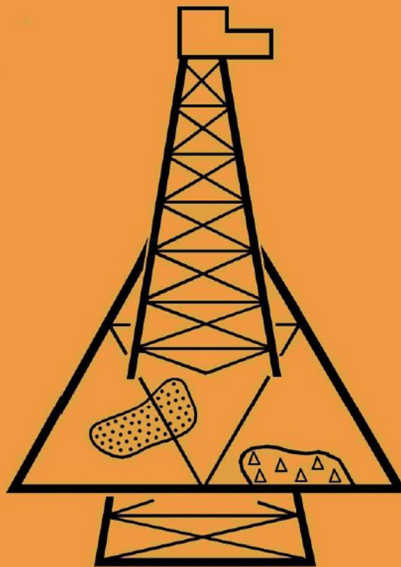


Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

# ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ



Екатеринбург

2008



Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

# **ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Межвузовский научный тематический сборник**

**Выпуск II (18)**

Екатеринбург

2008

УДК 552.5 + 553.9

Л 64

Л 64        **Литология и геология горючих ископаемых:** Межвуз. науч. темат. сб. / Редкол.: Алексеев В. П. (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2008. Вып. II (18). 379 с.

Очередной выпуск сборника посвящен 100-летию со дня рождения Георгия Евгеньевича РЯБУХИНА, работавшего в середине 50-х гг. XX в. деканом нефтяного факультета Свердловского горного института, который закончили ряд известных геологов-нефтяников. Значительная часть материалов посвящена 75-летию со дня рождения ленинградского – с.-петербургского литолога В. Н. Шванова (1933 - 1999) – выдающегося отечественного исследователя осадочных толщ.

В становящихся традиционными для переформатированного сборника разделах последовательно освещается обширный круг вопросов, связанных с изучением осадочных толщ разного состава, и всех видов содержащихся в них горючих полезных ископаемых. Публикуемые статьи имеют научный, методологический и конкретно-прикладной характер, что делает сборник пригодным для многоцелевого использования.

Предназначается широкому кругу 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, 2008

© Авторы, постатейно, 2008

# РЯБУХИН ГЕОРГИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

(Краткие биографические данные)



*1908 - 27 ноября в г. Екатеринославле (Днепропетровске) родился Георгий Евгеньевич Рябухин.*

*1922-1924 - Воспитанник детского дома г. Тамбова.*

*1925-1926 - Учился в Тамбовском педагогическом техникуме.*

*1925 - Член Союза пролетарских писателей России.*

*1930 - Окончил геолого-почвенное отделение физико-математического факультета Ленинградского университета.*

*1931-1935 - Начальник нефтепоисковых геологических партий Всесоюзного научно-исследовательского геологоразведочного института (ВНИГРИ).*

1936-1939 - Главный геолог Усть-Енисейской нефтепоисковой экспедиции «Главсевморнефть».

1940 - Защитил кандидатскую диссертацию (МНИ им. И. М. Губкина).

1941-1942 - Начальник бюро Сибнефти Наркомнефти.

1943-1944 - Начальник Северо-Эмбенской экспедиции Московского филиала ВНИГРИ.

1945-1950 - Руководитель тем и экспедиций Московского филиала ВНИГРИ.

1948 - Защитил докторскую диссертацию (кафедра геологии, Московский нефтяной институт им. И. М. Губкина).

1950 - Утвержден в звании профессора по кафедре разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений Московского нефтяного института им. И. М. Губкина.

1951-1955 - Декан нефтяного факультета, заведующий кафедрой геологии нефти Свердловского горного института им. В. В. Вахрушева.

1956-1958 - Командировка в Китайскую Народную Республику по линии Минвуза СССР. Заведующий кафедрой геологии. Советник по геологии Пекинского геологоразведочного института.

1959 - Командировка в Объединенную Арабскую Республику (Египет). Профессор кафедры геологии Суэцкого нефтяного института.

1960-1981 - Профессор кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа МИНХ и ГП им. И. М. Губкина.

1971 - Присуждена премия им. И. М. Губкина за учебник «Нефтегазоносные провинции и области СССР».

1978 - Награжден медалью «Почетный нефтяник».

1981-1982 - Профессор-консультант кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа МИНХ и ГП им. И. М. Губкина.

1983-1993 - Ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Шельф» кафедры геологии и кибернетики ГАНГ им. И. М. Губкина.

1983 - Награжден знаком «Почетный разведчик недр».

1998 - Георгий Евгеньевич Рябухин скончался 26 ноября 1998 г. Похоронен на Головинском кладбище г. Москвы.

**Н. П. Запивалов**

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,  
Новосибирский гос. университет

**ГЕОРГИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ РЯБУХИН – МНОГОГРАННЫЙ  
И НЕУТОМИМЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ НЕФТЕГАЗОВЫХ  
СОКРОВИЩ СОВЕТСКОГО СОЮЗА И МИРА,  
УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ И ПИСАТЕЛЬ  
(к 100-летию со дня рождения)**

К сожалению, я не все сделал и не всего достиг,  
чего хотел. Хотя жаловаться на судьбу мне нельзя.  
Я люблю людей, и они мне отвечают взаимностью.

*Г. Е. Рябухин (1998 г.)*

**Биографо-профессиональные вехи жизни Г. Е. Рябухина**

Георгий Евгеньевич родился 27 ноября 1908 г. в Екатеринославле (Днепропетровске). Отец был горным инженером, а мать - учительницей. Он рано потерял родителей, беспризорничал, а с 1922 г. воспитывался в детском доме г. Тамбова.

В 1926 г., после второго курса Тамбовского педагогического техникума, поступил на геолого-почвенное отделение физико-математического факультета Ленинградского университета, который закончил в 1930 г.

Он сразу же был принят в Ленинградский нефтяной геологоразведочный институт (ВНИГРИ) на должность начальника нефтепоисковых геологических партий в районах Байкала, Забайкалья и Кузбасса. Г. Е. Рябухин был первым геологом, которого ВНИГРИ направил в Сибирь для изучения геологического строения районов, в которых были известны нефтепроявления неясного происхождения. Он расшифровал их природу на восточном берегу озера Байкал, связав их с мезо-кайнозойскими отложениями.

Изучению геологического строения озера Байкал и Забайкалья Г. Е. Рябухин посвятил лучшие годы своей молодости. Собранный в экспедициях материал был обобщен в ряде монографических работ и многочисленных статьях, к которым постоянно обращались последующие поколения геологов-нефтяников, работавшие в этих романтических таежных краях. Не потеряли они практической значимости и в настоящее время.

В тех районах Г. Е. Рябухину посчастливилось познакомиться с выдающимися геологами: академиком В. А. Обручевым, академиком Н. С. Шатским, профессором М. М. Тетяевым, инициаторами и энтузиастами исследования этих прекрасных и малоизученных в геологическом отношении

районов Восточной Сибири. Встречи и беседы с этими учеными долгими вечерами у костра запомнились ему на всю жизнь и оставили неизгладимое впечатление. Их опыт и знания, щедрость таланта во многом определили его мировоззрение. Дружба с ними сохранилась на всю жизнь. С академиком Н. С. Шатским он совершил ряд маршрутов в Западном Забайкалье.

В геологических экспедициях, которыми руководил Г. Е. Рябухин, в качестве практиканта работал В. М. Сенюков, коллектором И. В. Хворова, которые впоследствии стали крупными учеными и много сделали для развития отечественной нефтегазовой науки. Позднее В. М. Сенюковым были открыты нефтегазопроявления в кембрийских породах Якутии, куда он, будучи студентом-дипломником, выезжал с частью экспедиции Г. Е. Рябухина для проведения маршрутной съемки. Эти открытия на р. Толбе сыграли впоследствии большую роль для поисковых работ на нефть в Восточной Сибири.

В 1936 г. Г. Е. Рябухин откомандировывается в Главсевморпуть и назначается главным геологом Усть-Енисейской экспедиции.

В Арктике Г. Е. Рябухин провел две зимовки и три летних полевых сезона. Молодость, энтузиазм и творческий порыв первооткрывателей сопровождали Г. Е. Рябухина и его товарищей по работе в этих экспедициях. На оленях, собаках, лодках он совершил ряд маршрутов в труднодоступные районы по рекам Большая и Малая Хета, Соленая, Нижняя, Рыбная, Хантайка и впервые составил геологические карты, обобщил данные по стратиграфии, тектонике, изучил и описал газопроявления в районе Усть-Енисейского порта и Енисейского залива.

Материалы, собранные и обобщенные во время работы в Заполярье, легли позднее в основу кандидатской диссертации Г. Е. Рябухина на тему «Геология и нефтегазоносность низовьев Енисея» (официальные оппоненты М. М. Тетяев, И. О. Брод), которая им была успешно защищена в 1940 г. на Ученом совете Московского нефтяного института им. И. М. Губкина.

В 40-х годах Г. Е. Рябухин в качестве начальника бюро Сибнефти Наркомата нефтяной промышленности СССР осуществляет руководство сибирскими нефтепоисковыми работами. Прогнозы Г. Е. Рябухина и других ученых в отношении возможности открытия в этих районах месторождений нефти и газа в последующем подтвердились. Здесь была открыта Енисей-Хатангская нефтегазоносная провинция, а также выявлены Соленинское, Нижне-Хетское и другие газовые месторождения в Усть-Портовском районе низовьев Енисея.

Будучи уже кандидатом наук, в 1940-1948 гг. Г. Е. Рябухин в должности начальника геологических экспедиций и партий принимал активное участие в поисках нефти в районах Сибири, Прикаспийской и Днепровско-Донецкой впадин и других регионах страны.

В годы Великой Отечественной войны (1943-1944) Г. Е. Рябухин в составе Эмбенской и Северо-Эмбенской экспедиций Московского филиала ВНИГРИ проводит прогнозную оценку нефтегазоносности районов Северной Эмбы, дает рекомендации по расширению промысловых площадей, а также поискам нефти в Темирском районе. В эти годы под его руководством были открыты Джаксымайское и Шубар-Кудукское нефтяные месторождения.

Он выдвинул актуальную проблему освоения окраинных частей Прикаспийской впадины. Вместе с Ю. А. Косыгиным, Н. В. Неволиным, Н. А. Калинин, Э. Э. Фотиади (1947) был предложен генеральный план глубокого, опорного бурения в Прикаспийской синеклизе. Он считал необходимым проведение опорного бурения и поисков нефти и газа в подсолевом комплексе пород центральных частей этой крупной впадины.

В 1946-1948 гг. Г. Е. Рябухин продолжает активные исследования в Сибири, и, безусловно, следует отметить фундаментальную работу «Геология и нефтегазоносность Западной Сибири», подготовленную совместно с М. К. Коровиным, Н. А. Кудрявцевым, А. В. Тыжновым и Д. Л. Степановым, изданную в 1948 г.

В 1947 году (6-10 декабря) Г. Е. Рябухин был участником заседания Технического совета Министерства геологии СССР, где выступил по вопросу резкого усиления нефтегазопроисковых работ на территории Сибири. Технический совет проходил под руководством академика Д. В. Наливкина. Присутствовали все видные геологи-нефтяники страны: И. О. Брод, В. М. Сеньюков, А. А. Борисов, Н. А. Кудрявцев, Д. Л. Степанов, а также представители Министерства нефтяной промышленности и многих других организаций. После острой дискуссии Технический совет принял постановление, которое спустя всего несколько дней было утверждено Министерством геологии СССР И. И. Малышевым.

В числе первоочередных Техсовет рекомендовал бурение Тюменской, Барабинской, Колпашевской, Тарской, Максимо-Ярской и Ханты-Мансийской опорных скважин в Западной Сибири, а также Быстрианской в Минусинской котловине, Ермаковской в Кузбассе. Это была идеология «широкого поиска», присущая настоящим профессионалам. Научно обоснованный и хорошо продуманный в методических и технических аспектах план наступления на нефтяную целину Сибири был реализован в кратчайшие сроки, что привело к открытию Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Сейчас невозможно поверить, что такая масштабная и очень дорогая программа выполнялась спустя лишь 2-3 года после окончания Великой Отечественной войны, но это было сделано.

Советские солдаты спасли мир, а геологи способствовали созданию могущества страны и обеспечили цивилизацию энергоносителями на многие годы.



В 1948 г. на Ученом совете Московского нефтяного института Г. Е. Рябухин защитил докторскую диссертацию на тему «Третичные и меловые отложения Забайкалья и Центральной Азии (к вопросу о нефтеносности)» – официальные оппоненты Н. С. Шатский, Н. Н. Тихонович, Н. И. Буялов. В работе рассматривались проблемные и весьма актуальные в те годы вопросы геологии и нефтегазоносности Восточной Сибири и Центральной Азии. В 1950 г. он был утвержден в звании профессора кафедры геологии, разведки и разработки нефтяных месторождений Московского нефтяного института им. И. М. Губкина.

*В 1951 г. Г. Е. Рябухин был назначен заведующим кафедрой геологии нефти и одновременно деканом нефтяного факультета Свердловского горного института им. В. В. Вахрушева, где он работал до 1956 г. С этого момента началась его активная педагогическая деятельность. Им было подготовлено большое число инженеров-геологов, которые работали в научно-исследовательских и производственных организациях многих районов нашей страны. Многие из них связали свою судьбу с Сибирью. Фактически в эти годы в Свердловском горном институте получили высоко-профессиональное образование сотни энергичных, закаленных молодых людей послевоенного времени. И этот уральский десант геологов, геофизиков и буровиков обеспечивал открытие и освоение нефтяной Сибири. Особый успех выпал на долю тех, кто работал в Западной Сибири. Все они приехали сюда не на «готовенькое», а задолго до большой нефти в Западной Сибири. Именно они носили на своих плечах насосно-компрессорные трубы по болотной жиже к скважине-первооткрывательнице Самотлора. И Толя Сторожев получил Ленинскую премию не за «понюх табаку». Это были работа и борьба, это были горняцкая закалка и профессионализм, это была школа Г. Е. Рябухина.*

В 1956 г. Г. Е. Рябухин совместно со своим учеником И. И. Нестеровым публикует первую карту прогнозов нефтегазоносности с высокими перспективами в районах Среднего Приобья и более низкими оценками в окраинных частях Западно-Сибирской низменности.

В Свердловске он без остатка отдавался педагогической работе, организации учебного процесса на новой кафедре и в деканате. Г. Е. Рябухин пишет научно-популярные брошюры: «Роль М. В. Ломоносова в геологии», «К 90-летию академика В. А. Обручева», а также биографические очерки о научной деятельности выдающихся ученых-геологов И. М. Губкина, В. И. Вернадского.

В 1956-1959 гг. по направлению Минвуза СССР он был командирован на преподавательскую работу в зарубежные страны – сначала в Китай (1956-1958), а затем в Египет (1958-1959). В Китае он в течение трех лет работал советником по геологии и заведовал кафедрой геологии в Пекинском геологоразведочном институте. Здесь он совместно с профессором Мин-Чжу-Саном написал учебник «Геология нефти», а также монографию



Выпуск 1955 г.

«Происхождение нефти и формирование нефтяных залежей», которые наряду со статьями по другим вопросам геологии нефти были опубликованы на китайском языке.

В 1958-1959 гг. Г. Е. Рябухин работал профессором в Суэцком нефтяном институте Объединенной Арабской Республики и одновременно увлеченно занимался изучением нефтяных и газовых месторождений Египта. Его лекции по геологии нефтяных и газовых месторождений были опубликованы на английском и арабском языках.

Во время зарубежных командировок Г. Е. Рябухин проводил также геологические исследования в Центральной Азии и в низовьях Нила.



Г. Е. Рябухин в Египте (1958)

С 1960 г. Г. Е. Рябухин – профессор кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа МИНХ и ГП им. И. М. Губкина. Он уже всемирно известный ученый и педагог. До конца жизни творческая деятельность Г. Е. Рябухина была связана с Московским нефтяным институтом им. И. М. Губкина (Сейчас это Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина).

За заслуги в развитии нефтегазовой науки и в подготовке кадров для промышленности Г. Е. Рябухин награжден знаками и медалями: «Почетный нефтяник» (1978), «Почетный разведчик недр», «Ветеран труда» (1983).

Может быть, был прав Омар Хайям:  
Ты обойден наградой – позабудь.  
Дни вереницей мчатся - позабудь.  
Небрежен ветер, в вечной книге Жизни  
Мог и не той страницей шевельнуть.

Георгий Евгеньевич Рябухин скончался 26 ноября 1998 г. – фактически в день своего 90-летия. Похоронен на Головинском кладбище г. Москвы.

У Георгия Евгеньевича была большая семья. Жена Анна Михайловна Спихина, с которой они прожили более 60 лет. Геолог по профессии, она почти одновременно с ним окончила Ленинградский горный институт и была непременной участницей почти всех его экспедиций. Более 40 лет она проработала в Московском нефтяном институте им. И. М. Губкина. По ее инициативе был создан Музей института, музей им. И. М. Губкина. Двое из детей, Светлана и Анатолий, пошли по стопам своих родителей. Светлана – геолог, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией проблем нефтегазопроисводительной геологии РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. Область научных интересов – геология и нефтегазоносность Восточно-Европейской платформы. Анатолий – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ. Область его научных интересов – геодинамика окраинных и внутренних морей, применение космических методов в геологии, история геологических наук.

#### **Вклад Г. Е. Рябухина в изучение нефтегазоносности разных регионов Советского Союза и мира**

Георгий Евгеньевич внес значительную лепту в разработку фундаментальных и прикладных проблем нефтегазовой геологической науки, в изучение истории геологии, в познание геологического строения и нефтегазоносности многих регионов Советского Союза и зарубежных стран: Восточной и Западной Сибири, Днепровско-Донецкой и Прикаспийской впадин, Арктики и Арктического шельфа, Африки, Китая, Египта. Ему принадлежит постановка вопросов и оригинальные решения многих узловых проблем геологии нефти и газа, касающихся нефтегазоносности древних толщ, континентальных отложений, межгорных впадин, наличия подсолевой нефти, перспективности Арктического шельфа и т. д. Он принимал непосредственное участие в разработке стратегии поисков нефти и газа нашей страны, связанной с организацией опорного бурения.

В Сибири и в Средней Азии, в горах Тянь-Шаня и Урала, за Полярным кругом и на Украине, в Центральной Азии и в низовьях Нила пролегли маршруты неутомимого геолога-исследователя Георгия Евгеньевича Рябухина.

С научными целями он посетил 36 стран мира. Он побывал в Индии и Объединенной Арабской Республике, Китае, Тунисе, Конго, Йемене, Кувейте, Ливии, Камеруне и еще во многих дальних и ближних странах. Результаты его поездок отражены в многочисленных научных книгах и статьях.

Имя большого ученого и талантливого педагога, доктора геолого-минералогических наук, профессора Г. Е. Рябухина более полувека было связано с Государственной академией нефти и газа им. И. М. Губкина

(1960-1998) и широко известно не только в России, но и далеко за ее пределами.

