий нефтяной и газовой промышленности Российской Федерации.

На открытии совещания с приветственной речью выступил Андрей Юрьевич Дмитриев, проректор-директор Института природных ресурсов (ИПР) НИ ТПУ, директор ЦППС НД, отметивший разнообразность тематик и обширную географию докладов, касающихся литолого-фациального анализа осадочных толщ, седиментологических особенностей формирования природных резервуаров, методологии фациальных исследований, фациальной диагностики терригенных и карбонатных коллекторов Волго-Уральского региона, Западной и Восточной Сибири. По материалам совещания выпущен сборник статей*.

Участники совещания отметили, что все доклады были содержательными, интересными и вызвали непосредственную живую полемику. Открытие совещания ознаменовалось дружеским ужином. Для гостей было организовано несколько ознакомительных экскурсий (по городу, в базовое

* Фациальный анализ в нефтегазовой литологии: труды II Регионального совещания. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2012. 358 с.

региональное кернохранилище ОАО «ТомскНИПИнефть», в Томский государственный университет).

На закрытии совещания выступили:

В. Г. Кузнецов, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры литологии Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. Академик РАЕН, действительный член Американской ассоциации геологов-нефтяников, член Международной ассоциации седиментологов, Международного общества осадочной геологии, г. Москва;

С. Б. Шишлов, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой исторической и динамической геологии, профессор. Санкт-Петербургский государственный горный университет (СПГГУ), г. Санкт-Петербург;

С. В. Остроухов, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть», г. Волгоград;

В. П. Морозов, доктор геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий КФУ, г. Казань;

А. П. Вилесов, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, эксперт по литологии и седиментологии, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень;

Е. А. Жуковская, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск

Л. А. Краснощекова, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и разведки полезных ископаемых ИПР НИ ТПУ, г. Томск.

Каждый выступивший отметил важность проведения совещаний подобного рода, необходимость обмена опытом разноплановых литологических исследований, способствующих расширению научного кругозора при знакомстве с научно-практическими разработками коллег. Исключительно доброжелательная атмосфера совещания способствовала плодотворной работе в течение всех трех дней его проведения.

В. Г. Кузнецов

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

СЕКЦИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО КОМИТЕТА 30 ЛЕТ

Изучение карбонатных отложений в нашей стране имеет давнюю и в целом успешную историю. Уже в начале XX века были изучены и описаны подмосковные известняки среднего и верхнего карбона, выделены их основные структурные типы, состав породообразующих организмов и т. д. Обстоятельные систематические исследования карбонатных пород начались с двадцатых годов прошлого века и связаны с именем одного из основателей петрографии осадочных пород в нашей стране – М. С. Швецова, а затем его учеников и последователей. Были выполнены основательные работы по петрографии этих пород, их палеоэкологической характеристике, условиям образования и фациальному анализу карбонатных отложений, изданы капитальные атласы карбонатных пород и породообразующих организмов и др. В историю отечественной науки о карбонатных отложениях вошли имена Л. М. Бириной, С. Г. Вишнякова, Р. Ф. Геккера, Б. И. Кротова, В. П. Маслова, А. И. Осиповой, Н. М. Страхова, В. Б. Татарского, Г. И. Теодоровича, И. В. Хворовой и др.

Однако в конце 60-х – начале 80-х годов работы в этом направлении существенно сократились, поскольку крупные специалисты в этой области, в том числе отмеченные выше, либо отошли от активной научной деятельности, либо полностью или частично сменили тематику своих исследований, и карбонатные породы оказались как бы вне русла основных литологических исследований в стране. Не было и сколько-нибудь серьезного организационно-методического центра или органа, который в определенной степени мог бы направлять и организовывать подобные исследования.

Вместе с тем в мировой науке этим породам уделялось все большее внимание. Необходимость работ по данной тематике и создания некоего координирующего органа четко проявилась во время организации важного международного события – проведения в 1984 г. в Москве очередной 27-й сессии Международного геологического конгресса, высшего научного форума мирового геологического сообщества.

Естественно, что подготовка к нему началась значительно раньше, и в предложенной Национальным комитетом программе не оказалось секции, посвященной карбонатным породам. Это упущение – отсутствие специальной секции карбонатных отложений – было устранено, секция внесе-

на в научную программу. Конвинуером и сопредседателем секции с советской стороны был утвержден В. Г. Кузнецов, со стороны иностранных ученых – К. Монти. Последний, по ряду личных причин, не смог присутствовать на конгрессе, и сопредседателем стал Роберт Гинзбург из Центра Майами США – один из крупнейших в мире литологов (седиментологов) и специалистов по карбонатным отложениям в частности.

Необходимость организации некоего координирующего органа по литологии карбонатных отложений обусловила создание специальной секции Межведомственного литологического комитета. Очень активную и конструктивную позицию по этой проблеме занимали эстонские геологи, которые и инициировали вопрос о создании соответствующего подразделения в рамках МЛК. Группа московских литологов: профессора МГУ им. М. Ломоносова Г. Ф. Крашенинников и В. Т. Фролов и МИНХиГП им. И. М. Губкина В. Г. Кузнецов «по поручению и от имени ряда исследователей из различных организаций и городов Союза» 21 февраля 1982 г. обратились с письмом к Председателю МЛК члену-корреспонденту АН СССР П. П. Тимофееву с просьбой и обоснованием целесообразности организовать при МЛК соответствующую секцию. Были указаны исследовательские группы и персоналии, занимающиеся изучением карбонатных отложений в СССР, отмечен интерес к этим отложениям, выраженный, в частности, в организации и проведении ряда полевых экскурсий и совещаний, издании сборников научных статей и т. д. Одновременно указывалось на отсутствие в стране организационного центра и научно-методического руководства деятельностью учреждений и подразделений, занимающихся изучением карбонатных отложений. Поэтому в письме было предложено «... создание при МЛК структурного подразделения, которое могло бы взять на себя координацию деятельности таких групп, организовывать регулярные совещания и полевые экскурсии с целью обмена опытом, информацией и ознакомления с наиболее показательными объектами в природе, совместной выработки рекомендаций по основным наиболее перспективным направлениям исследований, согласовывать многолетние совместные исследования по сравнению разных осадочных бассейнов, стимулировать опубликование наиболее интересных результатов».

Надо сказать, что П. П. Тимофеев достаточно настороженно отнесся к созданию подобной секции, предлагая «растворить» тематику и объект исследований в других структурных подразделениях, в частности в секции фациального и формационного анализа. Идею развития исследований карбонатных отложений поддержал первый заместитель председателя МЛК В. Н. Холодов, а решающим по организационной форме оказалось слово И. В. Хворовой, которая четко, настойчиво и принципиально высказалась за создание специальной секции, которая как секция литологии карбонатных формаций и была организована в 1982 г.

Председателем был утвержден В. Г. Кузнецов (Москва), заместителем – Р. Э. Эйнасто (Таллин), ученым секретарем – Н. М. Скобелева (Москва). В состав руководящего бюро секции вошли М. Х. Арифджанов (Ташкент), М. Л. Ключина (Свердловск), В. С. Лучников (Душанбе), М. Х. Махлина (Москва), А. И. Осипова (Москва), Н. Н. Предтеченский (Ленинград), В. Т. Фролов (Москва), О. А. Щербаков (Пермь). Прошло тридцать лет и, увы! – «иных уж нет, другие же далече».

Позднее секция приобрела современное более общее название, не ограничиваясь только комплексами формационного уровня. Состав секции и ее бюро (руководства) за это время естественно также менялся.