Автор 200 научных работ, включая 9 монографий, 10 учебников и учебных пособий по широкому диапазону нефтяной геологии – от проблем происхождения нефти и принципов районирования нефтегазоносных районов, нефтегазоносности древних толщ, нефтегазоносности кристаллических пород, проблем нефтегазоносности континентальных отложений, морских акваторий и т. д. География исследований была чрезвычайно обширна: нефтегазоносность Западной и Восточной Сибири, Арктики и Арктического шельфа России, окраинных морей Дальнего Востока, орогенных прогибов Центральной Азии, Днепровско-Донецкой впадины, Прикаспийской впадины, геология Китая, Ближнего и Среднего Востока и др. Многие работы переведены на английский, немецкий, китайский и арабский языки.

Перечень работ Г. Е. Рябухина в хронологическом порядке (из семейных архивов):

*О горючих газах Байкала* // Сборник «На геол. фронте Восточной Сибири». Т. 1. Иркутск, 1933.

*К изучению Байкальского месторождения нефти* // Труды МГРИ. Сер. 3, вып. 33. М., 1934.

*Поиски нефти в Сибири* // Вост.-Сибирский геологический трест и ВНИТО геологов, 1934.

*Состояние и задачи геологоразведочных работ на нефть в Прибайкалье* // Нефтяное хозяйство. 1935. № 6.

*Байкальский нефтеносный район* // Нефтяное хозяйство. 1937. № 7.

*Геологическое строение и нефтеносность района Усть-Порта на р. Енисей* // Проблемы Арктики. 1939. № 3.

*О создании нефтяной базы на Крайнем Севере СССР* // Разведка недр. 1939. № 10.

*Нефтеносность Арктики* // Труды XVII сессии Межд. геол. конгресса. Т. V. 1939.

*Битуминозные горизонты восточного склона Урала и Западно-Сибирской равнины* // Доклады АН СССР. 1943. Вып. 3, т. XI.

*Геология и нефтеносность Западной Сибири*. М.: Геолгиздат, 1948. (совм. с М. К. Коровиным, Н. А. Кудрявцевым, А. В. Тыжновым, Д. Л. Степановым);

*Происхождение Байкала* // Бюл. Моск. об-ва испытат. природы. 1953. № 5.

*Происхождение нефти* // Труды Пекинского геологоразведочного ин-та. Пекин, 1956.

*Некоторые данные по фациям и литологии юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности* // Доклады АН. 1956. Т. 110. № 6 (совм. с Р. Т. Валиулиной).

*Нефтяные месторождения Средней Азии и Сибири* // Труды Пекинского геолого-разведочного ин-та. Пекин, 1957.

*Нефтеносность Северо-Китайской равнины* // Разведка нефти. 1958. № 7 (совм. с Уго-Хуэй).

*Нефтеносность нижнемеловых отложений Сунлянской равнины* // Разведка нефти. 1959. № 5 (совм. с Юан-баохуа).

*Геология нефти: учебник* / Пекин. геол. разв. ин-т. Пекин, 1959 (совм. с Чанджу-Сян).

*Перспективы открытия нефтяных и газовых месторождений-гигантов на территории Западно-Сибирской низменности* // Закономерности размещения и условия формирования нефтяных и газовых месторождений Зап.-Сибирской низменности: мат-лы совещ. в Тюмени, 1965. М.: Недра, 1967.

*Нефтегазоносные провинции и области СССР (Сибирь и Дальний Восток)*. М: Изд-во МИНХ и ГП им. И. М. Губкина; 1969; Недра, 1979.

*О нефтегазоносности кембро-ордовика и докембрия Северной Африки, Северной Америки и Австралии* // Перспективы нефтегазоносности и направления геолого-разведочных работ в Центральном районе Русской платформы: сб. 1970 (совм с М. И. Варенцовым).

*О нефтегазоносности кембрия и докембрия* // Происхождение нефти и газа и формирование залежей. М.: Недра, 1971 (совм. с М. И. Варенцовым).

*Крупнейшие нефтяные месторождения мира* // Проблемы нефтегазоносности Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1971.

*О проблемах поисков нефти и газа на больших глубинах* // Нефтегазовая геология и геофизика. 1974. № 3 (совм. с Е. В. Кучеруком, В. Ф. Быковым).

*Нефтеносность рифов* // Геология нефти и газа. 1974. № 4 (совм. с В. Ф. Быковым).

*Геология и нефтегазоносность континентальных отложений Центральной Азии* // Совещ. по осадочным бассейнам. М.: МГУ, 1976 (совм. с В. Ф. Быковым).

*Геология и нефтегазоносность Сибири* // Изв. вузов. Геология и разведка. 1977. № 11.

*Перспективы поисков зон нефтегазонакопления на Непско-Ботубинской антеклизе Восточной Сибири* // Критерии поисков зон нефтегазонакопления. М.: Изд-во АН СССР, 1979.

*Тектоника акваторий восточных Арктических морей в связи с нефтегазоносностью* // Некоторые аспекты геологии, нефтегазоносности и разработки нефтяных и газовых месторождений арктических морей // Изв. вузов. Геология и разведка. 1985. № 4.

*Формационные комплексы верхнего палеозоя Арктики // Освоение морских месторождений нефти и газа: сборник. М.: МИНХ и ГП им. И. М. Губкина, 1988.*

*Нефтегазоносность верхнепалеозойских и триасовых формаций Арктики // Всесоюз. конф. по комплексному освоению нефтегазовых ресурсов на арктическом шельфе СССР: сборник / Тр. МИНХ и ГП, 1990.*

*Промышленная нефтегазоносность погребенных кор выветривания и зон трещинной интеграции магматических и метаморфических пород // Фундаментальные проблемы нефтегазоносности: сборник. Книга 1. М.: ВНИИОЭНГ, 1990.*

*Юрские и меловые формации Арктики и их нефтегазоносность // Всесоюз. конф. по комплексному освоению нефтегазовых ресурсов на арктическом шельфе СССР: сборник / Тр. МИНХ и ГП, 1990.*

*Формации и перспективы нефтегазоносности юрских отложений северных акваторий Арктики // Геология нефти и газа. 1991. № 12.*

Он ставил вопрос о проведении опорного бурения в недостаточно изученных в нефтегазоносном отношении регионах, в частности в Прикаспийской впадине и Сибири (1947). Особенно пристальное внимание он обращал на необходимость постановки сверхглубокого бурения, в пределах многих нефтегазоносных провинций СССР (1965, 1974, 1977, 1982).

В ряде работ он анализировал проблему нефтегазоносности подсолевых отложений отдельных регионов страны (1965, 1977), обращал внимание производителей на то, что внешние окраины складчатых сооружений могут быть новым типом нефтегазоносных областей (1982).

Опубликованные работы, отчеты и другие архивные материалы свидетельствуют о многогранности таланта Г. Е. Рябухина. Значительное внимание он уделял изучению вещества – литологии и фациям. Именно этим проблемам была посвящена его работа в соавторстве с Р. Т. Валиулиной, опубликованная в ДАН. 1956. Т. 110, № 6.

### **Научно-педагогическая и писательская деятельность**

Как упоминалось выше, в 1940 г. Г. Е. Рябухин на Ученом совете Московского нефтяного института защитил кандидатскую диссертацию, а в 1948 г. – докторскую.

Годы работы в Государственной академии нефти и газа им. И. М. Губкина были самыми плодотворными в научно-исследовательской и учебно-методической работе. Он читал лекции по профилирующим дисциплинам кафедры: «Геология нефти и газа», «Нефтяные и газовые месторождения СССР», «Нефтегазоносные провинции и области СССР», «Геология и нефтегазоносность акваторий Мирового океана».

Г. Е. Рябухиным вместе с профессором А. А. Бакировым был создан новый курс «Нефтегазоносные провинции и области СССР», который стал

одной из основных нефтегазогеологических дисциплин в нефтегазовых вузах и факультетах страны при подготовке геологов, нефтяников и газовиков.

В 1969 г. вышел в свет первый учебник «Нефтегазоносные провинции и области СССР» (под редакцией А. А. Бакирова и Г. Е. Рябухина), который был удостоен премии академика И. М. Губкина (1971). Десять лет спустя вышло второе, значительно переработанное и дополненное издание, которое до сих пор остается настольной книгой студентов-нефтяников (см. список работ).

В общей сложности Г. Е. Рябухиным в соавторстве с преподавателями кафедры написано 9 учебных пособий по геологии нефтегазоносных провинций СССР.

Научные интересы Г. Е. Рябухина охватывают широкий спектр фундаментальных и прикладных проблем нефтегазовой геологической науки. Основные из них:

- проблемы происхождения нефти;
- принципы нефтегазогеологического районирования;
- нефтегазоносность континентальных отложений орогенных впадин и прогибов Средней и Центральной Азии;
- нефтегазоносность древних толщ и солянокупольных областей;
- региональная геология и нефтегазоносность Восточной и Западной Сибири, Днепровско-Донецкой и Прикаспийской впадин, Ближнего и Среднего Востока;
- опорное и сверхглубокое бурение в различных регионах страны;
- нефтегазоносность Арктики и Арктического шельфа и т. д.

В эти годы с новой силой проявляется творческий талант Г. Е. Рябухина. Именно в Академии нефти и газа им. И. М. Губкина были написаны наиболее крупные биографические книги и очерки о выдающихся ученых геологах, научно-популярные книги и статьи.

По истории науки им написаны творческие биографии М. В. Ломоносова, Н. С. Шатского, И. М. Губкина, В. А. Обручева. Опубликованы работы по истории становления нефтяной геологии Сибири.

В течение многих лет он был членом диссертационных и ученых советов в ГАНГ, МГУ, ВНИГНИ, ВНИГРИ, членом редколлегии журнала «Известия вузов», серия геологическая.

Участник 17-го, 26-го и 27-го Международных Геологических Конгрессов, он по праву считал себя учеником академиков В. А. Обручева и И. М. Губкина.

Романтик по натуре, геолог по призванию, он обладал незаурядными писательскими способностями. Был даже членом Союза пролетарских писателей России, автор трех рассказов: «Вошел в рельсы», «Ошибка» и «Чад», напечатанных в журнале «Молот», приложении газеты «Тамбовская правда» в 1926 г.



Г. Е. Рябухину всегда было присуще чувство нового. Именно поэтому в 1983-1986 гг. он читает факультативный курс «Освоение морских месторождений нефти и газа» в Губкинском институте, а в 1987 – спецкурс «Новые данные по нефтегазоносности акваторий».

Сотни инженеров-геологов, более 10 докторов и 25 кандидатов наук, в том числе много иностранцев – таков итог его деятельности по подготовке научно-педагогических кадров. Он принимал активное участие в работе по повышению квалификации работников геологической службы отраслевых министерств и педагогического состава родственных вузов и кафедр.

Создание нефтяного факультета в Свердловском горном институте и работа там в 1951- 1955 годах – это особая гордость и заслуга Георгия Евгеньевича.

Он воспитал плеяду квалифицированных геологов-нефтяников, в процессе общения с ними прививал им не только знания и любовь к делу, но и чувство глубокой ответственности, творческого подхода к решению сложных вопросов геологической науки. Его ученики стали членами Ака-



Г. Е. Рябухин у карты Мира

демии наук, профессорами, докторами, кандидатами, руководителями крупных геологических экспедиций и трестов и объединений. Можно назвать такие имена: И. И. Нестеров, Г. П. Рогожников, А. А. Власов, А. Д. Сторожев, П. Т. Савинкин, Л. П. Теплов, А. Н. Анциферов, В. Ф. Карташов, Е. Р. Алиева, Г. А. Байбакова, Т. И. Бандлова, Г. Петц (ГДР), В. С. Бочкарев, Г. П. Худорожков, В. П. Шуманискайте (Растянене), Г. П. Ледовская, В. М. Смелков, В. Б. Егоров, И. И. Шмайс, А. В. Бухаров, В. Ильченко, Педер, В. И. Гусаров, В. Н. Гуров, А. И. Соломе-

ева, С. А. Валиулина и много других выдающихся исследователей по разным направлениям нефтяного дела, в том числе по литологии, палеонтологии, физике пласта и т. д. В Китае 8 аспирантов защитили кандидатские диссертации.

Г. Е. Рябухин, безусловно, был признанным интернациональным ученым и педагогом.

## Воспоминания автора

Как молоды мы были, как верили в себя...  
... Никто не забыт, ничто не забыто

Моя статья – очерк о Георгии Евгеньевиче Рябухине – является естественным порывом возбужденной памяти. Просматривая биографические данные и перечитывая работы Г. Е. Рябухина, я обнаружил схожесть наших творческих направлений.

Я поступил в Свердловский горный институт им. В. В. Вахрушева в 1950 году на геологоразведочный факультет: мой отец посоветовал стать горным инженером. В 1951 году был организован нефтяной факультет, Г. Е. Рябухин был назначен заведующим кафедрой геологии нефти и одновременно деканом факультета.

Надо напомнить, что нефтяной факультет появился потому, что приехал Г. Е. Рябухин. А приехал он в Свердловск из Москвы, где работал профессором кафедры геологии, разведки и разработки нефтяных месторождений Московского нефтяного института им. И. М. Губкина. Для того чтобы сформировать нефтяной факультет, три геологические группы из пяти после второго курса перевели на нефтяной факультет. Так, три группы (ГН-50-1, ГН-50-2, ГН-50-3) в количестве более 60 человек стали учиться нефтяному делу у Г. Е. Рябухина и его помощников. Нефтяной факультет появился на Урале с опережением всех газовых и нефтяных открытий в Западной Сибири.

Необходимо подчеркнуть, что молодая нефтяная школа в этом институте опиралась на фундаментальную базу знаний по разным геологическим направлениям, используя научно-образовательные школы во главе с А. Н. Ходалевичем и А. Ф. Торбаковой (палеонтология и стратиграфия), А. А. Малаховым (общая и региональная геология), Г. И. Вертушковым (минералогия и петрография), А. Я. Ярошем (геофизические методы разведки), Б. А. Богачевым (бурение и эксплуатация нефтяных месторождений), А. К. Козыриным (геофизические исследования скважин) и многие другие. Конечно же, мы помним «маму» всех студентов Полину Яковлевну Зининберг. Именно здесь, в первом Горном институте на Урале и за Уралом, ковались лучшие горные инженеры самых различных специальностей. Не так уж легко было сдавать зачеты и экзамены лучшим в России профессорам, кото-



Студент четвертого курса  
Николай Запывалов (1954)

рые знали «поле», производство и владели самыми современными научными знаниями. Почти постоянным местом наших занятий был лучший в мире геологический музей в здании Института. Нас, студентов-горняков, отличала дружба и мобилизованность. Внешне это выражалось в том, что мы уже с первого курса были облачены в горняцкую форму. Она была действительно красива. Если горняки шли по улице, не заметно было даже политехников. Кстати, Уральский политехнический институт был самый большой в России. Параллельно с нами там учился Б. Н. Ельцин, который неплохо играл в волейбол. Мы соперничали с ними во всем: спорте, самодеятельности, учебной и научной работе. Это было золотое время.



Городская эстафета, горняки снова первые. Финиширует студент пятого курса Николай Запивалов (1955)

Г. Е. Рябухин читал нам почти все нефтяные дисциплины и проводил практические занятия. Как лектор он отличался от виртуоза А. А. Малахова, не был особенно красноречивым и ярким. Однако он умел увлечь студентов обширными знаниями и каким-то особым проникновением в профессию. Он сам вел научный кружок на факультете. Несмотря на разнообразие студенческих увлечений и комсомольских нагрузок, я тоже участвовал в этом кружке и даже написал под его руководством первую в жизни самостоятельную работу «Геологический разрез карбона и перми одной из площадей Западной Башкирии» (Научные работы студентов. Сб. 3. Свердловск: Свердловский горный институт, 1957. С. 15-21). Первичные полевые материалы для этой статьи были собраны на производственной практике в Башкирии в 1953 г.

Необходимо отметить педагогическую мудрость Г. Е. Рябухина. Она заключалась в следующем. В институте не было собственного полигона

или базы для натурального обучения студентов нефтяному делу. На Урале и в Западной Сибири еще не было нефтяных промыслов и масштабного бурения. Поэтому после фундаментальных учебных геологических и геодезических практик на подготовленных стационарных базах Свердловского горного института нас направляли на рабочие места в разные нефтяные районы Советского союза на все лето. Я лично работал в Туркмении, Башкирии, Украине. Такую же школу прошли мои сокурсники.

Так мы стали нефтяными геологами. После окончания института Г. Е. Рябухин рекомендовал меня оставить в институте на кафедре ассистентом с одновременным обучением в аспирантуре. Но в самый последний момент, уже во время заседания Государственной комиссии, что-то дрогнуло во мне, и я попросил направить меня в Новосибирск. Председатель комиссии С. В. Горюнов, впоследствии министр геологии РСФСР, с улыбкой сказал: «Пусть парень испытает себя Сибирью!» А Георгий Евгеньевич огорчился.

Мы окончили институт в 1955 году, а вскоре он уехал в Китай. Такой уж был непоседа, наш Учитель. Нефтяной факультет позже закрыли. Но нефтяная закваска жила в питомцах Рябухина. Я помню моих однокашников, выдающихся первопроходцев сибирской нефтяной целины: И. И. Нестерова Г. Б. Рогожникова, Г. П. Худорожкова, А. Д. Сторожева, В. А. Родионова, В. А. Минько, Н. Л. Шешукова, Т. Ф. Колмакова, Б. Р. Ярославова, В. Б. Васильева, А. А. Власова, Б. В. Топычканова, А. П. Ишмаева, В. Я. Карандашеву, А. Н. Колупаева, В. К. Баранова, Х. Ш. Курмангалееву, А. И. Кутырева, А. И. Лежнина, В. И. Мельникова, Л. П. Теплова, П. Т. Савинкина, Ю. В. Брадучана, В. П. Никитина, А. В. Летицкого, В. И. Воронина, И. А. Филимонова – и много других славных имен той патриотической плеяды советских горных инженеров-геологов, многих из которых уже нет с нами. Пусть вечным памятником им будет созданный «умом и молотком» крепчайший нефтегазовый фундамент российского могущества.

Наверное, было бы правильно и справедливо на здании геологоразведочного факультета поместить памятную табличку о Георгии Евгеньевиче Рябухине и поименный список выпускников Свердловского горного института, имеющих за разведку и открытие нефтегазовых месторождений в Сибири Государственный статус «Первооткрыватель месторождения». Это слава и гордость Уральского государственного горного университета. Пусть будет так!

Что еще добавить? Не так уж часто, но все же мы встречались с Г. Е. Рябухиным в Новосибирске, Тюмени, иногда я вместе с П. Т. Савинкиным и Л. П. Тепловым, бывал у него дома в Москве, на Ленинском проспекте. Его небольшая комната-кабинет была наполнена особой аурой, а сам Георгий Евгеньевич излучал жизнелюбие и увлеченность.