Первым мероприятием, организованным секцией, было проведение 13 мая 1983 г. пленума МЛК, посвященного литологии карбонатных отложений, где было заслушано 6 докладов представителей разных городов и организаций страны: Э. А. Юргенсон, Р. Э. Эйнасто, Л. Я. Пылма, С. Щ. Мяги (ИГ АН ЭССР, г. Таллин). Классификация карбонатных пород и ее применение при фациальном анализе древнепалеозойских бассейнов; А. И. Осипова (ПИН, г. Москва). Палеоэкологический метод при изучении карбонатных отложений; В. Г. Кузнецов (МИНХиГП им. И. М. Губкина, г. Москва). Особенности карбонатакопления на рифах; Д. К. Патрунов (ВНИИОкеангео, г. Ленинград). Современное состояние проблемы доломитообразования; В. Н. Холодов (ГИН, г. Москва). Типы катагенеза и эпигенетическое доломитообразование; М. А. Политыкина, г. Оренбург. Карбонатные массивы Прикаспийской впадины и ее обрамления.

Актуальность и значимость организации мероприятия с подобной тематикой подтвердились участием в нем широкого круга исследователей – актов зал ГИНа был практически полон.

В дальнейшем работа секции проводилась по трем основным направлениям:

- организация и проведение крупных общесоюзных, а затем общероссийских и региональных совещаний и участие в других совещаниях с близкой тематикой и объектом исследований;

- издательская деятельность;

- организация семинаров с относительно узкой тематикой.

Секцией были организованы следующие совещания, школы, конференции: «Геология рифов и их нефтегазоносность» (Карши, УзССР, 1985), Всесоюзная школа «Карбонатные формации и их образование» (Нальчик, 1987), Вторая Всесоюзная школа-семинар «Карбонатные формации и условия их образования» (Свердловск, 1991), «Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений» (Сыктывкар, 2001), Международное совещание «Геология рифов» (Сыктывкар, 2005), «Рифы и карбонатные псефитолиты» (Сыктывкар, 2010). Все они сопровождались полевыми геологическими экскурсиями на принципиально важные разрезы карбонатных отложений в соответствующих регионах.

Совместно с другими организациями проведены заседания в рамках 5-го и 6-го симпозиумов по ископаемым книдариям и рифам (Душанбе, 1983; Владивосток, 1987), серии Уральских литологических совещаний, в том числе узко специализированное совещание «Карбонатные последовательности Урала и сопредельных территорий (Екатеринбург, 2004, 2006, 2008) и некоторые другие. Результаты всех совещаний опубликованы в виде тезисов или более развернутых материалов, статей и монографий [4, 8, 17, 21, 22, 25].

Информация о совещаниях и их результатах давалась в периодической печати и прежде всего в журнале «Литология и полезные ископаемые» [9, 14, 20, 29-32].

В 1980-е годы секция подготовила под редакцией П. П. Тимофеева и В. Г. Кузнецова сборник «Эволюция карбонатакопления в истории Земли». Позднее централизованное издание научных трудов стало практически невозможно, однако постепенно монографии, сборники статей и другие научные труды стали издаваться. Ни в коей мере не претендуя на полноту, в списке литературы приведем некоторые основные работы членов секции и публикации по карбонатной тематике за последнее годы, к которым секция имела отношение [1-3, 10-13, 16, 19, 23, 24, 26-28].

Одним из результатов работы секции была организация при МИН-ХиГП им. И. М. Губкина специального Московского семинара «Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений». С первого заседания 29 февраля 1984 г. по 1992 г., когда его работа прекратилась, было проведено 29 заседаний, на которых заслушано 45 сообщений (ряд заседаний проводился совместно с секцией осадочных пород МОИП). Среди докладчиков и участников заседаний были представители научных организаций и вузов Москвы (МГУ, УДН, МИНХиГП, ГИН, ПИН, Ин-т океанологии, ВНИГНИ, ВНИИГАЗ, ВНИИнефть), Ленинграда (ВНИИОкеангео), Новосибирска (ИГиГ СО АН СССР), Ростова-на-Дону (РГУ), Киева (ИГ АН УССР), Тбилиси (Геол. ин-т АН ГрузССР), Минска (ИГиГ АН БССР, БелНИГРИ), Куйбышева (ВО ИГИРГИ), Ухты (ТДП ВНИГНИ) и др. На семинаре выступали и зарубежные коллеги: В. Сухи (Карлов университет, г. Прага, ЧССР) и У Шихунь (Геол. ун-т Чэнду, КНР). Несмотря на название семинара, доклады были посвящены не только сугубо нефтяной тематике, но и более общим проблемам литологии карбонатных отложений.

5 и 6 декабря 1985 г. семинаром совместно с ИГИРГИ было проведено расширенное заседание семинара по теме: «Методика изучения карбонатных отложений с целью оценки перспектив их нефтегазоносности», на котором заслушано 16 докладов и материалы которого позднее опубликованы [18].

Члены секции активно участвовали в международных мероприятиях разного уровня, начиная с 27-й сессии МГК, которая и послужила причиной и стимулом создания самой секции. Достаточно активно это проявля-

лось в конце 80-х – начале 90-х годов, когда литологи страны приняли участие в 10-м Европейском седиментологическом конгрессе (Будапешт, 1989); съезде немецких седиментологов, работающих по Международной программе глобальной осадочной геологии (Нейштадт, 1991); 2-й конференции Европейской ассоциации геологов-нефтяников (Копенгаген, 1990); Объединенном заседании ряда международных проектов «Маркеры геологических событий в истории Земли» (Калгари, 1991); 13-м Европейском седиментологическом конгрессе (Иена, 1992); совещании «Карбонатные резервуары нефти и газа (Лондон, 1993); 6-й конференции Европейской ассоциации геологов-нефтяников (Вена, 1994) и др.

После некоторого затишья в середине и конце 90-х годов поездки на международные совещания возобновились, и члены секции регулярно участвуют в работе сессий МГК (1992 – Киото, 1996 – Пекин, 2004 – Флоренция), ежегодных конференциях Международной ассоциации седиментологов и других мероприятиях. Члены секции участвовали в исследованиях в рамках ряда международных проектов, таких как «Карбонатные платформы» программы глобальной осадочной геологии; «Маркеры геологических событий в истории Земли» (проекты 216, 293, 303); «Палеонтология палеозойских беспозвоночных циркумарктического региона и биостратиграфия» (проект 406); «Биологические события и биогеография среднего палеозоя Северной Гондваны» (проект 421); «Карбонаты и эволюция Земли в протерозое» (проект 447); «Нижнепалеозойская палеогеография и палеоклимат» (проект 503); имели гранты РФФИ и ряда зарубежных академий, научных обществ и т. д.

Поскольку секция литологии карбонатных отложений, как и сам Межведомственный литологический комитет, – организация общественная, она не могла директивно определять тематику и тем более финансировать научные работы. Вместе с тем организованные и проведенные ею мероприятия имели важное значение. Во-первых, это одна из эффективных форм знакомства с новыми фактическими данными, какими бы незначительными они ни казались. Во-вторых, это знакомство литологов с конкретными геологическими объектами во время полевых экскурсий, объектами, посетить которые другим путем чаще всего практически невозможно. В-третьих, анализ тематики совещаний и представленных на них сообщений способствовал выявлению тех или иных узких мест, определял возможные новые направления исследований. Наконец, личное общение, обмен мнениями приводили к взаимопониманию и в итоге повышению качества конкретных исследований.

За свою тридцатилетнюю историю секция литологии карбонатных отложений провела определенную работу по взаимному знакомству и объединению специалистов, занимающихся этими породами, по пропаганде результатов и доведения их до широкой геологической общественности, прежде всего в виде организации семинаров, школ, совещаний разного

уровня, публикаций этих результатов в виде тезисов, а также статей в периодической печати, тематических сборниках и монографиях.

Учитывая все это, можно надеяться на продолжение в будущем активной работы секции и закончить эти заметки пожеланиями успеха в ее дальнейшей деятельности.