Беседы, воспоминания и разговоры были о многом и, конечно же, о нефтяных делах и перспективах развития геологической науки. Георгий

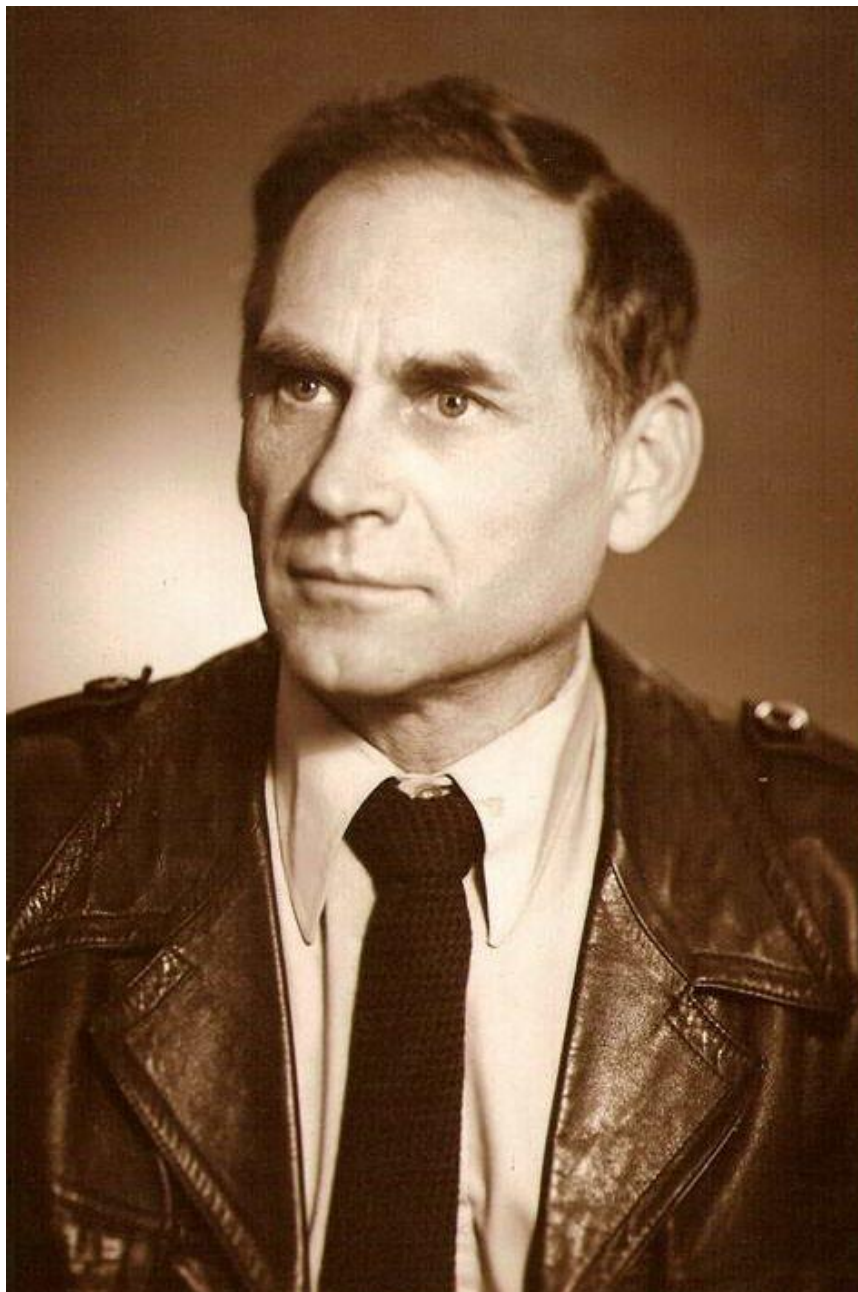


Птенцы Г.Е. Рябухина, испытавшие себя Геологией и Сибирью.  
Все мы, геологи, геофизики и буровики – снова рядом. Встреча через 25 лет после окончания института (1980)

Евгеньевич помнил почти всех своих студентов «свердловского периода» и живо интересовался судьбой и работой каждого.

Впечатление производили фотографии афро-азиатских красавиц, коих было достаточно на стенах и в шкафах. После дружеской «рюмки чая» мы пристально рассматривали эти фотографии и картинки, а Анна Михайловна (жена Георгия Евгеньевича) подсмеивалась над нами.

**К 75-ЛЕТИЮ В. Н. ШВАНОВА**



**12 апреля 1933 г. – 22 июля 1999 г.**

Литологическая составляющая сборника посвящается памяти крупного российского (советского) литолога Валентина Николаевича Шванова, преждевременно ушедшего из жизни в далеко не полные 70 лет. Нет сомнений в том, что к нынешнему 75-летию В. Н. Шванов подготовил бы новые крупные работы. Не исключено, что таким обобщением мог бы стать «Атлас структур осадочных формаций», прообраз которого в виде 50 элементарных ячеек осадочных толщ опубликован в работе 1992 г. Во всяком случае, диалогией по песчаникам (1969, 1987) и коллективной монографией по систематике и классификации осадочных пород (1998) Валентин Николаевич уже на долгую перспективу подвел черту под «горнопородными» проблемами. Разработку же литомографии его внезапная и преждевременная смерть прервала в самом разгаре.

Незадолго перед ней, осенью 1998 г. В. Н. Шванов принял участие в 3-м Уральском литологическом совещании, где презентовал только что вышедшую «Систематику...» (1998). Уральских литологов, конечно, не связывали с ним столь многолетние и дружеские нити, как, например, у московской школы. Однако, исходя из непризнания геологическими границами административных и заимствуя принцип ФИДЕ «Все мы – одна семья», редколлегия сборника, по инициативе проф. Г. А. Мизенса, вышедшего из ленинградской литологической школы, сочла возможным и допустимым выполнить такое памятное посвящение\*. В завершение краткой преамбулы приведем столь же краткий перечень главных монографических работ Валентина Николаевича ШВАНОВА, являющихся настольным руководством для геологов любого уровня, занимающихся изучением осадочных толщ.

- Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения. Распространение, структуры, текстуры. Л.: Недра, 1969. 248 с.
- Шванов В. Н. Литоформационные корреляции терригенных и метаморфических толщ: Южный Тянь-Шань. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1983. 216 с.
- Шванов В. Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. 269 с.
- Шванов В. Н. Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.
- Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов / В. Н. Шванов, В. Т. Фролов, Э. И. Сергеева и др. СПб.: Недра, 1998. 352 с.

Ответственный редактор сборника, по поручению  
«уральской» части его редколлегии,  
и с благодарностью всем откликнувшимся  
на предложение почтить память В. Н. Шванова

---

\* Ряд статей и материалов первой части предлагаемого сборника повторяют помещенные в специальном выпуске:

- Литология и палеогеография: Сб. науч. тр., посвященных 75-летию профессора Валентина Николаевича Шванова. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. Вып. 6. 188 с.



**М. А. Тугарова<sup>1</sup>, В. П. Якуцени<sup>2</sup>, О. И. Супруненко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана

## **В. Н. ШВАНОВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК НЕФТЕГАЗОВОЙ ЛИТОЛОГИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Практически все исследования в области литологии связаны с изучением осадочного чехла Земли, его состава, строения и истории развития в разных геоструктурных условиях. К тому же, именно в осадочном чехле сосредоточены основные нефтегазовые богатства недр, значимость которых в экономике и энергетике России к началу 90-х годов прошлого столетия уже достаточно четко определилась.

Профессор В. Н. Шванов, заведующий кафедрой литологии и морской геологии в 90-х годах, располагая хорошо развитым от природы чувством научной интуиции и будучи инициативным организатором, понимал, что одним из важных направлений будущего развития кафедры может стать подготовка специалистов-литологов в области нефтегазовой геологии.

Именно поэтому он еще в 1991 г. обратился к докторам геолого-минералогических наук, профессору В. П. Якуцени и Р. С. Сахибгарееву (ВНИГРИ) за содействием в организации и проведении курса лекций по геологии нефти и газа. И уже с 1992 г. на базе кафедры литологии и морской геологии начало функционировать это направление в обучении студентов.

90-е годы были трудными для России в социально-экономическом отношении и, в частности, для ее геологической службы. Шло резкое сокращение объемов поисковых работ и, соответственно, численности квалифицированных специалистов-геологов практически по всем видам полезных ископаемых, особенно наиболее дорогостоящих из них – геологов в области нефтегазопроисхождения. Крайне сложно стало организовывать производственную практику для студентов. И все же геологическое руководство с трудом удерживающихся производственных предприятий, понимая неизбежность восстановления промышленного потенциала России и грядущей необходимости новых квалифицированных кадров, в значительной мере утраченных в годы перестройки, оказывало посильную помощь.

Так, по инициативе кандидата геолого-минералогических наук С. П. Якуцени (ВНИГРИ) при содействии руководства Геологической службы Ярегского шахтоуправления удалось провести производственную практику

группы студентов 3-4-го курсов на одном из интереснейших объектов – нефтяных шахтах Яреги в Республике Коми, где условия размещения нефтяных скоплений в продуктивных пластах и их миграцию при добыче можно было наблюдать визуально. Такого же рода поддержку оказывали геологи-нефтяники в Тимано-Печорской провинции и в Западной Сибири, предоставляя студентам возможность прохождения практик на нефтяных месторождениях.

Значительное содействие в организации учебного процесса и проведении производственных практик оказал доктор геолого-минералогических наук, профессор О. И. Супруненко (ВНИИОкеанология), который с 1992 г. взял на себя чтение фундаментальных лекционных курсов по нефтегазности акваторий, нефтегазоносным бассейнам мира и СНГ, геологической интерпретации геофизических данных, экономике нефтегазовой промышленности и др.

Организационное начало по развитию нефтегазового направления в обучении студентов на кафедре литологии и морской геологии, положенное В. Н. Швановым еще с 1992 г., было поддержано студентами и, соответственно, получило дальнейшее развитие. В 1996 г. при переходе на двухступенчатую систему образования бакалавратура – магистратура профессора О. И. Супруненко и В. П. Якуцени разработали авторскую магистерскую программу «Нефтегазоносные бассейны» по направлению «Геология и геохимия горючих ископаемых», и в 1998 г. первые магистры кафедры получили дипломы, удостоверяющие их нефтяную специализацию. К началу 2000 г. уже сформировался как сравнительно полноценный перечень лекционных курсов по нефтяной геологии, так и высококвалифицированный преподавательский состав. В числе лекционных курсов: «Геология нефти и газа», «Методы поиска и разведки нефтегазовых месторождений», «Нефтегазосность акваторий», «Промысловая нефтегазовая геология и экология», «Нефтегазосность больших глубин и термодинамика недр», «Экономика нефтегазовой промышленности», «Нефтегазовая литология», «Нефтегазоносные бассейны мира и СНГ», «Геохимия нафтидов», «Геологическая интерпретация геофизических данных» и др.

В апреле 1998 г. В. Н. Шванов, в соответствии с действующим тогда возрастным цензом, вынужден был оставить руководство кафедры, при этом не переставая быть ее идейным вдохновителем и неформальным лидером. В 1999 г. неожиданно В. Н. Шванов ушел из жизни... Должность заведующего кафедрой с 1998 по 2003 гг. занимал профессор О. И. Супруненко, удачно совмещающий в своей специализации глубокие и обширные знания в области как морской, так и нефтяной геологии. За годы пребывания в должности заведующего кафедрой О. И. Супруненко неоднократно подчеркивал, что его задачей является сохранение преемственности в руководстве кафедрой, долгое время возглавляемой В. Н. Швановым. За эти годы кафедра литологии существенно укрепила свой образовательный ста-

тус, занимая одно из лидирующих мест на геологическом факультете СПбГУ по количеству желающих обучаться на ней студентов, возможностям привлечения студентов к научно-исследовательским работам ведущих научных и научно-производственных геологических организаций, участия студентов, аспирантов и сотрудников в различных международных проектах. Именно в это время, стало очевидно, что научная и преподавательская интуиция В. Н. Шванова принесла свои плоды.

К 2005 г. кафедра литологии и морской геологии геологического факультета СПбГУ де-факто уже более 10 лет осуществляла подготовку специалистов по нефтяной геологии. На кафедре читались все курсы специализации «Геология и геохимия нефти и газа», отвечающие государственному общеобразовательному стандарту высшего профессионального образования, по программам, соответствующим указанному стандарту. Традиционные специальности кафедры – литологии и морской геологии – позволяли успешно готовить студентов в области приоритетных направлений развития геологии нефти и газа.

Студенты кафедры проходили производственные практики в составе морских и сухопутных экспедиций по всей территории Российской Федерации и за рубежом – в Западной Сибири, Тимано-Печорской провинции, в Казахстане, Туркмении, на Дальнем Востоке, на Приполярном Урале, в Забайкалье, принимали участие в многочисленных рейсах в Арктике, работали в отечественных и зарубежных нефтяных компаниях «ЛУКОЙЛ» (Россия); «TOTAL» (Франция); «Statoil» (Норвегия), участвовали в крупных международных проектах.

В 2005 г., основываясь на опыте преподавания геологии нефти и газа и на базе методических документов, подготовленных преподавателями кафедры литологии и морской геологии, при поддержке коллег кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ, прежде всего доктора геолого-минералогических наук, профессора О. К. Баженовой, была лицензирована специальность «Геология и геохимия горючих ископаемых», и геологический факультет Санкт-Петербургского университета впервые осуществил прием на новую специальность.

Учитывая традиции, сложившиеся при развитии преподавания геологии нефти и газа на геологическом факультете СПбГУ, по-прежнему особое внимание в подготовке будущих нефтяников уделяется нефтегазовой литологии как дисциплине, которая исследует осадочные объекты в приложении к поискам, разведке и разработке месторождений углеводородов. Следует отметить, что курс «Литология», читаемый студентам специальности «Геология и геохимия горючих ископаемых», по объему в два раза превосходит одноименный стандартный курс для бакалавров-геологов, сочетая в себе фундаментальные основы литологии с ее прикладными аспектами в геологии нефти и газа.

Каждая педагогическая школа имеет свою историю, свои традиции, свои приоритеты развития. Нефтяная школа Санкт-Петербургского университета, находящаяся еще в начале своего становления, безусловно, прочно связана с литологическим направлением в геологии и своим возникновением обязана одному из выдающихся литологов прошлого столетия – Валентину Николаевичу Шванову.

УДК 552.5

**В. Т. Фролов**

Московский гос. университет

## **В. Н. ШВАНОВ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ЛЕНИНГРАДСКОЙ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ШКОЛЫ ЛИТОЛОГОВ**

Валентин Николаевич Шванов – один из лучших учеников Л. Б. Рухина, не только воспринявший творческий дух своего всемирно признанного учителя, но и обладающий своим большим потенциалом и самостоятельностью. Он, как и его учитель, – яркие и типичные представители ленинградской-петербургской геологической школы, выделяющейся своей наибольшей в СССР и России формализованностью и, в частности, математизированностью исследований, а также подчеркиванием примата вещественных и структурных, т. е. объективных данных перед их генетической и иной интерпретацией. Поэтому он с одобрением встретил мою статью 1966 г. [2] о фациях и фациальном анализе и, как он выразился, «зауважал» меня. С тех пор мы сотрудничали все теснее и подружились крепко. Он горячо поддерживал мои «еретические» взгляды о разделении классификаций осадочных пород на две самостоятельные – объективные, морфологические, т. е. петрографические, и истолковательные, генетические. Эти мои разработки долго, с 1960 г., не находили поддержки у ряда литологов московской школы, тормозивших их публикации. Блестящим завершением на конец XX в. работ В. Н. Шванова по классификациям осадочных пород стала Красная книга «Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов» [13] – лучший памятник ее первому автору и редактору. Без его инициативы, энергии и немалых средств геологи не увидели бы этого итогового монументального издания, выдвигавшегося на Госпремию.

О В. Н. Шванове приятно вспоминать и легко писать, несмотря на его порой резкие и категорические высказывания: подкупала его искрен-

ность, незлобивость, честность в науке и преданность геологии и литологии, в которой он выше всего ценил факты, конкретные объективные сведения, прежде всего о породах, минералах и строении геологических тел породного уровня. Большой вклад В. Н. Шванова в геологию многосторонен. Мне хочется рассмотреть две основные и наиболее близкие мне стороны – литологическую и формационную, впрочем, у Шванова сливающиеся в одну – литолого-геологическую.

Вклад В. Н. Шванова в литологию наиболее значителен, особенно в ее фундаментальную часть – петрографию осадочных пород. Последнее издание «Петрографии песчаных пород» (1987 [11]) - образец подробной монографии о сложнейшем объекте, несущей ясные черты индивидуальности: новые термины, хороший язык, понятное, доступное студенту изложение и, главное, свежее содержание и понимание, с которым нередко хочется спорить, но почти всегда приходится соглашаться. Оригинальна и, казалось бы, необычна для В. Н. Шванова, но удачна и вполне оправдана композиция монографии: она начинается генетическим разделом о природе песчаных компонентов, поданной в самом общем виде как рамки дальнейшего изложения материала. Но все же она показывает автора не односторонним формалистом или лишь фиксатором фактов, а нормальным геологом-«дуалистом», широко использующим и генетические интерпретации фактов. Более развернуто генезис песчаных видов дан в последней главе, и композиция приобретает законченный вид.

Основное же «тело» цикла построено также логично и ясно. Методика изучения, включая теорию и практику отбора образцов и оценку представительности опробования (это перекликается с более ранним учением геолога-энциклопедиста И. П. Шарапова об опробовании), схему полного петрографического изучения, количественный подсчет (гл. I), и первая систематическая часть – описание компонентов, породообразующих обломочных (гл. II) и аутигенных (III), а также цементов (IV) подготовили читателя к центральной части книги – классификации песчаных пород. Она дана в двух вариантах: петрографическом (гл. V) и, вероятно, в угоду Петтиджону, химическом (гл. VI). Показав второстепенность химической классификации песчаников, автор все же не пожалел немало труда и создал свою классификацию их химических составов, помогающую в сильно метаморфических породах увидеть минерало-петрографические типы кластолитов. Это успешно продолжено и развито Я. Э. Юдовичем и М. П. Кетрис. Основная же, петрографическая классификация стала творческим развитием наиболее популярной в России классификации В. Д. Шутова. Она впитала в себя достижения отечественной и зарубежной, в первую очередь американской седиментологии.

Описательная часть пород - семейств олигомиктово-кварцевых (гл. VII), аркозовых (гл. VIII) и граувакковых (гл. IX) – и, менее удачно и слабее обоснованных и нарушающих логику системы, отдельно (гл. X) допол-

нительных классов: «адьюнктивно»-минеральных и переходных аутигенно-обломочных песков и песчаников – заканчивают основную, петрографическую часть книги. Генетическая, или «петрологическая», часть (гл. XI) о происхождении пород и задачах петрографии тезисно представляет как основной, по мнению автора, тектонический фактор, так и климат, влияние среды отложения и источники сноса. Несмотря на краткость, читатель найдет здесь немало нового и интересного, приемлемого и спорного. Но не найти генетических типов песков, хотя некоторые типы вскользь названы (аллювиальные, эоловые). Основное внимание фактически отдано происхождению обломочных компонентов песков. Обобщенно даны эволюция песчанообразования, его цикличность, вторичные изменения в онтогенезе, приложение к стратиграфии и формационному анализу (см. ниже). «Заключение» также кратко, без пустых слов представляет осадочные полезные ископаемые и экзолиты в аспектах инженерной геологии и охраны окружающей среды. Вообще прикладным, практическим вопросам автор постоянно уделяет внимание. Это, вероятно, наследие Геолкома и одна из отличительных черт петербургской школы.