Библиографический список

1. **Антошкина А. И.** Рифы в палеозое Печорского Урала. СПб.: Наука, 1994. 154 с.
2. **Антошкина А. И.** Рифообразование в палеозое. Север Урала и сопредельные области. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 303 с.
3. **Беляева Н. Н., Корзун А. Л., Петрова Л. В.** Модель седиментации франско-турнейских отложений на Северо-Востоке Европейской платформы. СПб.: Наука, 1988. 154 с.
4. **Геология рифов: материалы международного совещания.** Сыктывкар: Геопринт, 2004. 238 с.
5. **Геология рифов и их нефтегазоносность: тезисы докладов Всесоюзного совещания.** Карши, 1985. 185 с.
6. **Ископаемые органогенные постройки. Древние книдарии: тезисы докладов 7-го Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам.** Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 101 с.
7. **Карбонатные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий.** Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2004. 210 с.
8. **Карбонатные формации и условия их образования: тезисы докладов Второй Всесоюзной школы-семинара.** Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 106 с.
9. **Коротеев В. А., Маслов А. В., Япаскурт О. В. и др.** Шестое Уральское литологическое совещание // Литология и полезные ископаемые. 2005. № 4. С. 440-441.
10. **Кузнецов В. Г.** Природные резервуары нефти и газа карбонатных отложений. М.: Недра, 1992. 240 с.
11. **Кузнецов В. Г.** Палеозойское рифообразование на территории России и смежных стран. М.: ГЕОС, 2000. 228 с.
12. **Кузнецов В. Г.** Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с.
13. **Кузнецов В. Г.** Карбонатные отложения докембрия. Состав, условия образования, нефтегазоносность. М.: ИПНГ РАН, 2010. 151 с.
14. **Кузнецов В. Г., Бойко Н. И.** Карбонатные формации и условия их образования // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 6. С.136-137.
15. **Кузнецов В. Г., Лучников В. С.** Геология рифов и их нефтегазоносность // Литология и полезные ископаемые. 1987. № 1. С. 136-137.
16. **Кузнецов В. Г., Илюхин Л. Н., Постникова О. В. и др.** Древние

карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность. М.: Научный мир, 2000. 104 с

17. **Литология** и нефтегазоносность карбонатных отложений. Сыктывкар: Геопринт, 2001. 262 с.

18. **Нефтегазоносность** карбонатных формаций. М.: ИГиРГИ, 1987. 138 с.

19. **Патрунов Д. К.** Доломиты и доломитизация // Итоги науки и техники. Общая геология. Т. 17. М.: ВИНТИ ГКНТ и АН СССР, 1983. 222 с.

20. **Пучкин Ю. Д., Хамраев И. И., Ибрагимов А. Г., Кириенко Л. А.** Всесоюзное совещание «Геология рифов и их нефтегазоносность» // Геология нефти и газа. 1986. № 1. С. 62-63.

21. **Пятый** Всесоюзный симпозиум по ископаемым кораллам и рифам: тезисы докладов. Душанбе: Дониш, 1983. 184 с.

22. **Рифы** и карбонатные псефитолиты материалы Всероссийского литологического совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2010. 216 с.

23. **Сандула А. Н.** Известняковые брекчии в каменноугольных отложениях Печорского Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 143 с.

24. **Систематика** и классификация осадочных пород и их аналогов. Л.: Недра, 1998. 351 с.

25. **Современные** и древние рифовые системы: тезисы докладов шестого симпозиума по ископаемым книдариям и рифам. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987.

26. **Фортунатова Н. К., Карцева О. А., Баранова А. В. и др.** Атлас структурных компонентов карбонатных пород. М.: ВНИГНИ, 2005. 440 с.

27. **Фортунатова Н. К., Швец-Тэнэта-Гурий А. Г., Агафонова Г. В., Баранова А. В.** Атлас типовых моделей карбонатных резервуаров нефти и газа европейской части России. М.: РЭФИА, 1999. 194 с.

28. **Фортунатова Н. К., Швец-Тэнэта-Гурий А. Г., Гумаров Р. К. и др.** Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов. М.: НИА-Природа, 2000. 249 с.