Краткий разбор, похожий на рецензию свежего издания, предпринят для более выпуклого показа этого незаурядного исследователя. Его работы заслуживают большего внимания не только потому, что они содержательны и поучительны, но и потому, что они честные, а это позволяет им верить и проследить развитие геологической мысли в России и в старейшей геологической школе. Для этого необходимо увидеть и понять не только его сильные, но и спорные и слабые стороны. Критический анализ лучше дать обобщенно, после разбора еще двух книг [12,13]. Однако здесь можно отметить некоторые спорные, положения, прежде всего понимание аркозов, заимствованное Швановым у Шутова. Аркозы всегда понимались как продукты разрушения гранитоидов, что легко устанавливается и продуктивно используется для определения состава питающей провинции и ее тектонического лица. В вещественной геологии это, пожалуй, единственный четкий, ясный и петрографически и генетически определенный и потому ценнейший термин, точнее которого не найти. Мне приходилось об этом говорить и моему другу В. Д. Шутову. Он понимал мои возражения, но предпочел стройность классификации, достигаемой упрощением, простительным математикам, физикам и другим представителям точных наук (в них без этого нельзя), но не геологам и другим природоведам. И В. Н. Шванов включил в аркозы основные плагиоклазы – продукты разрушения основных эффузивов и других базитов, что всегда относилось к грауваккам и представляет иной этап развития подвижных поясов. При этом оба автора попадают в еще более тяжелое положение: принятыми формальными принципами они вынуждены самые настоящие аркозы, еще не расчлененные на минералы, т. е. обломки гранитоидов крупнее песков, помещать в граувакковую группу, как диктуют железные правила формализма и упро-

щенной логики. Природа же всегда сложнее формальной логики и плохо укладывается в рамки. А Шутов и Шванов нарушили еще одну заповедь наук о природе: «не режь по живому», когда они разорвали единое производное гранитоидов – тело в виде обломочного потока, и «голову» – глыбовые, щебневые и дресвяные брекчии – отнесли к грауваккам, а среднюю часть (пески) – к аркозам. Если уж изучать отдельно пески, нельзя забывать и о других членах, составляющих единое целое, и строить классификации в соответствии с природным квантированием. Примат упрощенной логики проскальзывает и в некоторых других местах работ В. Н. Шванова.

Красная книга [13] стала финальной для безвременно ушедшего от нас В. Н. Шванова. Им в ней написаны основные установочные главы (I-III) и разделы в других главах, а также введены новые термины. Его соавторство в большинстве разделов было положительным. История классифицирования осадочных пород (гл. 1) в отечественной и мировой литературе не рассматривалась так детально и полно, как это энциклопедически сделано Швановым (с. 8-23). К этой главе геологи обращаются как к надежному справочнику. Еще на большую, философскую высоту автор поднял систематику осадочных пород (гл. II, с.124-41). Также глубоко, с ценнейшими историческими справками по терминам, со схемами классификаций описаны кластолиты (гл. III, с. 42-71), главным образом псаммиты. Все петрографические тексты в этой и других работах сопровождаются формулами, графиками, таблицами и рисунками: математический язык (после слова) важнейший у Шванова.

В литологии у В. Н. Шванова всегда были сильные позиции, особенно в ее фактологической, описательной части, в петрографии осадочных пород. В ней кластолиты, особенно песчаники, чисто механогенные осадки – предпочтительные объекты изучения у Шванова. Возможно, это объясняет и его несколько механистический, физический акцент в представлениях о генезисе экзолитов в целом и выдвигание силикатных механолитов на первое место в системе осадочных пород. Но если спросить мифического инопланетянина и обычного геолога, какие породы представляют экзогенную среду Земли, рождающую эти песчаники, они, подумав, однозначно назовут известняки, силициты, угли и другие биолиты и хемолиты, но, в первую очередь, не песчаники и другие кластолиты, особенно силикатные, сложенные компонентами, происходившими в основном не из экзогенных, а из эндогенных пород, и поэтому их обломочный, механический минеральный состав отражает не экзомир, а в основном эндомир. Такая система косвенно укрепляет архаичную позицию тех, кто определяет осадочные породы как продукты разрушения эндогенных пород. Таких действительно вторичных седилитов не больше 15-20 %. Большая же часть экзолитов – первично образованная (био- или хемогенно) в зоне осадкообразования. В. Н. Шванов соглашался со мной, но систему экзолитов построил традиционно: обломочные, глинистые, биохемогенные породы, т. е. неправ-

данно эклектично и отчасти беспринципно. Обоснование: так привычно, и ведь пески – самые простые, понятные всем. Мнение о простоте, понятности и однородности песков – очередное упрощение на почве неполного знания (см. ниже).

По вопросу первичности-вторичности ныне становится ясно, что первичные на Земле – осадочные космогенные компоненты (и осадки), которые и ныне в количестве тысяч тонн в год падают на планету. Вначале же шла лавинная седиментация космического материала, акреция которого создала космическое осадочное тело – планету Земля. Магмолиты – вторичные породы, сначала ударно-астроблемные, а эндогенно-расплавные появились значительно позднее. Циклический тектоно-магматический процесс не затухает и ныне, возможно даже усиливается, о чем свидетельствует начавшееся в середине мезозоя и продолжающееся океанообразование, вероятно обязанное небывалым по масштабам излияниям базальтов, сначала типа траппов на континентах, а потом и в образующихся океанах, в которых они сменяются океаническими базальтами типа MORB [9-10]. С базальтами поступали большие объемы воды – основа аквалитов и в целом экзолитов. Кстати, важнейшая группа последних – водные породы, или аквалиты, хотя и не абсолютно специфично-земные (они вероятны на некоторых других планетах и в космосе), – вообще не нашла места, казалось бы, в самой полной классификации. Первая грандиозная, швановская, система не могла не оказаться с огрехами. Отмечу еще некоторые.

Включение в петрографическую систему тефроидов алогично, крайне эклектично и полностью противоречит декларированным принципам построения классификации. В литологии, вероятно, нет более загадочного, неопределенного термина, что частично отражает окончание слова и сопоставление с их близнецами (туффида, тиллоиды, молассоиды, гуманоиды...). Термин был предложен недавно, в конце XX в. для обозначения моновулканических песков, образовавшихся при перемывании или перевевании тефры, т. е. выражал генезис, который уверенно практически невозможно установить, ибо точно такие же пески или дресвяники образуются из древних несцементированных туфов или современных эффузивов в прибойной зоне, когда никакого синхронного отложению извержения вулкана не было.. И это крайне спекулятивное и неопределенное генетическое (можно сказать «в кубе») понятие видим в «объективной» петрографической классификации. Надо сказать, что ни «туф», ни «туффит» не являются породами, а лишь генетическими типами и выражают способ образования: вулканические взрывы и чаще всего быстрое, лавинное отложение пирокластического материала – дресвяно-песчано-алевритовой тефры или брекчии (туфы). А почти синхронное перевевание или перемывание тефры или брекчии, но без сильного смешения создает туффиты. Неудачный синоним туффитов – «тефроиды» – должен быть исключен из литологии и геологии. Всем этим и другим генетическим терминам не место в петрографической



классификации, они должны быть в самостоятельной генетической классификации, типа той, что дана в табл. III-5 [13], но более полной и последовательной [6, 7, 9]. Определение способа образования петро- или литотипа (осадка, породы, слоя или другого, обычно монопородного тела) почти всегда спекулятивно [1-3, 6, 7, 9], поэтому основной рабочей классификацией пород может быть лишь петрографическая [3], таксоны которой выделяются по объективным, морфологически выраженным признакам – минеральному или химическому составу и структуре, без больших спекуляций. Российская же практика классифицирования наивно совмещала петрографические классификации с генетическими, что делало и те, и другие неудовлетворительными. И В. Н. Шванов никогда не принимал этого, но элементы совмещения проклялись и в самую последнюю его классификацию [13].

Второе по важности научное направление В. Н. Шванова – учение о формациях, наиболее полно, интересно и поучительно изложенное в монографии [12]. Ее общегеологическая ценность – в ясности, четкости, конкретности и полноте представления популярного направления учения о формациях. Большая часть разработок автора, особенно по петрографическому изучению формаций, с успехом применяется и оппонирующим генетическим направлением [8, 9]. Исследования Швановым формаций продолжали его петрографическое изучение осадочных толщ, ибо формацию он понимал петрографически, как парагенез пород. Также формацию понимали его великие предшественники Н. С. Шатский, Н. П. Херасков и один из современников В. И. Драгунов, а другой, В. М. Цейслер, продолжает это понятие совершенствовать. Вскоре, еще при жизни первых двух, для такого понимания выявилась тупиковая ситуация: почти все осадочные формации, на базе которых и становилось учение о геоформациях, особенно флиш, моласса, шпир, почти все карбонатные, кремневые, глиняные и большая часть вулканосадочных формаций, – полипородные, часто включающие магмолиты, и вместе с тем по парагенезам пород весьма они сходны или даже неразличимы [4-6, 9, 10]. Самая распространенная в складчатых поясах и на континентальных окраинах, активных и пассивных, флишевая формация по ассоциациям пород почти любая: силикатная экзокластолитовая, вулканитовая, глиняная, силицитовая, известняковая и начинает формироваться даже из строительного мусора и других техногенных отходов, т. е. не определяется породами: они разные, а формация одна. По породам, а также и по другому объективному признаку – строению, циклическости, флиш часто не отличим от шпир, молассы и аспидной формации. Что же объединяет эти действительно разные литоформации в единый формационный тип, в одну геоформацию? Прежде всего одинаковый генезис главных пород: во всех литологических видах флиша преобладают турбидиты и близкие к ним событийные образования, особенно оползневые. Флиш как геоформация – это региостратон, больше чем наполовину сложенный турбидитами и другими событийными механогенными отло-

жениями. Подчиненная (до 49 %) часть – иной генотип, чаще всего это фоновые отложения (планктоногенные известняковые или кремневые, реже, в основном в докембрии, хемогенные). По другим генетическим типам отложений (ГТО), чаще всего по их набору – парагенезам узнаются моласса, шпир, другие механогенные формации; моласса сложена в основном континентальными отложениями (аллювием, пролювием, коллювием и др.), а шпир – прибрежно-морскими, чаще дельтовыми и глубоководными, в том числе и турбидитами [6, 9].

Суть геоформационности, однако, не в парагенезе ГТО, а в геологической обстановке, которая и создает определенную формацию. Парагенез генотипов помогает узнать в стратоне ту или иную информацию, так как он наряду с другими признаками – ценнейший документ геологической обстановки регионального масштаба. А этой обстановке наиболее полно отвечает ее производное – региостратон – парагенез телесных, породных фаций (понимаемых по А. Грессли), которые, в свою очередь, являются парагенезами пород. Задача формациологии и геологии в целом – распознать в этом региональном теле, отвечающем этапу развития региона или бассейна седиментации, его формационность, т. е. геологическую формацию, и по ней – геологическую, комплексную (тектонико-климато-экологическую) обстановку формирования региостратона. Основным диагностическим и дешифровочным признаком формаций – парагенез ГТО, а другие признаки – парагенезы пород, аутигенные минералы, фациальная структура, фоссилии, геохимические и геометрические показатели – важные дополнительные.

Выделение формационных единиц («конкретных формаций» – «будущих» геоформаций) из толщ стратисферы – задача региональной стратиграфии, а не формациологии. Профессионально может выделить комплекс слоев, отвечающий этапу развития региона – региостратон, только региональная стратиграфия. Других формационных единиц, полноценных в историко-геологическом отношении, нет. Часто за таковые принимают фации, или литоформации, в узком смысле термина «формации» геологов США, но это грубая ошибка, и она была одной из основных причин отказа от такого очевидно логичного и объективного, «горнопородного», чисто эмпирического понимания формаций. Фация – лишь часть, своеобразный орган целостного «организма» – стратона (региосвиты, региояруса, региогоризонта и др.), и его целостность как структурная (это региомакроциклит, а в упрощенном, идеализированном виде, как показал Н. М. Страх на примере гумидной формации, – линза), так и историко-геологическая (он отвечает законченному этапу развития региона (или его крупной части) – макроциклу. Расположение фаций, фациальная структура стратона – каменный отпечаток («фотография») с исчезнувшей географической обстановки – ансамбля субобстановок, или ландшафтов, порождающих фации и географическую зональность.

В. Н. Шванов пошел в вопросе о формациях по ложному, фундаментально-вещественному пути и до конца не мог с него сойти. Он был загипнотизирован горнопородным уровнем организации геологических тел, выше которого так и не поднялся. Со мной он избегал разговора на эту тему, а мою третью книгу «Литология», где я пытался дать начала формациологии, он исчеркал и потом мне ее вернул, как свой ответ на мое генетическое понимание формаций. Там он обвинял меня в отступничестве от объективного, «породного» понимания, которое я показал в статье о фациях и фациальном анализе [2], но не о формациях. Мне ценен этот экземпляр, я его берегу, в замечаниях – живые и поучительные эмоции конкретного живого, дорогого мне человека. Расхождения никак не отразились на нашей дружбе, о чем говорит Красная книга. Я ждал его созревания. Но времени не хватило. В. Н. Шванов [12] не заметил принципиального различия породного уровня (включая фации и формации геологов США) и формационного, геоисторически-регионального. Породный уровень создается элементарными событиями, короткими процессами (механическими, биологическими, химическими, элювиальными и седиментационными), т. е. собственно литогенезисом. Его результат – слои, обычно монопородные и малой толщины, моно- или бигенетичные и, подобно популяции насекомого, обычно многочисленные, мало индивидуализированные, стандартные, космополитные. Даже фации – самые крупные ассоциации пород – часто мало специфичны для конкретной геологической обстановки и этапа ее развития. В геологической иерархии фации – видимо, высший породный уровень, быстро, скачкообразно сменяющийся формационным, собственно геологическим, телесно представленным региостратонами. Они уже сильно индивидуализированы своей фациальной и циклитовой структурой, вертикальной последовательностью, породной и генетической неоднородностью и обычно неповторимым чередованием во времени и на площади коротких фаз седиментации и, как правило, более длительных перерывов, о которых можно судить по наземным или более многочисленным (до сотен в одном стратоне) подводным корам выветривания. Наборы пород часто не бывают специфичными, и смежные стратоны и их формации нередко ими не различаются. Например, формации обычного регрессивного ряда флиш, шпир и моласса на Кавказе и Урале сложены однотипными песчаниками, глинами, конгломератами, по которым нельзя или трудно их различить, хотя формационно и геоисторически они резко различны. С другой стороны, резко различающиеся породами региостратоны – глиняные, песчаные, вулканитовые, другие силикатные, силицитовые, известняковые – формационно оказываются одинаковыми: флишем, шпиром, реже молассой. Иногда смежные стратоны всесторонне одинаковы и относятся к одной формации, их выделение как стратонов все же возможно, хотя бы по трансгрессивному или регрессивному сдвигу фаций.

Итак, региостратонный, формационный уровень геотел, состоящий из элементарных слоев и циклитов и более крупных их ассоциаций – «телесных» фаций – в целом определяется не их генезисом, как бы не внутренней «физиологией» этапа, а более крупной, общей обстановкой, которая за время своего существования и предоставила возможность разворачиваться конкретному клубку процессов, создававших элементарные тела, по генетическим особенностям которых мы разгадываем их генетические типы, позволяющие, вместе с многими другими признаками, реконструировать навсегда исчезнувшую из области фактов геологическую обстановку. Горные породы участвуют в разгадке, но далеко не на первом месте, и ориентация только на них приводит к глубоким заблуждениям. Приведу два примера, один известный, поучительный (из начала прошлого века), другой современный, показывающий так и не состоявшегося геолога-формациониста. В 1912 г. А. Д. Архангельский, будущий крупнейший тектонист, начинавший у А. П. Павлова как литолог и стратиграф, опубликовал монографию о пясчине мела Поволжья, в которой сравнительно-литологическим методом восстанавливал на Русской плите океанские глубины. Основание – породное сходство пясчине мела конца мезозоя с современным «глобигериновым» илом океанов, ставшим широко известным после знаменитой экспедиции на «Челленджере». В середине XX в. Г. И. Бушинский показал, что мел на Русской плите формировался на глубинах не больше 200 м. Второй пример тоже касается пясчине мела. На нашем с Т. И. Фроловой докладе на Ломоносовских чтениях 2004 г. в МГУ о происхождении Тихого океана крупный ученый, услышав, что в Тихом океане мы видим меловую формацию, тоже по тождеству пород с платформенной формацией континентов посчитал их одной формацией. Эти меловые формации в действительности резко, даже полярно различны, что устанавливается не по породе, а по генотипам, биоте, аутигенным минералам и фациальной структуре внутри региостратонов и по формационной структуре чехла, по переходам в другие формации: глубоководные они или мелко-водные, наподобие наплитных морей континентальных платформ.

Сведение высших форм организации природы к низшим, фундаментальным, т. е. редуccionизм, или вульгарный материализм (К. Маркс, Ф. Энгельс и др.), в науке – распространенная ошибка, а в геологии она имеет по крайней мере два ложных основания: веру в точные науки и засилье эндогенщины. Преклонение перед методологией точных наук порождает у геологов общий комплекс неполноценности [10] и как следствие не критическую веру в них, а равенение на методологию петрологии порождает другой комплекс, но больше всего у литологов, и в основном российских. Он объясняется исторически сложившимся еще в середине XIX в. соотношением наук о земном веществе не в пользу экзолитов, многие из которых (илы, почва, вода, лед, нефть, вода, аморфолиты и др.) и на породы-то не похожи, а что похожее (песчаники) – так это лишь мусор от разрушения

настоящих, первозданных пород. К сожалению, оба эти комплекса были у В. Н. Шванова. Первый проявился в легкой форме в стремлении создать жесткую систему экзолитов и как можно больше ее формализовать; второй комплекс сказался сильнее, прежде всего в общем плане построения системы, начинаемой с самых неэкзолитных и «унижающих» литологов обломочных, мусорных пород, состоящих не из экзогенных, а из эндогенных компонентов – минералов и литокластов, – как бы призванных показать вторичность всех осадочных пород. Это же проступает и в выдвигании силикатолитов на первое место, что хоть отчасти объяснимо их преобладанием (~ 80 % от всех экзолитов). Литологи и все геологи по-настоящему и в полной мере еще не осознали свою закомплексованность [10].

Особенно сильно второй комплекс проявился в петрографическом понимании геотформаций. Одно из его обоснований: эндогенные формации выделяются по парагенезу пород, поэтому и осадочные должны выделяться по этому универсальному признаку, к тому же по самому объективному, понимаемому всеми одинаково. Но магмолиты резко отличаются от экзолитов общей генетической простотой и ясностью: они создаются воспроизводимым в промышленности физико-химическим процессом, к тому же практически одноактно, даже если процесс несколько растянут во времени (не сильно); тело формационного масштаба накапливается быстро: разогретый котел магмы не может долго ждать. Среди экзолитов есть почти полный аналог магмолитов – это эвапориты, или соли, кристаллизующиеся из насыщенного рассола – рапы. Здесь тоже в основном все ясно и все известно: не только набор пород почти всегда достаточен для выделения эвапоритовых формаций, но и химический состав позволяет, с некоторыми потерями геологичности и строгости, различать формации. Но 99 % осадочных пород и толщ сложнее, и для них не подходит этот облегченный вариант выделения и распознавания формаций (см. выше).

Прорабатывая книги В. Н. Шванова, получаешь не только удовольствие, но и много новой, ценной и достоверной информации по петрографии осадочных пород, как по первично вводимому в научный обиход полемому материалу, так и по результатам лабораторного изучения. Но надо быть осторожным с его общим пониманием осадочных пород (что сказано на понимании формаций) и с пониманием самого общего процесса их образования. Кроме пород кор выветривания, все 99 % экзолитов – интеграты, образовавшиеся интеграцией, смешением химического, биологического и обломочного вещества при переносе. Смешение происходит даже без существенного переноса, при выветривании, когда в одном образовании, в перлювии оказываются совмещенными конкреции, фоссилии, гальки и другие компоненты из разных горизонтов перекрытой толщи. Практически все экзолиты (почти 99 %) – это кластолиты по структуре, т. е. смеси, и основной, общий почти для всех этих пород способ образования – механический. Не дифференциация, а интеграция вещества в экзолитоге-

незе – основной и определяющий общий процесс образования экзолитов. обеспеченный легкой и свободной проницаемостью и подвижностью двух внешних флюидных оболочек Земли с их колоссальной импульсивной энергией, да еще в парагенезе с силой тяжести, нигде больше так динамично и эффективно не имеющей возможности проявиться. А какой пышный букет генотипов пород и отложений порождается этим симбиозом, но их практически не найти у Шванова. В эвапоритовых, магматических и отчасти метаморфических формациях все элементы физико-химически равновесны друг к другу, а в большинстве осадочных формаций основная, механическая седиментация закладывает такой большой потенциал неравновесности, что его хватает на миллиарды лет медленного линейного преобразования. В построениях В. Н. Шванова не учитывается этот факт, в них все формации – и магматические, и осадочные – одинаково равновесны, особенно если те и другие силикатные. Мономинеральный кварцевый песок считается максимально отдифференцированным, однородным, геологически же он максимально смешанный (в любом таком песке есть кварцы всех времен и типов), и эта интегрированность его зерен все время неумолимо возрастает; отдифференцированность, всегда бросающаяся в глаза, – лишь побочная сторона интеграции. То же можно сказать и о хемо- и биогенных породах, на низшем, элементном уровне они максимально смешанные, а на химико-минеральном обычно отдифференцированные.

Проблема выделения формаций в геологии – важнейшая или даже определяющая. В. Н. Шванов [11-13] касается ее часто, но не глубоко, как все «вещественники» в понимании формаций: она для них решена автоматически, стоит только оконтурить достаточно крупную более или менее однородную по породам толщу или просто объем стратисферы. Но это не геологическое тело, во всяком случае неполноценное в историко-геологическом отношении, так как не отвечает этапу развития региона или осадочного бассейна, это лишь фация (литофация), лишь часть («орган») целостного комплекса слоев, отвечающего этапу развития, т. е. часть региостратона, который выделяется стратиграфами. Задача формациологии (см. выше) – лишь разгадать его формационность, его геологическую формацию, и она не может не быть генетическим понятием, отвечающим геологической, эколого-биоклиматотектонической обстановке, породившей конкретную формацию, точнее, региостратон определенной формации. Правильное его выделение – самое ответственное в геологии дело, от которого зависят все разделы геологии. В. Н. Шванов и все «вещественники» не понимают этого, или, скорее, лукавят, обвиняя «генетистов» в выделении формаций по генезису (по генотипам) или по обстановке ее образования, что было бы верхом геологической неграмотности или сознательной халтуры. На самом деле они выделяются объективно, стратиграфами, – по структурной (фациальной и циклитовой) целостности, к сожалению, многими еще не понятой. В. Н. Шванов отводит много места обоснованию вы-

деления формаций по породному парагенезу, и это самое слабое место монографии [12], несмотря на ценные свои и заимствованные из мировой литературы геологические материалы. Мимо цели бьют довольно абстрактные рассуждения о естественных границах геотел, естественном теле и о целевых подходах. Автор в итоге идет за геологами США, получая литоформации, которые до М. Бертрана в Европе назывались горными или крупными фациями – удачным названием петрографически выделенных крупных геотел, не являющихся региостратонами (в лучшем случае они местные, локальные литостратоны) и не несущими большого геоисторического содержания. Большого труда не надо, чтобы известняковую толщу или фацию назвать известняковой формацией, базальтовую – базальтовой; ничего нового в этом не прибавляется, и неизвестно, как это использовать в геологии. Но в геологии давно и успешно применяются методы выделения региостратонов и критерии их структурной и историко-геологической целостности: методы комплексные, объективные, включающие и фациальные, а также косвенные, их критерий – целостность, законченность макроциклической и фациальной структуры стратона (Г. П. Леонов и [10]). Просматривая цитированные выше основные книги В. Н. Шванова, я не обнаружил даже упоминания о генетических типах отложений, важнейшего понятия российской геологии, родившегося в середине XIX в. в стенах Геолкома, но вскоре инициатива в его развитии перешла к московским геологам А. П. Павлову, Н. И. Николаеву, Е. В. Шанцеру и др. Зная В. Н. Шванова, предполагаю, что обход молчанием важнейшего учения отечественной геологии – протест, немного детский, против чрезмерного, часто спекулятивного применения генетических понятий и терминов («навешивания генетических ярлыков») и недооценки морфологических. В западной геологии термин не прижился (высокомерие?), а хотя конкретные генотипы называются, например, турбидиты; впрочем, больше как литологическое понятие, о чем говорит частая его замена «грауваккой» (К. Крук и др.). В Европе обходятся своим родным понятием «фация», употребляемым и в смысле ГТО, особенно после работ И. Вальтера, а у нас – Д. В. Наливкина, Ю. А. Жемчужникова. Фацию постигла такая же судьба, как в конце XIX в. случилось с формацией, употребляемой почти в любом смысле (генетическом, петрографическом, стратиграфическом, тектоническом и др.), что обесценило хороший термин и заставило Международный геологический конгресс отказаться от него в стратиграфии. Все согласились, кроме американцев, и они ныне, кажется, побеждают: в Китае и в других странах в последние десятилетия стратоны стали чаще называть формациями и выделять их по-американски. Это объясняется легкостью выделения таких формаций – чистая литологическая эмпирика. Нотки этой незатейливой музыки слышатся и в работах В. Н. Шванова.

Дружба моя и сотрудничество с В. Н. Швановым позволили полнее узнать его как человека и ученого. С ним хотелось работать, несмотря на

наши расхождения во взглядах, на критику он не обижался или не показывал виду, и сам по научной проблематике высказывался честно и прямо. Из особого уважения к нему я и позволил себе довольно критично, в его стиле, разобрать работы крупного ученого и попытаться правильнее его понять и представить читателю. Он безусловно не среднячковый ученый и педагог, прежде всего он литолог, лишь потом геолог. Его сильные и слабые стороны объясняются и большой близостью к западной, европейской и американской геологии, что можно сказать и о всей петербургской школе. Современники сохранят о нем добрую память как об ученом, так и о человеке, а его работы переживут и ныне здравствующих.

### Библиографический список

1. **Фролов В. Т.** Опыт и методика стратиграфо-литологических и палеогеографических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1965. 196 с.
2. **Фролов В. Т.** К вопросу о понятиях «фация» и «фациальный анализ» // Вестн. МГУ. Геология. 1966. № 3. С. 8-19.
3. **Фролов В. Т.** О соотношении морфологического и генетического подходов в геологии // История и методология естественных наук. Вып. 23. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 26-36.
4. **Фролов В. Т.** Принципы выделения и классификации геологических формаций // Типы осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов. М.: Наука, 1980. С. 28-41.
5. **Фролов В. Т.** Литоформации и геоформации // Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. М.: Наука, 1983. С. 85-95.
6. **Фролов В. Т.** Генетическая типизация морских отложений М.: Недра, 1984. 222 с.
7. **Фролов В. Т.** К вопросу о классификации осадочных пород // Вестн. МГУ. Геология. 1987. № 1. С. 26-36.
8. **Фролов В. Т.** К вопросу о формах и уровнях организации геологических объектов // История и методология естественных наук. Геология. Вып. 33. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 9-19.
9. **Фролов В. Т.** Литология. М.: Изд-во МГУ. Кн. 1.1992. 336 с. Кн. 2. 1993. 440 с. Кн. 3. 1995. 352 с.
10. **Фролов В. Т.** Наука геология: философский анализ. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.
11. **Шванов В. Н.** Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 270 с.
12. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций. СПб: Недра, 1992. 230 с.
13. **Шванов В. Н., Фролов В. Т., Сергеева Э. И.** и др. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб: Недра, 1998. 352 с.



**В. Н. ШВАНОВ – ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**

В своих исследованиях осадочных пород В. Н. Шванов отдавал предпочтение образованиям псаммитовой структуры – пескам и песчаникам. Об этом свидетельствует подавляющая часть его публикаций. Первой крупной обобщающей работой в этом направлении является монография «Песчаные породы и методы их изучения (распространение, структуры, текстуры, 1969). После основополагающих отечественных сводок Л. Н. Ботвинкиной (1950-1962) и Н. Б. Вассоевича (1948-1966), а из зарубежных – Р. Шрока (1950) в этом направлении, а также Атласа текстур и структур (1962) эта книга, посвященная памяти Льва Борисовича Рухина, является наиболее полным обобщением структурно-текстурных особенностей песчаных образований, представляя собой образец литологического исследования. Следующая крупная сводка – «Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов)» (1987) – рассматривает более широкий круг вопросов, в том числе и палеогеографического характера. Завершает цикл обобщающих работ В. Н. Шванова по осадочным образованиям написанная им существенная часть монографии коллектива авторов «Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов» (1998). В этой последней кроме песчаных осадков и пород он рассматривает также грубообломочные породы (в соавторстве с Г. А. Мизенсом), алевритовые, смешанные силикатные (с В. Т. Фроловым), а также (в соавторстве с Т. К. Баженовой) карболиты (твердые каустобиолиты).

Приверженность к псаммитовым породам определялась рядом факторов и, прежде всего, их широким распространением (18-21 % от общего объема осадочных пород), а также практическим значением и тем фактом, что свою самостоятельную деятельность Валентин Николаевич начал с изучения отложений, содержащих песчаники в значительных частях разрезов палеозоя и мезозоя Средней Азии, и продолжил на палеозойских отложениях Урала и Русской платформы, а также на мезо-кайнозойских разрезах юга европейской части СССР. Многие из этих материалов были положены в основу его кандидатской (1961) и докторской диссертаций.

Вслед за Л. Б. Рухиным В. Н. Шванов расширяет диапазон нижней границы псаммитов до 0,05 мм, в то время как наиболее распространенная десятичная градация кластических пород проводит ее по размерности 0,1 мм. Именно на границе 0,05 мм заметно изменяется скорость осаждения обломочных частиц.

Под песчаными частицами Валентин Николаевич понимает только те, которые возникли при разрушении более древних пород, а под песча-

ными породами – которые содержат более 50 % песчаных частиц. Эти частицы сочетают в себе признаки материнских пород питающих провинций, а также отражают особенности бассейнов седиментации, способны чутко реагировать на изменение условий диагенеза и эпигенеза, что делает их важнейшими индикаторами постседиментационных превращений. В составе песчаных частиц могут присутствовать как обломочные, принесенные извне, так и аутигенные (возникшие на месте осадкообразования) компоненты. В их состав входят также разнообразные по химическому и минеральному составу цементы.

В образовании песчаных частиц и пород, согласно В. Н. Шванову, принимают участие шесть различных процессов: 1) преобразование горных пород и минералов при формировании элювия в результате процессов выветривания; 2) измельчение обломков при их перемещении в пространстве; 3) дезинтеграция при эксплозивных магматических процессах; 4) осаждение из растворов химическим или биохимическим путем; 5) разрушение неконсолидированного осадка химического, биохимического или биогенного происхождения; 6) пелитизация, или образование сгустков соответствующего размера. При этом подчеркивается, что главными причинами образования песчаных частиц являются разрушение горных пород питающих провинций и их измельчение при переносе. При этом большинство песчаных зерен укладываются в интервал 0,12-0,5 мм, а основная масса песчаного материала зарождается в самом начале осадочного процесса, особенно при формировании криогенного и термофракционного элювия, а также в местах развития обвалов и эксплозий вулканов. В дальнейшем идет в основном отмыв песка от тонких и крупных фракций. Абразия же галечного материала в водотоке сопровождается образованием алевроитового и глинистого вещества.

В. Н. Шванов подчеркивает также, что в науке о песчаных образованиях обособились 5 основных направлений исследований: 1) о составе породообразующего вещества; 2) о структурно-текстурных признаках – гранулометрическом составе, слоистости, слойчатости и других напластовых и внутрипластовых текстурах; 3) об акцессорных минералах, их стратиграфическом и палеогеографическом значении; 4) о формах песчаных тел; 5) о песчаных породах как нерудных полезных ископаемых и вместилищах рудных компонентов, а также коллекторов нефти и газа и природных подземных вод.

Прагматическая роль изучения песчаных накоплений отражается в основном в пятом направлении исследований. С песчаными образованиями генетически или парагенетически связаны месторождения и рудопроявления железа, меди, урана, ванадия, фосфоритов, глауконита, россыпи циркона, рутила, монацита, ильменита, алмазов, а также ряда других драгоценных камней и металлов. Сами песчаные осадки и породы исполь-

зуются в качестве сырья в литейном деле, стекольном производстве, строительстве, в качестве грубых абразивов и в очистительных системах.

В своих исследованиях песчаного материала В. Н. Шванов основное внимание уделяет особенностям порообразующего вещества, которое другими авторами рассматривалось лишь фрагментарно и не завершалось обобщающими материалами. По существу все рассматриваемые основные характеристики обломочной части песчаных пород – минеральный и химический состав, структурно-текстурные особенности в той или иной степени позволяют определять состав и положение пород областей размыва. Кроме палеогеографического значения это позволяет также выявлять возможные коренные источники полезных компонентов, присутствующих в виде песчаных зерен на территориях развития терригенно-минералогических провинций. Особенности же цементов песчаных пород позволяют реконструировать физико-химические обстановки в бассейнах седиментации.

При описании структурно-текстурных особенностей песчаных пород (1969) В. Н. Шванов обобщает громадный литературный материал, который дополняется собственными наблюдениями. К структурным признакам он относит: «1) величину обломков и степень их сортировки, то есть гранулометрический состав; 2) облик зерен, их форму и характер поверхности; 3) соотношение между кластическим и биохемогенным материалом, проявляющееся обычно в виде соотношений обломочной и цементирующей частей породы; 4) характер цементирующей массы, ее структурные особенности и воздействие на обломочные зерна.» (с. 47). В работе 1969 г. подробно рассматриваются только первые два структурных признака, а третий и четвертый – в «Петрографии песчаных пород» (1987). Валентин Николаевич подчеркивает, что все перечисленные структурные признаки для каждой конкретной породы являются особенностями одного масштаба, в то время как текстуры характеризуются признаками разных порядков, соподчиненных друг с другом. Он пишет: «Представление о структуре всегда конкретно и, будучи составлено на основании изучения пород в шлифах, морфометрического и гранулометрического анализов, в достаточной мере однозначно... представление о текстуре геологических объектов может быть различным в зависимости от масштаба произведенных наблюдений – от того, рассматриваем ли мы осадочную толщу, слой или образец породы или под микроскопом наблюдаем внутреннее строение небольшого ее участка... говоря о текстурах в широком смысле, необходимо, прежде всего, разграничить понятия: текстура осадочной толщи и текстура породы. Первая проявляется в характерном наборе слоев осадочных пород, их индивидуальных особенностях и характере чередования в разрезе. Текстуры осадочных пород, слагающих отдельные слои, целесообразно разделить на видимые невооруженным глазом и наблюдаемые под микроскопом. Первые – макро- или собственно текстуры, – описываются обычно при полевой работе, вторые – микротекстуры – изучаются в шлифах под микроскопом, пре-

имущественно в камеральных условиях» (с. 47-48). В работе 1969 г. автор рассматривает только макротекстуры, а из микротекстур – только признаки, связанные с ориентировкой песчаных зерен. Остальные микротекстурные признаки В. Н. Шванов рассматривает в монографии 1987 г.

Предваряя рассмотрение напластовых и внутрипластовых макроскопических текстур (1969), Валентин Николаевич отмечает: «Текстуры, наблюдаемые в терригенных породах, даже при исключении из них знаков ряби и разнообразных видов слойчатости, представляют собой обширную группу, отличающуюся большим многообразием проявления внешних форм и способов их образования. Классификация их приводит к необходимости построения весьма сложной схемы, требующей совмещения, по крайней мере, четырех систем. Одна из них строится на учете ведущего фактора образования текстур, который может быть преимущественно биогенным, механическим или физико-химическим. Вторая основана на учете времени формирования текстурных признаков, точнее стадии образования осадка (и его дальнейших преобразований в породу, и модификации последней. – *А. П.*). Третья система учитывает положение текстурных элементов в разных частях пласта породы – на верхней поверхности, на нижней поверхности или внутри пласта. Наконец, четвертая основывается на том, что именно доступно наблюдению – сама текстурная форма или ее контрпечаток.

Из четырех указанных признаков первые два являются генетическими, и на их основе должна строиться естественная систематика напластовых и внутрипластовых текстур» (с. 143).

В качестве примера схемы текстур биогенного происхождения в книге приводится систематика О. С. Вялова (1966).

Генетическая классификация может быть создана и для текстур механического и физико-механического происхождения с учетом времени и факторов их образования. Так, среди разновидностей седиментационных текстур выделяются: А – следы движения воды; Б – следы механической деятельности атмосферных агентов; В – следы физико-химических превращений; Г – следы оползания. Рассматриваются также разновидности диагенетических, ката- и метагенетических текстур, а также текстур, связанных с процессами гипергенеза.

Подчеркивая научную значимость генетических систематик текстурных особенностей песчаников, В. Н. Шванов в то же время отмечает их некоторые неудобства в практической геологической работе, когда важно определить положение пласта в толще, выяснить, в нормальном или же опрокинутом положении он находится. Поэтому он предлагает в известной мере формализованную классификацию, но позволяющую решать в поле практические задачи. Так, он выделяет три группы текстурных единиц первого порядка: расположенные на нижней и верхней поверхностях пласта, а также внутри него. В пределах же каждой группы выделяются тек-

стуры механического, физико-механического и биогенного происхождения, а также текстуры неустановленного генезиса. Все эти текстуры в книге хорошо иллюстрированы из разных литературных источников, сопровождаются подробными пояснениями в тексте.

Значительная часть монографии 1987 г. посвящена гранулометрическому анализу, занимает 63 страницы из 230, то есть более четверти всего текста. Здесь рассматриваются вопросы методики отбора образцов и подготовки их к анализу, а также общепринятые способы применения ситового метода. При этом отмечаются возможные ошибки при использовании этого метода, которые подразделяются на 4 группы: «1) ошибки, возникающие от влияния формы частиц; 2) от продолжительности просеивания; 3) от отклонения среднего диаметра отверстий сит от стандартных вследствие их износа; 4) от неоднородности величины отверстий в каждом сите, допускаемой при изготовлении сит, и в результате их неравномерного износа» (с. 63). С последним фактором связаны наиболее существенные ошибки, которые труднее учитывать.