29. **Юшкин Н. П., Антошкина А. И., Кузнецов В. Г., Сандула А. Н.** Геология рифов. Международное совещание, г. Сыктывкар, 2005 // Литология и полезн. ископаемые. 2006. № 2. С. 217-218.

30. **Юшкин Н. П., Кузнецов В. Г., Антошкина А. И. и др.** Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 2. С. 223-224.

31. **Kuznetsov V. G.** Carbonate Conference in Russia // IAS Newsletter. 2001. № 176. P. 3.

32. **Peryt T.** International Symposium "Geology of Reefs" Syktyvkar, Russia, July 4-6, 2005 // Episodes. 2005. V. 28, № 4. P. 297.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный сборник является 22-м по счету с начала его издания в 1991 году. Выходя ежегодно, до 2006 г. включительно он имел название «Геология угольных месторождений» (вып.1-16). Констатировав существенное сокращение углегеологических исследований и соответственно научных разработок в данной области, в 2007 г. редколлегия пошла на переформатирование сборника. Не в последнюю очередь это было связано и с созданием в Уральском государственном горном университете (бывшем Свердловском горном институте - СГИ) кафедры литологии и геологии горючих ископаемых. На ней, после почти полувекового перерыва, была восстановлена подготовка геологов-нефтяников, ранее осуществлявшаяся в СГИ в 1950-х гг. По названию кафедры получил свое название и переформатированный сборник, в котором существенное внимание планировалось уделять вопросам как общелитологического характера, так и нефтегазовой направленности.

В обновленном виде данный выпуск представлен шестью номерами (вып. I – VI), с семью изданными книгами (вып. III (19) вышел в двух частях). Таким образом, количество изданных книг соответствует цветовой гамме, в которой представлены обложки номеров (небольшое отступление состоит в оформлении "сдвоенных" выпусков одного номера желтым цветом и отсутствии голубого). Такая символическая констатация позволяет перейти к вопросу о прекращении издания.

К этой мысли мы приходили неоднократно, делясь с авторами и читателями соображениями о целесообразности продления издания сборника. Как бы то ни было, в течение ряда лет он продолжал существовать, чуть ли не автономно управляемой «жизнью» (без мистики - !), предоставляя место на своих страницах как многолетним традиционным авторам, так и новым именам. Однако, как известно со времен Екклесиаста, ничто не ново под Солнцем (либо Луной). «Замыкание» процесса хорошо иллюстрируется возвращением представленного выпуска почти исключительно к углегеологической тематике. Об этом ярко свидетельствует его содержание. Стагнация издания в целом подчеркивается и стабилизацией немногочисленного перечня авторов, многие из которых публикуются в нем долгие годы. Не относя оба приведенных примера к негативным, отметим их принципиальную тупиковость, имеющую объективный характер.

Все перечисленное заставляет констатировать, что сборник прочно вошел в «мемориальную» (по Л. Н. Гумилеву) фазу, не имея каких-либо шансов на пассионарный толчок. Попытка такого импульса, кстати, уже и была выполнена при переформатировании сборника в 2007 г. (см. выше). В контексте таких размышлений отметим, что «мемориальность» сборника верифицируется содержанием его последних номеров, будучи полностью присущей и представленному выпуску.

Исходя из перечисленного, на данном выпуске сборник ПРЕКРАЩАЕТ СВОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ, не будучи обремененным какими-либо финансовыми или моральными обязательствами. БЛАГОДАРЮ ВСЕХ СОПРИЧАСТНЫХ К ЕГО ИЗДАНИЮ, ЖЕЛАЮ УСПЕХОВ В НАУЧНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЛИЧНОГО СЧАСТЬЯ!