Особое внимание уделяется способам обработки данных гранулометрического анализа и использованию этих данных для определения фациальной природы исследуемых осадков. К последнему вопросу автор относится очень осторожно, не разделяя оптимизма некоторых исследователей о том, что генетические диаграммы Л. Б. Рухина позволяют легко решать эту проблему. Одной из причин такой осторожности является конвергентность (повторяемость) гранулометрических показателей для отложений разного происхождения.

Большой личный вклад принадлежит В. Н. Шванову в разработке методики гранулометрического анализа в шлифах. Так как в шлифах изучаются случайные срезы частиц, а не их истинные размеры, то здесь же рассматриваются различные способы пересчета данных таких анализов на истинные показатели.

В изучении морфологии обломочных частиц В. Н. Шванов разделяет формы частиц и внешние особенности их поверхностей, называемые соответственно морфометрией и морфоскопией. Он скрупулезно исследует, от каких факторов зависят те или иные морфологические показатели и как можно использовать их в реконструкциях условий образования осадков и пород, подчеркивая при этом, что «вопросы геологического анализа поверхности частиц нуждаются в дальнейшей разработке на большом материале и при изучении ископаемых отложений для решения фациально-палеогеографических задач в настоящее время не могут быть применимы с необходимой надежностью» (с. 135). В этом последнем заключении отражается большая ответственность автора за все приводимые им выводы.

В методической части своих описаний (1987) Валентин Николаевич намечает приоритеты основных характеристик песчаных пород в порядке уменьшения их значимости по следующей схеме: 1) изучение пород и их

компонентов в прозрачных и полированных шлифах; 2) определение состава и свойств в образцах без предварительного деления породы на составные части; 3) раздельное изучение обломочной части песчаников и цемента; 4) исследование предварительно выделенных органических остатков, что производится с привлечением специалистов-палеонтологов.

В качестве порообразующих компонентов, обычно входящих в состав обломков песчаных образований, в работе детально рассматриваются минералы кремнезема (кварц, халцедон, опал и более редкие – кварцин, кристобалит, люссатит и тридимит), полевые шпаты (плаггиоклазы и щелочные полевые шпаты: санидин, ортоклаз и микроклин), слюды (мусковит, биотит), а также оценивается роль каждого из этих минералов в составе обломков. В зависимости от особенностей перечисленных минералов даются заключения, из каких материнских пород они могли быть получены. Из аксессуарных минералов упоминаются магнетит, ильменит, циркон, гранат, рутил, турмалин, сфен, монацит, амфиболы, пироксены, оливин, серпентин, нефелин, апатит, хромит, касситерит, галенит и сфалерит. В числе обломочных зерен пород называются кварциты, изотропные кремнистые обломки, углеродистые и глинистые фтаниты, кремнистые аргиллиты, аргиллиты и филлиты, алевролиты и песчаники, карбонаты, разнообразные магматические и метаморфические породы.

В качестве преимущественно аутигенных компонентов выделяются группы железистых минералов (пирит, марказит, гематит, гётит и лимонит); карбонаты (изоморфные ряды кальцит-родохрозит, доломит-анкерит, магнезит-сидерит, родохрозит-сидерит); фосфатные минералы (группы апатита и алюмосиликатов); сульфаты (гипс, ангидрит, барит).

В специальном разделе В. Н. Шванов приводит детальную характеристику цементирующих материалов. При этом выделяются следующие типы цементов: базальный, открытый и закрытый поровые, контурный (пленочный), прерывистый поровый. Разделяются цементы также и по равномерности заполнения порового пространства: сплошной равномерный и неравномерный, не сплошной, пятнистый, островной, точечный. По степени кристалличности среди цементов рассматриваются: аморфные, микро- и мелкокристаллические, мозаичные, агрегатные и пойкилитовые. По минеральному составу различаются глинистые, кремнистые, окисно-железистые, марганцовистые, фосфатные, цеолитовые, гипсово-ангидритовые, баритовые, полевошпатовые и смешанные цементы. Дается характеристика их генетической природы.

При рассмотрении химического состава песчаников Валентин Николаевич обращает внимание, что в ходе осадочного процесса происходит химическая перестройка разрушающегося вещества материнских магматических пород. При этом сокращаются количества всех химических элементов, кроме фосфора, марганца и кремнезема. В наименьшей степени в песчаных породах способен концентрироваться магний, так как большая его

часть переходит в океанический раствор и доломит. Далее в порядке уменьшения способности ухода из псаммитовой фракции следует натрий, переходящий в морскую воду, алюминий (уходит в пелитовые осадки), калий (также уходящий в пелиты и морскую воду), железо, которое концентрируется в твердых ферросиликатах и окислах. Труднее всего покидают песчаные породы кальций и титан, располагающиеся, главным образом, в цементе. Количество фосфора остается равным его содержанию в магматических породах, а содержания марганца возрастают за счет цементных образований. В среднем на 10,6 % увеличивается содержание кремнезема, что объясняется концентрацией кварца в песках.

С уменьшением размера обломочных зерен у большинства песков наблюдается сначала увеличение кремнезема в связи с возрастанием обломочного кварца, а затем его уменьшение при росте глинозема и  $K_2O$  из-за увеличения глинистой составляющей.

По мере увеличения цемента в зависимости от его состава увеличивается содержание  $Al_2O_3$  и  $K_2O$  для гидрослюдистого,  $Al_2O_3$  и  $MgO$  для монтмориллонитового,  $Al_2O_3$  для каолинового цемента, возрастает количество  $CaO$  ( $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ) и  $CO_2$  для карбонатного,  $CaO$  и  $SO_4$  для сульфатного,  $P_2O_5$  для фосфатного и  $SiO_2$  для кремнистого цемента.

Оценивая возможности использования различных характеристик песчаных образований в классификационных системах, В. Н. Шванов приходит к выводу, что главным их признаком является минеральный состав обломков и обломочная псаммитовая структура, в то время как химический состав может использоваться только в качестве вспомогательных признаков. В своих работах он критически рассматривает все ранее известные систематики и предлагает свой вариант, где в качестве основных таксонов выделяются типы песчаных и переходных пород, которые делятся на классы, а те – на более мелкие единицы, семейства, виды, разновидности и разности.

Последний вариант систематики и классификации не только песчаных, а всех осадочно-породных групп Валентин Николаевич представляет в коллективной монографии 1998 г. В основу этой новой схемы положен породный и минеральный состав. Более низкие уровни таксонов проводятся по структурному признаку. От этих двух основополагающих характеристик Шванов приходит и к генетической классификации. В схеме 1998 г. он предлагает ряд новых, не ставших еще традиционными терминов разных таксономических единиц.

По составу все осадочные породы подразделяются на три надкласса: «1) кварцево-силикатные, . . . или силикалиты; 2) несиликатные и неорганические, не имеющие общего названия и включающие в себя оксидные, фосфатные, карбонатные и другие породные группы; 3) некарбонатно-углеродные или органические, или каустобиолиты» (с. 42). Не вдаваясь в детали всей довольно громоздкой систематики, остановимся только на

надклассе силикалитов. Он подразделяется на шесть классов: супрамафелиты, мафелиты, субмафелиты, субсиаллиты, сиаллиты, супрасиаллиты. Прежние традиционные подразделения по структурному признаку разделялись на грубообломочные, песчаные, алевритовые, пелитовые и кристаллитовые (лептохлоритовые, цеолитовые и др.). Использование вещественных, а не традиционных гранулометрических признаков В. Н. Шванов объясняет тем, что разные гранулометрические виды пород (например, кварцевые конгломераты, кварцевые песчаники и каолинитовые глины) больше связаны между собой совместным нахождением и геологическим происхождением, чем с полимиктовыми конгломератами, граувакковыми песчаниками и смектит-хлоритовыми пелитолитами. Именно «поэтому первые объединяются в класс суперсиаллитов, вторые должны быть отнесены к мафелитам или супрамафелитам» (с. 43), и далее: «Решающим в образовании парагенезов кластических пород, формирующих внутренне геологически однородные таксоны, оказывается их седиментационная зрелость, а не гранулометрический спектр. Деление надкласса силикалитов на шесть классов осуществляется именно по уровню седиментационной зрелости.» (там же). Разделение этих пород по гранулометрическому составу следует за вещественным и относится уже к более низкому уровню – семейств.

В качестве семейств рассматриваются обломочные породы – кластолиты и пелитовые, глинистые породы – пелитолиты. В составе первого семейства выделяются в качестве более мелкого таксона – роды: грубообломочные породы (псефитолиты и мачаниты); пески и песчаники, песчаные породы (псаммитолиты) и алевритовые породы (алевролиты). Как видно из названий, за основу выделения названных таксонов также принят структурный признак – размер частиц. Как подчеркивает В. Н. Шванов, «термин «псаммитолит» подчеркивает положение этих пород в общем ряду с псефитолитами и алевролитами. К псаммитолитам, среди которых выделяются собственно псаммитолиты – цементированные разности – и рыхлые псаммиты, относятся породы, состоящие более чем на 50 % из обломочных частиц размером 0,05 – 2,0 мм» (с. 50).

Вероятно, в кратком обзоре нет необходимости детально рассматривать всю схему классификации осадочных пород, предложенную В. Н. Швановым. Уже из приведенного материала ясен принцип ее составления. Желаящих более подробно познакомиться с ней отсылаем к указанному первоисточнику. Для того чтобы убедиться, насколько предложенная схема будет использоваться в геологических исследованиях, в том числе и при геологических съемках, необходима проверка временем.

Во время обсуждения рассмотренной схемы с ее автором он не отрицал, что она еще требует ряда уточнений и определенной доработки, но, увы, преждевременный уход из жизни блистательного ученого не позволил довести задуманное до конца. Возможно, это смогут сделать его многочисленные ученики.



## **ПАМЯТИ ПРОФЕССОРОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВИЧА ШВАНОВА И НИКОЛАЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОГВИНЕНКО**

Университеты страны много получают от общения друг с другом, причем формы общения весьма разнообразны. Мы обмениваемся учебниками, учебными пособиями, программами. Мы участвуем в общих конференциях. В совместных конференциях участвуют наши студенты. Университеты приглашают ведущих профессоров для чтения лекций. В целом существует множество возможностей для сотрудничества, которое способствует улучшению университетского образования.

Настоящая публикация посвящена памяти Валентина Николаевича Шванова и Николая Васильевича Логвиненко – профессоров, литологов, которые на протяжении последнего времени руководили кафедрой литологии СПб университета.

Кафедра литологии геологического факультета МГУ при чтении лекций и проведении лабораторных занятий постоянно пользуется учебными пособиями: «Введение в методику исследования осадочных пород» [1] Н. В. Логвиненко, «Методы определения осадочных пород» (написанное совместно с Э. И. Сергеевой) [2], «Структурно-вещественный анализ осадочных формаций» [5] В. Н. Шванова и др.

В свою очередь, мои коллеги-литологи в последние годы выпустили учебники, которые широко известны: прежде всего это «Литология» (3-томное издание) В. Т. Фролова [3], а также «Стадиальный анализ литогенеза» О. В. Япаскурта (1995), «Литология» (О. В. Япаскурт, Ю. В. Ростовцева, Е. В. Карпова, 2004) и др.

Для иностранных учащихся геологического факультета МГУ из Китая были созданы: Методическое руководство к лекционному курсу «Литология» (М. Н. Щербакова, Е. В. Карпова, 2005), а также «Пособие к лабораторным занятиям по литологии» (М. Н. Щербакова, Н. В. Клавдиева, 2004). Пособия выпущены с использованием китайских иероглифов.

Для геологов *практики* не менее важны, чем лабораторные занятия. Как известно, на младших курсах для студентов вузов организуются *учебные практики*. В 1980-1990 гг. на геологическом факультете МГУ было принято решение проводить для желающих дополнительные *зимние практики* – во время студенческих каникул. Каждая кафедра самостоятельно разрабатывала маршрут практики. (Проведение таких практик на нашей кафедре было поручено мне). Зимние практики проводились 6 лет подряд – с 1986 по 1990 гг. Конечно, было целесообразно ездить зимой (с 25.01 по 7.02) туда, где не так

холодно, а еще – где были друзья, которые согласились бы помогать. Для меня было легче предлагать те места, где я была ранее, чтобы представлять себе, что интересно показывать и знать, что об этом можно сказать.

Так, первую поездку (1986) мы совершили по маршруту Ереван – Тбилиси (в 1982 г. я участвовала в конгрессе INQUA, в т. ч. в экскурсии по Армении). Естественно, что одним из объектов зимней практики стало месторождение обсидианов в окрестностях г. Абовяна, в 50 км севернее г. Еревана.

Практика 1987 г. – по маршруту Калининград – Вильнюс. Мне помогли зав. кафедрой географии океана Калининградского университета В. М. Литвин, в Атлантическом филиале ИОАН – Е. М. Емельянов, в Светлогорске – инженер защиты берега А. Р. Шамшиев, в Литовском НИИ геологии и разведки – сотрудник института М. Репечка, в Вильнюсском университете – профессор А. И. Гайгалас.

Несколько слов по поводу практики 1988 г. по маршруту Ленинград – Новгород – Таллин. Рано утром пришел в Ленинград поезд из Москвы. С вокзала мы сразу же приехали в Ленинградский университет, где на кафедре литологии нас уже ждал профессор Николай Васильевич Логвиненко – прежде всего он согрел нас горячим чаем, а затем прочитал для студентов интересную лекцию по литологии (студенты потом мне сказали, что Николай Васильевич показался им очень похожим на нашего Владимира Тихоновича Фролова!).

На этой же практике нам помогли преподаватели отдела геологии Тартуского университета Ю. Э. Кирс и В. Э. Калм, а также зав. сектором морской геологии Института геологии АН ЭССР К. К. Орвику.'

При проведении практики 1989 г. по маршруту Львов – Берегово – Ужгород нам тоже помогали: разрез Львовско-Волынского бассейна комментировал специально приехавший из Киева научный сотрудник В. Ф. Шульга.

В 1990 г. мы посетили пос. Янтарный, города Светлогорск, Калининград. Опять нас опекали – на этот раз ведущий сотрудник Института океанологии Э. С. Тримонис.

Наконец, 1991 г. – маршрут Москва – Ленинград – Новгород. Первый помощник – Валентин Николаевич Шванов. К счастью, сохранилось его письмо: «Глубокоуважаемая Марина Николаевна. Получил Ваше письмо, из которого понял, что Вы со студентами будете у нас 1 день. Я предлагаю следующее: 1. Встретимся прямо на Московском вокзале, чтобы не терять времени – и с этого же вокзала ехать в Саблино – смотреть разрез кембрия-ордовика по р. Саблинке и Тосно. В 3-4 часа вернемся в Л-д пообедать в нашей столовой и расположимся на кафедре отдохнуть, а затем уже ехать в Новгород. Если Вы согласны, сообщите, пожалуйста, мне по телефону домой дату и час Вашего приезда, я Вас встречу. В. Шванов.10/ХП-90».

На высоком берегу р. Саблинка мы посмотрели разрез кембрия-ордовика, который показывают студентам Ленинградского университета на их летней учебной практике (совсем недалеко от этого места раньше располагалась усадьба поэта А. К. Толстого – все мы помним стихотворения: «Колокольчики мои...», «Где гнутся над омутом лозы...» и многие др.). Станция на железной дороге Поповка – сразу вспоминается стихотворение С. Я. Маршака «Вот какой рассеянный...» – «это что за остановка-Бологое или Поповка?»).

Важны *совместные* конференции: 1998 г. – в красивейшем зале СПб университета состоялись чтения к 275-летию СПб университета «Проблемы осадочной геологии». Открывал совещание В. Н. Шванов. На совещании он прочитал доклад «Систематика осадочных пород и формаций как реализация структурно-вещественного подхода в геологии» [6].

А вот с первым докладом «Актуальные проблемы методологии изучения экзолитов» должен был выступить Владимир Тихонович Фролов [4]. На совещании его участники в полном составе – не хватало только В. Т. Фролова. Все нервничали. (В. Т. Фролов, приехав в СПб и будучи не только коллегой, но и другом Валентина Николаевича, остановился у него в доме.) В. Н. Шванов как руководитель совещания первым отправился в ЛГУ. В. Т. Фролов не успел выйти с ним одновременно. Он встал, оделся и решил выпить чай. Налил воду в чайник Tefal и ...поставил чайник на газовую плиту – именно то, что произошло затем, и «задержало» В. Т. Фролова.

*Совместные разработки* принципиально важны. В 1992 г. под эгидой Учебно-методического объединения университетов России принято решение литологам СПб и МГУ начать работу над книгой «Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов». От СПбГУ работу возглавил В. Н. Шванов, от МГУ – В. Т. Фролов.

Уже в 1998 г. в вышеупомянутом выступлении В. Н. Шванова говорилось о том, что коллективом авторов С.-Петербурга и Москвы была завершена работа по созданию структурно-вещественной классификации-систематики осадочных пород в целом и их отдельных групп [7].

Рекламой коллективной работы стала статья, опубликованная в журнале «Отечественная геология» в 2000 г. [8]. Указывалось, что только единая и непротиворечивая понятийно-терминологическая система осадочной петрографии способна служить основанием и связующим звеном многих наук – учения о формациях, стратиграфии, тектонике, о полезных ископаемых.

Первым автором статьи 2000 г. по систематике осадочных пород как реализации структурно-вещественного подхода в геологии был Валентин Николаевич Шванов, но, к глубочайшему огорчению, его с нами уже не было.

В 2004 г. на кафедре литологии СПб университета мы вспоминали Николая Васильевича Логвиненко в связи со 100-летием со дня его рождения.

## Библиографический список

1. **Логвиненко Н. В.** Введение в методику исследования осадочных пород. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1957. 30 с.
2. **Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И.** Методы определения осадочных пород. Л.: Недра, 1986. 240 с.
3. **Фролов В. Т.** Литология. М.: Изд-во МГУ. Кн. 1.1992. 336 с. Кн. 2. 1993. 432 с. Кн. 3. 1995. 352 с.
4. **Фролов В. Т.** Актуальные проблемы методологии изучения экзолитов // Проблемы осадочной геологии. К 275-летию СПбУ. 1998. С. 26.
5. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций. СПб.: Недра, 1992. 230 с.
6. **Шванов В. Н.** Систематика осадочных пород и формаций как реализация структурно-вещественного подхода в геологии // Проблемы осадочной геологии. К 275-летию СПбУ. 1998. С. 38.
7. **Шванов В. Н., Фролов В. Т., Сергеева Э. И.** и др. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.
8. **Шванов В. Н., Фролов В. Т., Сергеева Э. И.** и др. Систематика осадочных пород как реализация структурно-вещественного подхода в геологии // Отечественная геология. 2000. № 3. С. 57-63.

УДК 552.5

**В. М. Цейслер**

Российский гос. геологоразведочный университет

## **СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ПРИНЦИП ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ В РАБОТАХ В. Н. ШВАНОВА**

Первые работы, с которых можно начинать историю учения о геологических формациях, появились в нашей стране в середине 30-х гг. прошлого столетия в связи с публикациями Н. Б. Вассоевича, М. К. Коровина, В. И. Попова, В. Е. Хаина, Н. С. Шатского и др. В 1953 г. в Новосибирске состоялось Первая Всесоюзная конференция по геологическим формациям, которая выявила существование нескольких направлений в подходах к вы-

делению, изучению и определению геологических формаций (парагенетическое, стратиграфическое, палеогеографо-генетическое, тектоническое и пр).

Эти различия заключаются, прежде всего, не в методах изучения геологических формаций, а в принципах их выделения и формулировках, связанных с их определением. Парагенетическое направление основано на том, что формации – это структурно-вещественные категории (ассоциации горных пород), устойчивые во времени и в пространстве. При стратиграфическом подходе выделения формаций определяющая роль отводилась стратиграфически несогласным границам. Палеогеографо-генетическое (генетическое) направление объединяло в формации породы одинаковые по генезису, отождествляя формации с генетическими типами отложений. Тектоническое направление при выделении формаций опиралось на положение толщ в разрезе тектоно-седиментационного цикла в геосинклинальных областях и на платформах.

В 1968 г. в Ленинграде во ВСЕГЕИ состоялось совещание «Геологические формации» с целью подведения некоторых итогов формационных исследований. В решениях совещания было отмечено, что два важнейших направления – парагенетическое и генетическое – должны соотноситься как два последовательных этапа в изучении формаций; все имеющиеся направления являются различными аспектами изучения совокупностей вещественных категорий, составляющих земную кору.

В 1971 г. в составе Межведомственного тектонического комитета при ОГГН АН СССР была создана секция геологических формаций, которая работала достаточно активно в течение 20 лет. Руководство секцией было поручено Н. А. Штрейсу, в дальнейшем – В. М. Цейслеру. Заместителем председателя секции в течение всего времени был В. И. Драгунов. Было проведено несколько общесоюзных совещаний, материалы которых опубликованы. Деятельность секции была направлена на пропаганду структурно-вещественного подхода к выделению геологических формаций и дальнейшему их изучению в разных аспектах: стратиграфическом, палеогеографическом, тектоническом, минерагеническом.

Учитывая, что деятельность секции проходила в составе Межведомственного тектонического комитета, большое внимание уделялось использованию формационного анализа в тектонике. При этом руководство секцией выступало против тектоно-стадиального подхода при выделении формаций (В. В. Белоусов, В. Е. Хаин и др.), поскольку он ставит в зависимость объемы толщ, выделяемых в ранге формаций от субъективного деления тектонического цикла на стадии, а само учение о геологических формациях – от геотектонических концепций.

В связи с пропагандой плейт-тектонической концепции в геотектонике, В. Е. Хаин [11] выступил в печати с утверждением, что геологические формации для тектонического анализа не нужны, настало время перехода от геологических формаций к литодинамическим комплексам. Дес-

кать, именно они позволяют реконструировать конвергентные и дивергентные границы плит и внутриплитные области, что является наиболее важным для геотектоники. Как отметил В. Е. Хаин, цель его статьи – «не только узаконить понятие литодинамических комплексов (ЛДК), но и попытаться представить их возможную классификацию исходя из литологических и геодинамических критериев» [11, с. 19]. В роли таких комплексов представлены разновеликие и разноплановые категории: породы, обогащенные определенными химическими элементами, генетические типы пород, толщи пород, ассоциации формаций. Появление этой статьи означало отказ от более ранних работ, где он оперировал геологическими формациями, как индикаторами стадийности развития крупных структурных элементов земной коры [8,10]. Тектоно-стадиальный подход при выделении формаций при смене тектонической парадигмы изжил себя. Вероятно, это и послужило поводом к упразднению секции геологических формаций при Межведомственном тектоническом комитете.

Никакого отношения литодинамические комплексы к понятию «геологическая формация» не имеют. Это не ассоциации горных пород, выделенные на основе структурно-вещественных принципов, не вещественно-структурные категории более высокого ранга, нежели горная порода, а поэтому сама постановка вопроса о «переходе от геологических формаций к литодинамическим комплексам» в системе геологических наук некорректна. Литодинамические комплексы – понятие очень неопределенное, прямо зависящее от тектонической парадигмы. Естественно, что литодинамические комплексы не согласуются с понятием о геологических формациях, выделяемых на основе генетического принципа [9].

Геологические формации как вещественные категории используются не только при тектонических, но и при стратиграфических, палеогеографических, минерагенических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. Тектонический анализ геологических формаций актуален вне зависимости от исповедуемых общих тектонических концепций, если формации выделяются как структурно-вещественные категории, а не толщи пород, соответствующие субъективной стадии тектонического цикла (тектоно-стадиальный подход).

Формирование характерных ассоциаций осадочных и магматических горных пород возможно при определенных тектонических режимах, а поэтому геологические формации рассматриваются в качестве их индикаторов. Иногда в роли индикаторов выступают ассоциации формаций. Формационный анализ в тектонике – способ осуществления тектонического районирования, изучения строения и эволюции тектонических форм и регионов на основе анализа размещения тел геологических формаций в разрезе земной коры. В таком понимании формационный анализ широко использовали в своих работах Н. С. Шатский, Н. П. Херасков, Ю. А. Косыгин и многие другие известные специалисты.

Осадочные и осадочно-вулканогенные формации являются естественным выполнением крупных тектонических форм – осадочных бассейнов разных типов. Палеотектонический режим реконструируется на основе анализа вещества ассоциаций горных пород, но еще более отчетливо он проявляется в особенностях их сложения и в форме залежей. Для платформенных формаций характерны крупные площадные размеры, уплощенные формы, выдержанность состава и строения. В подвижных поясах формации характеризуются контрастными изменениями мощностей и состава, наличием типичных ассоциаций – олистостромовых, флишевых, высококремнистых, вулканогенных основного и среднего состава. Орогенный режим устанавливается по широкому распространению кислых магматических формаций на поднятиях; грубообломочных формаций в прогибах. В центральных частях крупных прогибов нередко присутствуют мелкообломочные, карбонатные, эвапоритовые формации.

При тектоническом анализе геологические формации выстраиваются в формационные ряды – латеральные (фациальные) и вертикальные (стратиграфические). Первые позволяют судить о тектонической неоднородности по профилю на площади, вторые – о смене режимов во времени. Изучается и анализируется вещественный состав формаций, форма их тел, внутреннее сложение, характер ограничений в пространстве, выпадение из разреза отдельных тел (наличие несогласий, в том числе угловых) и проч. Формационный анализ позволяет осуществлять тектоническое районирование по возрасту основных тектонических групп формаций, по типам их формационных рядов, выделять различные типы палеоструктур, выявлять этапы в истории их развития, судить об амплитудах горизонтальных и вертикальных движений, устанавливать связи между тектоническими движениями и магматизмом, осуществлять корреляцию тектонических движений. Никакими литогеодинамическими комплексами в геотектонике нельзя заменить анализ геологических формаций.

Результаты анализа зависят от используемой тектонической классификации формаций, от стратиграфических объемов толщ, принятых за единичную формацию, от соответствия рангов формационных подразделений и рангов тектонических форм. При этом объем толщ, выделяемых в качестве единичных формаций, зависит от выбора видов формациеобразующих пород, группируемых в формацию, и типа их сложения.

С начала 90-х гг. в учебные планы технических вузов была включена дисциплина «Основы формационного анализа» как завершающая ряд: геохимия – минералогия – петрография (литология) – учение о геологических формациях [12, 14]. Это ряд дисциплин по изучению разноранговых вещественных категорий. Была предложена типовая (примерная) программа дисциплины на основе указанных принципов. К сожалению, становление данной учебной дисциплины совпало со временем т. н. перестройки как всего народного хозяйства, так и образования.

В последние годы опубликованы ряд учебных пособий по данной дисциплине, подготовленных в С.-Петербургском госуниверситете – В. Н. Шванов [16], С.-Петербургском горном институте (техническом университете) – Ю. Б. Марин [5], Томском госуниверситете – И. А. Вылцан [2], в Магаданском филиале Хабаровского технического университета – Б. Ф. Палымский [7], в Уральской государственной горно-геологической академии – А. В. Маслов, В. П. Алексеев, а также В. В. Бабенко [1,6]. Просматривая некоторые опубликованные учебные пособия, создается впечатление, что их авторы не были знакомы с типовой программой курса. Только В. Н. Шванов, Ю. Б. Марин, Б. Ф. Палымский опираются на структурно-вещественный подход при выделении формаций, в других случаях мы видим в разной степени смешанный подход, который в ранних работах пропагандировал В. Е. Хаин и от которого он сам отказался.

Наиболее полно структурно-вещественный подход разработан В. Н. Швановым, который свою работу назвал «Структурно-вещественный анализ осадочных формаций». Он критически рассмотрел существующие подходы, мнения и высказывания по поводу геологических формаций и на основе структурно-вещественной систематики осадочных пород показал, как надо выделять геологические формации (гилеации – по Шванову).

Понимая, что формации необходимы как индикаторы палеогеографической обстановки, палеотектонического режима, минерагении, и на этом основании выделяя соответствующие подходы, В. Н. Шванов писал еще о «целевом подходе» к выделению формаций и, как можно судить по его работе, вслед за В. И. Драгуновым и О. А. Вотяхом неодобрительно к нему относился.

«Целевой подход» присутствовал и присутствует при выделении геологических формаций как историко-тектонических категорий (исходя из принятых моделей этапности тектонического развития структурных элементов) и при генетическом подходе (исходя из величины ландшафтной единицы). При выделении парагенетических ассоциаций горных пород (вещественно-структурный подход) также имеет место целевой подход.

Предварительный выбор видов пород, которые мы принимаем в качестве формациеобразующих, выбор типов сложения толщ, по которым мы будем их различать как самостоятельные виды формаций, определяет объемы тел единичных геологических формаций. Мы выбираем виды пород, типы внутренней и внешней структуры, чтобы формация более или менее однозначно свидетельствовала о былых палеогеографических обстановках, тектонических режимах, чтобы она ориентировала на прогноз рудоносности. При анализе строения и истории развития небольших структурных форм мы работаем с единичными формациями, при анализе крупных структурных форм – объединяем единичные формации в ассоциации формаций. В ассоциации объединяются тела единичных формаций, сходных по вещественному составу (известняковые, кремнистые, глинисто-кремнистые) или



строению (тонко- или грубослоистые, с градационной ритмичностью). В этом заключается «целевой подход» при структурно-вещественном выделении и анализе геологических формаций, и никуда от него не денешься. Формация должна выступать в качестве индикатора обстановки. Если этого нет и формация является конвергентной, ассоциация формаций может служить индикатором. Без этого теряется смысл формационного анализа.

Литомеры, гилеации, литоформации В. Н. Шванов пытался объединить в «геоформации», о которых писали Л. Б. Рухин, Н. Б. Вассоевич, В. Е. Хаин и др. Но те геоформации выделялись по другому принципу – принципу соответствия заранее выбранным стадиям тектонического цикла. Таких стадий можно выделить разное число, о чем писал М. М. Кухтиков [4]. Былые «геоформации» можно рассматривать в качестве крупных ассоциаций формаций, выделенных по разным принципам (карбонатная, флишевая, молассовая). Наверное, поэтому объединение литоформаций в геоформации, сделанное В. Н. на примере Крыма, по-моему, получилось не очень удачным [16, с. 177]. Не получили признания и предложения по наименованию формаций в виде формул [15].

Мне также представляется ошибочным видеть в рядах формаций категории более высокого иерархического уровня, на чем настаивали В. И. Драгунов [3], О. А. Вотих и др. Мы выделяем ряды формаций латеральные (фациальные) и вертикальные (стратиграфические) для сравнительного изучения формаций. Латеральный ряд – это профильный разрез с изображением разновозрастных формаций и их взаимоотношений для реконструкции палеогеографических обстановок и конседиментационных структурных форм, существовавших в бассейне осадконакопления по линии профиля. По другому выбранному направлению латеральный ряд того же седиментационного бассейна выглядит иначе. Вертикальный ряд – стратиграфическая колонка, обобщенная до формационного уровня. Он отличается в зависимости от местоположения точки в бассейне осадконакопления (центральная, бортовые зоны), от степени дифференцированности обстановок внутри бассейна. Поэтому один бассейн характеризуется множеством вертикальных рядов и на разных участках эволюция осадконакопления может выглядеть по-разному. Составление рядов формаций – это прием формационного анализа, который не дает основания выходить на новый иерархический уровень структурно-вещественных категорий. Более высокому иерархическому уровню вещественных категорий соответствует *бассейновый комплекс формаций*, объединяющий всю совокупность формаций, составляющих то, что называется осадочно-породным бассейном. Это множество латеральных и вертикальных рядов, самостоятельная система. При этом никому не возбраняется выделять ассоциации формаций по признакам состава (карбонатные, терригенные, осадочно-вулканогенные) или (и) структуры (флишевые, олистостромовые, параллельно-слоистые), на-

зывать их *надформациями*, и они будут фиксировать общую зональность в бассейне осадконакопления [14].

В. Н. Шванов – один из немногих специалистов-литологов, которые однозначно восприняли идею о том, что любая вещественная категория вне зависимости от иерархического ранга отличается составом вещества (химическим, минеральным, породным) и его структурой, а не вторичными признаками, нередко субъективными, которых всегда бывает много. Это позволило ему критически относиться к работам многих исследователей, выделявшим осадочные формации по принципу «как Бог на душу положит» и даже присваивающим формациям свои наименования без их детального изучения и описания [16].

Структурно-вещественный принцип, положенный в основу выделения формаций, позволил В. Н. Шванову шагнуть далеко «вверх» и посмотреть на горные породы не только с помощью микроскопа, химического, минералогического, гранулометрического анализов, но и с общих, геологических позиций [17]. В своих работах, будучи высококвалифицированным литологом, петрографом, он выступает как геолог. Он собирался подготовить коллективную монографию с систематическим описанием видов, родов, семейств осадочных формаций. К сожалению, его безвременная кончина не позволила создать эту работу. В этом году коллектив кафедры, которую он возглавлял, отметил 75-летие со дня его рождения.

### Библиографический список

1. **Бабенко В. В.** Геотектонический анализ континентальных структур тектоносферы: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1995. 240 с.
2. **Вылцан И. А.** Осадочные формации и их историко-геологические типы: Учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2000. 123с.
3. **Драгунов В. И., Айнемер А. И., Васильев В. И.** Основы анализа осадочных формаций. Л.: Недра 1974. 160 с.
4. **Кухтиков М. М.** Формационные ряды тектонических зон складчатой области Гиссаро-Алая и фазы складкообразования // Изв. АН СССР. Серия геол. 1971. № 2.
5. **Марин Ю. Б.** Основы формационного анализа: Учебное пособие. СПб ГГИ (техн. ун-т). СПб, 2004. 138 с.
6. **Маслов А. В., Алексеев В. П.** Осадочные формации и осадочные бассейны: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. 203 с.
7. **Палымский Б. Ф.** Основы формационного анализа: Учебное пособие. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1996. 131 с.
8. **Справочник по литологии** / Под ред. Н. Б. Вассоевича, В. Л. Либровича, Н. В. Логвиненко В. И. Марченко. М.: Недра, 1983. 500 с.

9. **Фролов В. Т.** Литология. Кн. 3: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1995. 352 с.
10. **Хаин В. Е.** Общая геотектоника. 2-е изд. М.: Недра, 1973. 512 с.
11. **Хаин В. Е.** От геологических формаций к литодинамическим комплексам // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 1991. № 3. С. 18-21.
12. **Цейслер В. М.** Учение о геологических формациях при подготовке инженеров-геологов // Изв. вузов. Геология и разведка. 1991. № 5. С. 129-131.
13. **Цейслер В. М.** Горные породы и осадочные геологические формации // Изв. вузов. Геология и разведка. 1994. № 5. С. 3-8.
14. **Цейслер В. М.** Формационный анализ: Учебник. М.: Изд-во РУДН, 2002, 180 с.
15. **Шванов В. Н.** Опыт классификации осадочных формаций по вещественным (литмологическим) признакам // Вестник ЛГУ. 1982. № 24. С. 43-52.
16. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра. 1992, 230 с.
17. **Шванов В. Н. и др.** Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352с.

УДК 552.5

**И. А. Вылцан, В. П. Парначёв, С. А. Беженцев**  
Томский гос. университет

## **О ВЗГЛЯДАХ В. Н. ШВАНОВА НА РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННОМ АНАЛИЗЕ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ**

Посвящается профессору Санкт-Петербургского государственного университета Валентину Николаевичу Шванову, известному специалисту литологу, внесшему существенный вклад в изучение элементно-петрографического состава осадочных пород и разработку структурно-вещественных методов анализа осадочных комплексов.

В одной из последних крупных работ, посвященных структурно-вещественному анализу [2], В. Н. Шванов основное внимание уделил рассмотрению становления структурно-вещественного метода (литомогра-

фии) в учении о геологических формациях. Им приведена систематика осадочных тел надпородного уровня на основе структурно-вещественных признаков с выделением их типов, классов, родов и видов, продолжая более ранние работы [1]. Показано значение структурно-вещественного анализа формации как описательной основы для фациально-палеогеографических, тектонических построений и формационного картирования.

По мнению В. Н. Шванова, в соответствии с разрабатываемой им методикой, объектами исследования являются геологические тела надпородного уровня – геологические осадочные формации. К сожалению, Валентин Николаевич не указывает, какому из известных на то время понятий: подформация, формация и надформация – он придает в своих исследованиях особое значение.

«Структурно-вещественное направление изучения и анализа, по В. Н. Шванову, называют структурно-вещественным анализом или методом, парагенетическим методом, литоформационным анализом, структурно-вещественной формациологией и некоторыми другими названиями, отражающими несколько различные подходы при общности главного - обращения к реальным вещественным признакам природных объектов» [2, с. 3].

Согласно представлению В. Н. Шванова, в «40-50-е гг. прошлого столетия оформляется генетическое – фациально-палеогеографическое направление – учение о фациальных комплексах, связанное с именами Ю. А. Жемчужникова, Д. В. Наливкина, В. И. Попова, Л. Б. Рухина, Н. М. Страхова и др. Это направление, по мнению В. Н. Шванова, тесно переплетается с учением о фациях, с палеогеографией и общей теорией литогенеза [2, с. 3].