Отв. редактор

В распоряжении редакции остается часть тиража ВСЕХ изданных сборников (с 1-го по 22-й выпуски). Желающим восполнить недостающие номера следует обращаться по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30, каф. ЛГГИ. При этом предусмотреть затраты на почтовые расходы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Любовь Николаевна БОТВИНКИНА (1912-1989)	4
<i>Алексеев В. П.</i> Слоистость – фации – цикличность (к 100-летию со дня рождения Любови Николаевны Ботвинкиной)	5
<i>Рудницкий В. Ф.</i> О научном наследии Л. Н. Ботвинкиной в вулканологии.....	23
<i>Чернова О. С.</i> Схема классификации текстур осадочных горных пород.....	27
Раздел I. Общие вопросы литологии	46
<i>Яншин А. Л.</i> Осадочная триада формации ледниковых эпох: перигляциал, лёсс, песчаные пустыни	46
<i>Амон Э. О., Алексеев В. П.</i> О некоторых «болевых точках» современной стратиграфии.....	64
<i>Макаров В. П.</i> Некоторые вопросы литологии. К вопросу о форме зерен в аллювиальных отложениях	77
<i>Макаров В. П.</i> Некоторые вопросы литологии. Элементы теории «текстур».....	90
<i>Шишлов С. Б.</i> Структурно-генетическое модели эпиконтинентальных терригенных резервуаров углеводородов.....	102
Раздел II. Геология месторождений горючих полезных ископаемых	113
<i>Полянский В. Б.</i> Строение, состав и генезис мощных угольных пластов неокома Восточной Монголии. Проблемы экономики.....	113
<i>Шульга В. Ф.</i> О дельтовом типе торфонакопления в карбоне юго-запада Восточно-Европейской платформы.....	118
<i>Прядко А. В., Хуснуллина Г. Р.</i> Роль литолого-фациальной неоднородности отложений викуловской свиты при построении геологической модели 3D Краснотеннинского месторождения (Западная Сибирь).....	130
<i>Макаренко Г. Л.</i> О развитии концепции геологического изучения выработанных торфяных месторождений (на примере Владимирской области)	139

Раздел III. Углепетрография и качественные характеристики углей	145
<i>Кирюков В. В., Новикова В.Н.</i> Сорбционная способность донецких углей и условия ее формирования.....	145
<i>Савчук В. С., Приходченко В. Ф., Кузьменко Е. А.</i> Новые данные по составу и качеству углей северных окраин восточной части Донбасса	155
<i>Стукалова И. Е., Лебедев В. С.</i> Изменение состава и содержания газов в углях в процессе метаморфизма.....	167
<i>Кизильштейн Л. Я.,</i> Углепетрография в оценке качества и направлений промышленного использования углей. Сообщение 1. Энергетика	175
<i>Кизильштейн Л. Я., Шницглуз А. Л.</i> Оценка качества и направлений промышленного использования углей с учетом данных углепетрографии. Сообщение 2. Коксование.....	185
Воспоминания, хроника, юбилейные даты	192
<i>Шульга В. Ф.</i> Воспоминания геолога-угольщика.....	192
<i>Кузнецов В. Г.</i> К 110-летию Леонида Васильевича Пустовалова (1902-1970)	203
<i>Кузнецов В. Г.</i> Теории рифообразования Ч. Дарвина 175 лет.....	209
<i>Скобелева Н. М.</i> Ко дню рождения Виталия Германовича Кузнецова	223
<i>Чернова О. С.</i> Совещание «Фациальный анализ в нефтегазовой литологии».....	226
<i>Кузнецов В. Г.</i> Секции карбонатных пород Межведомственного литологического комитета 30 лет	228
Заключение	235

Заявки на книгу направлять по адресу:
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
E-mail: igg.lggi@ursmu.ru

Научное издание

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Межвузовский научный тематический сборник

Выпуск VI (22)

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка Н. В. Устьянцевой

Подписано в печать 25.06.2012 г. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84¹/₁₆.
Печать на ризографе. Печ. л. 14,875. Уч.-изд. л. 17,0. Тираж 150 экз. Заказ № 715

Издательство Уральского государственного горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ООО «ИРА УТК»,
620102, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, 83

Тел.: (343)269-18-83