Наряду с названными направлениями, преимущественно в недрах «тектонической» ветви учения Н. С. Шатского и Н. П. Хераскова было положено начало и обоснована необходимость «развития учения о геологических телах, представление о которых базируется на эмпирических знаниях о составе горных пород и образуемых ими ассоциаций...» А последовавшие затем представления об уровнях организации вещества развернуты в работах В. И. Драгунова, В. И. Васильева, Д. В. Рундквиста, А. И. Айнемера, В. Ю. Забродина, О. А. Вотеха и др.; о геологических системах – в трудах Ю. А. Косыгина, В. А. Соловьева; о структуре геологических тел как породных парагенезов – в исследованиях В. М. Цейслера, Г. Л. Кирилловой и др., с описанием и картированием породных парагенезов и их сочетаний разных масштабов. Исследования В. М. Цейслера, В. И. Драгунова, Н. С. Малича и В. П. Кириллюка и др. привели к тому, что парагенетическое направление В. Н. Шванова по существу является главным в учении о формациях, т. е. геологическим направлением с собственной системой взглядов и пониманием внутренних свойств геологических объектов, задач и методов исследования. «Наиболее важным достижением последнего времени явилось осознание того факта, что учение о формациях в том виде, в котором оно существовало с 60-х годов прошлого века, представляет

собой две научные дисциплины. Одна из них изучает, систематизирует, понимает формации как геологические тела, т. е. является собственно наукой о формациях; вторая – исследует место формаций в геологических структурах, их латеральные и вертикальные последовательности, т. е. изучает геологические структуры на основе формационного подхода. За первой наукой закрепилось название «формациология», за второй – «формационная геология». Обнаружилось также, что подавляющее большинство публикаций о формациях посвящено именно формационной геологии» [2, с. 4]. «В иерархическом ряду фундаментальных геолого-минералогических наук обнаружился разрыв между элементарно-петрографическим уровнем (геохимия – минералогия – петрография ) и структурно-геологическим (структурная тектоника, региональная геология). Образовавшийся вакуум в цепи геологических наук, хотя и медленно заполняется знанием о телах надпородного уровня, формирующим новую научную дисциплину – формациологию» [Там же].

По В. Н. Шванову, «данная работа является первым опытом литомографии, т. е. опытом создания описательной основы формациологии» [2, с. 5]. В ней подробно рассматривается развитие формационных идей и структурно-естественные основы учения о формациях. При этом сам термин «литомология» представлялся «как эквивалент эмпирического, структурно-вещественного направления, т. е. относящегося к описательной формациологии» [2, с. 30]. В. Н. Шванов сформулировал основные методологические проблемы описательной формациологии (литомографии), как и вопросы выделения объектов. По автору, «формационное исследование начинается тогда, когда выделяется геологическая формация – парагенез, совместное нахождение синхронных в геологическом смысле горных пород, объединенных сформировавшейся с ними структурой» [2, с. 42]. Это определение соответствует уровню эмпирического знания описательной формациологии или литомографии. И далее, «исследование должно развиваться и идти дальше к функциональному, генетическому, геоисторическому пониманию формации. *Формация на этом уровне знания есть единство горных пород, связанных общностью происхождения и объединенных общей структурой, сопряженной с их генезисом*» [2, с. 42]. Литомография должна опираться, с одной стороны, на структурно-вещественную систематику осадочных пород как основание «осадочной формациологии», с другой – на вещество и строение осадочных формаций и, наконец, на принципы классифицирования формационных подразделений на структурно-вещественной основе. «Элементарными единицами литоформаций являются гилеации».

Проведенный анализ научных разработок В. Н. Шванова показывает, что он был очень близок к пониманию новых представлений о геологических формациях, которые ранее были сформулированы в трудах М. А. Усова, Н. Б. Вассоевича, Н. П. Хераскова, В. Е. Хаина и др., хотя в их

взглядах имеются и отличия. С точки зрения современного состояния, учение о геологических формациях вряд ли следует разрывать на два сходных термина – «формациология» и «формационный анализ», поскольку они являются ветвью одного и того же понятия – «Учение о геологических формациях».

### Библиографический список

1. **Периодические** процессы в геологии / Логвиненко Н. В., Айнемер А. И., Ритенберг М. И., Сергеева Э. И., Шванов В. Н. Л.: Недра, 1976. 262 с.
2. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.

УДК 552.5

**А. Д. Петровский**

Всероссийский научно-исслед. геологический институт (ВСЕГЕИ)

### **В. Н. ШВАНОВ В СТУДЕНЧЕСКИЕ ГОДЫ (ВОСПОМИНАНИЯ ОДНОКУРСНИКА)**

Спустя более 55 лет моего знакомства с Валентином Николаевичем трудно вспомнить все впечатления тех лет, которые возникали у меня во времена счастливых лет студенчества. Однако некоторые из них все же сохранились в моей памяти.

Валентин был очень симпатичным, хорошо сложенным юношей среднего роста, слегка сутулым, с копной вьющихся волос. Веселый, остроумный, с широкой белозубой улыбкой, он нравился многим девушкам нашего курса. Однако, как мне казалось, он мало внимания уделял в то время прекрасному полу. На первом месте у него всегда была учеба, да и активные занятия легкой атлетикой тоже отнимали много времени. Учебная нагрузка на нашем факультете была значительной. Ежедневно мы занимались по 6-8 часов на теоретических и практических занятиях. Уже с первой сессии Валентин показал себя прилежным и честолюбивым студентом, для которого были приемлемы только отличные оценки. Я не могу сказать, что учеба давалась ему очень легко. Смею об этом судить, так как ко многим экзаменам мы с ним готовились вместе. Некоторые предметы

давались нам с трудом, но он всегда добивался абсолютного понимания того или другого вопроса, не ограничиваясь только поверхностным запоминанием. Ему чуждо было простое заучивание предмета, он всегда старался найти в каждом вопросе «изюминку», отправную точку, опираясь на которую, можно было выстроить логическую цепочку ответа и осветить все его содержание. В своей тетрадке он отражал схему ответа на вопросы. Меня это тогда даже слегка раздражало, так как моя память была тренирована чтением многочисленной художественной литературы, и я лучше запоминал прочитанное. Однако вскоре мне понравился метод Валентина, и в дальнейшем я также взял его «на вооружение».

Во время подготовки к экзамену, после двух-трех часов занятия Валентин вдруг заявлял, что устал и что ему необходимо поспать. Меня это поражало – как можно было хотеть спать в разгар светового дня. Однако он настаивал на своем, откидывался на диван и мгновенно засыпал. Но буквально через пять минут просыпался бодрым и свежим и мог с прежней энергией продолжать занятия. Через пару часов сонная пятиминутка повторялась снова. Признаюсь, что к концу совместных занятий я очень уставал и через 6-7 часов уже с трудом воспринимал учебный материал, в то время как Валентин мог продолжать изучать и запоминать его с прежней интенсивностью. Я не знаю, откуда появилась у моего приятеля такая привычка, но она, по-моему, свидетельствовала о силе характера и выработанной внутренней дисциплине: приказать себе сразу уснуть и только на пять минут может далеко не каждый. Во всяком случае, мне подобные люди в дальнейшем не встречались. Возможно, что именно это его качество позволило ему в дальнейшем стать самым настоящим трудоголиком.

Вспоминается мне и еще одна черта В. Н. Шванова: он, будучи еще молодым человеком, всегда добивался поставленной цели. Приведу только два примера.

Однажды мы попали вместе с ним на встречу со знаменитым в 50-е годы штангистом Ю. Дугановым. После его выступления все направились в буфет. За столиком тяжелоатлета сидела симпатичная девица, которая сразу же приглянулась Валентину. Он, недолго думая, хотя я отговаривал его, боясь нарваться на неприятность (Дуганов запросто мог сграбастать и поднять над собой нас обоих), направился к их столику и вежливо пригласил даму на танец. Силач исподлобья сверкнул глазами на смельчака, но ничего не сказал. Танец состоялся, но только один. Валентин мне поведал, что предложил проводить девушку домой, но та вынуждена была отказать, сославшись, что пришла на вечер с Юрием. В то же время мой приятель успел выведать у дамы, что та живет за городом и ежедневно в определенное время приезжает на работу поездом на Витебский вокзал. Все это надо было узнать только во время одного танца. И что же Вы думаете? Спустя несколько дней, мой приятель знакомит меня с той же девицей. Оказывается, он специально встретил ее на перроне вокзала и какое-то время об-

хаживал ее. Конца этой истории я не помню. Зато отлично помню конец другой, еще более занимательной истории.

Это случилось на третьем курсе. Я в то время входил в состав правления спортивного клуба университета. Предстояло общее собрание легкоатлетической секции. Оно происходило в большом спортивном зале. Мне было поручено регистрировать всех приходящих на совещание лиц, чем я и занимался. В числе прочих ко мне подошла зарегистрироваться экстравагантная дама, выделявшаяся среди других посетителей манерами, походкой и особенно необычной импортной одеждой. Она была очень стройная, довольно высокая, с красивыми длинными ногами, рыжеволосая, с многочисленными веснушками. Плавной походкой она подошла к столу регистрации и с легким иностранным акцентом представилась: «Д'Амиго», и добавив: «Де, апостроф, Амиго», после чего отошла и заняла место в зале.

Вскоре появился Валентин и устроился около меня. В то время в кинотеатрах города шел кинофильм «Знак Зорро», где герои часто употребляли слово «Амиго», что означало «друг». Я тут же обратил внимание Шванова на модную даму и сказал что она тоже «Амиго». Глаза моего приятеля загорелись.

Прошло две или три недели – и вдруг в коридоре главного здания университета я нос к носу сталкиваюсь с парочкой – Валентином и Тамарой Д'Амиго, которую приятель тут же мне и представил. Оказалось, что в ближайшее же после упомянутого собрания воскресенье Валентин отправился в Сосновский парк, где легкоатлеты университета бегали кроссы. До этого времени Шванов ни разу не посещал такие изнуряющие тренировки. Он, как и я, специализировался в различных прыжках и в спринте и не очень жаловал длинные дистанции. Мне неизвестно, как узнал Валентин, что Тамара регулярно посещает Сосновку. Во всяком случае, в его стиле доводить любое дело до конца: он прямо на бегу познакомился с приглянувшейся ему девушкой, а вскоре оповестил меня, что они стали мужем и женой. В гражданском браке (очень редком в то время) они прожили почти два года, проверяя чувства друг друга, после чего зарегистрировали брак официально. И Тамара к своей экзотической фамилии прибавила несколько простоватую фамилию моего приятеля, став Швановой-Д'Амиго. Так я стал невольным соучастником женитьбы Валентина.

Впрочем, Шванов не любил оставаться в долгу и тоже невольно отплатил мне той же монетой, т. е. способствовал моей женитьбе. Когда декан географического факультета Новгородского педагогического института А. Ф. Алифанов обратился к нему с просьбой порекомендовать на временную работу преподавателя нескольких геологических дисциплин в этом институте, а также для последующего проведения учебной практики в пос. Саблино, Валентин предложил меня. Мне это было очень кстати. Это случилось в начале 60-х годов. В то время я учился в аспирантуре, и свободного времени у меня было достаточно, а денег постоянно не хва-



тало. Моя командировка в Новгород состоялась, а скоро и я зарегистрировал брак с одной из студенток географического факультета. Так уж распорядилась судьба, что Валентин счастливо прожил с Тamarой до своей преждевременной смерти, да и я уже отметил сорокалетнюю годовщину своей свадьбы.

Годы нашего студенчества проходили в обстановке суровой социалистической идеологии с ее ханжеством, показушностью и лицемерием. Однако следует признать, что мы в то время (я имею в виду круг своих близких знакомых) мало интересовались политикой, хотя и старались выполнять все писанные и неписанные законы того времени. Конечно, мы были активными комсомольцами, ходили на комсомольские собрания, занимались общественной работой, но не по велению души, а потому, что так было надо, с удовольствием занимались спортом. В конце второго года обучения в марте 1953 г. многие, и я в том числе, искренне скорбели по поводу смерти И. В. Сталина. Лично я был в растерянности и не представлял, как страна будет жить дальше. Многие студентки, да и некоторые преподаватели даже плакали. Валентин же отнесся к этому событию абсолютно спокойно, хотя и предпочитал не выказывать свои эмоции. Он продолжал серьезно изучать преподаваемые нам предметы, успешно сдавая зачеты и с отличными оценками заканчивая каждую сессию. На него быстро обратил внимание выдающийся литолог и палеогеограф нашей страны, имя которого известно было во всем геологическом мире, – Лев Борисович Рухин. Вместе с другим талантливым студентом нашего курса Михаилом Сергеевичем Дюфуром, они по праву считались одними из любимых учеников этого крупного ученого. Уже с первых курсов, когда все остальные студенты проходили учебные практики, эти двое под руководством Льва Борисовича начали осваивать приемы полевых геологических исследований в Средней Азии, где уже тогда начали собирать научный материал для будущих кандидатских диссертаций.

Мне приходилось видеть В. Н. Шванова совершенно разным. Он, в зависимости от настроения и ситуации, мог быть раздраженным, язвительным, колючим, ироничным, удрученным, озабоченным, веселым, обаятельным и даже нежным. Вспоминается одна из презентаций коллективной монографии, когда в аудиторию вошла уже взрослая дочь Валентина. Он ее нежно приобнял и представил собравшимся, сказав: «А это моя доченька!» Это было довольно необычно, поскольку он не любил на людях проявлять свои трогательные чувства.

Как свойственно многим талантливым людям, В. Н. Шванов отнюдь не был «белым и пушистым». Несмотря на веселый нрав, он порою мог быть резок, иногда даже груб, когда отстаивал свою точку зрения. Держался он особняком и среди своих соратников. Он часто отказывался присутствовать на наших студенческих вечеринках, ссылаясь на то, что ему там неинтересно. Он не любил притворяться. Это вызывало негативную реак-

цию у многих сокурсников. Поэтому на факультете у него было мало друзей. Но он этим ничуть не тяготился, предпочитая встречаться со своими школьными товарищами, с которыми до последних дней сохранял самые теплые отношения. Много интересных знакомых у него было и среди представителей других, негеологических специальностей, особенно юристов.

По своей натуре В. Н. Шванов, конечно же, был лидером, и очень ревниво относился к людям, которые также претендовали на аналогичную роль. Именно поэтому у него складывались непростые, а иногда почти враждебные отношения с некоторыми сокурсниками, а потом и с коллегами по работе. Я не знаю, мешали ли такие отношения в его повседневной работе. Смею предположить, что мешали, но он предпочитал не идти на компромиссы и продолжал жить по своим правилам. Возможно, что такой характер позволил Валентину Николаевичу сохранить свою индивидуальность и войти в разряд крупных ученых-геологов современности.

Стремление быть первым проявлялось у Валентина не только в учебе и последующей работе, но и в спорте. Я уже упоминал, что мы с ним занимались легкой атлетикой, тренируясь у одного тренера, Б. О. Редькина. В определенной мере в спорте мы были соперниками, попеременно становясь чемпионами факультета по бегу на 100 м, по прыжкам в высоту и тройном прыжке. Если Валентин проигрывал, он остро переживал, на какое-то время замыкался, «уходил в себя», но, слава богу, ненадолго, по-прежнему оставаясь добрым надежным товарищем. Помню, что как-то мы бежали с ним в одной эстафете 4x250 м на Зимнем стадионе, соревнуясь с командами других факультетов университета. Я бежал на предпоследнем этапе, Валентин замыкал эстафету. Приняв эстафетную палочку третьим, мне удалось обогнать одного из соперников и максимально приблизиться к лидеру. И тут я оплошал – замешкался с передачей эстафетной палочки приятелю, потеряв несколько драгоценных долей секунды, которых как раз не хватило, чтобы Шванов смог выйти на передовую позицию. Он проиграл на финише всего полметра, после чего яростно швырнул палочку в землю и несколько дней со мной не разговаривал.

Постоянные занятия спортом сделали Валентина очень пластичным и хорошо координированным. Хорошо помню, как на одном из факультетских вечеров они с Тамарой блестяще исполнили только входивший тогда в моду рок-н-рол, с серией головокружителей па. На них очень приятно было смотреть.

Таким запомнился мне Валентин Николаевич Шванов в студенческие годы.

После окончания университета мы еще долго сохраняли приятельские отношения, иногда встречаясь у него дома. Но со временем такие встречи становились реже. Работа, семейные заботы не позволяли часто видеться, ограничиваясь телефонными переговорами. Встречались мы и на различных совещаниях и конференциях. Меня всегда восхищали доклады

Валентина Николаевича. Не выказывая никакого волнения, очень собранно, четко он излагал суть сообщения, подробно и доказательно отвечая на все вопросы. Таким же я его видел на защите докторской диссертации, которая с блеском состоялась на Ученом совете Всесоюзного геологического института (ВСЕГЕИ), где я тогда работал.

Последние встречи со Швановым происходили в связи с моим участием в составлении коллективной монографии «Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов». Валентин Николаевич являлся ее ответственным редактором. Обсуждая вопросы, связанные с этой работой, мы разговаривали и на многие отвлеченные темы. Рассуждая о программах телевидения, Валентин откровенно негодовал, подчеркивая, что он почти не пользуется его «услугами». Исключение для него составляют фильмы про знаменитых детективов – комиссара Мегрэ и Коломбо. При этом он застенчиво улыбался, как бы извиняясь за эту свою слабость. Я же думаю, что в этих фильмах его занимала логика раскрытия преступлений. Сколько я знал Шванова, он всегда искал в учебе, работе, жизни логическую нить, хотя сам не всегда строго следовал в своих действиях какой-либо логике. Он был таким, каким был. И я пытался отобразить его здесь без ретуши и преувеличений.

# Раздел I. ВОПРОСЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

УДК: 551.1/4 + 550.8.01

**В. П. Макаров**

Российский гос. геологоразведочный университет

## К ПРОБЛЕМЕ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ ВОДНЫХ ПОТОКОВ

### Введение

Вопросы происхождения осадочных горных пород и определение обстановок осадконакопления при проведении геологических исследований являются ведущими, поскольку правильно установить генезис – это понять закономерности развития осадочной оболочки Земли, а потому корректно прогнозировать месторождения, связанные с осадочными породами и локализованные в них.

В формировании осадочных толщ существенную роль играют транспортировка и отложение слагающих толщи компонентов. Эти процессы подчиняются законам механики, в частности гидродинамики. В технике такие процессы изучаются в разделе о гидротранспорте [4]. Перенос осадков водными потоками можно назвать природной формой гидротранспорта. При изучении этих вопросов как относительно самостоятельные выделяются прямая и обратная задачи.

*Прямая задача* заключается в выяснении особенностей распределения параметров зерен в рыхлых отложениях под влиянием априорно известных физико-механических параметров среды, в которой осуществляются перенос и отложение этих зерен. К решению этого типа задач относятся различные эксперименты и аналитические исследования, например [3], прежде всего выполняемые гидрологами, механиками, специалистами по гидродинамике и гидравлике. К этому типу задач относятся и задачи седиментологии, изучающей особенности образования осадков в конкретных природных условиях. Этот тип задач описан, например, в работах Н. М. Страхова [15].

Крупные работы и эксперименты по изучению гидродинамики переноса русловых отложений, формирующих аллювиальные образования, проведены гидрологами и океанологами в связи с анализом особенностей построения плотин, дамб и пр. ([13]; Л. Г. Лойцянский; В. М. Гончаров; А. М. Годен; Дж. Гриффитс; Л. Прандтль; Я. Церебровский и др.). Работами В. П. Зенковича и других изучены особенности переноса и отложения осадков морских побережий. Получены основные уравнения зарождения,

переноса и отложения осадков. Изучены их взаимоотношения с водными потоками, количество переносимого вещества, возникновение ламинарного и турбулентного движений водного потока. Показано, что первичной формой перемещения зерна является скачок, хотя детально форма не изучена. В общих чертах рассмотрен механизм истирания частиц, ведущий к их округлению и уменьшению размера.

К *обратным* относятся задачи по определению физико-механических параметров среды, в которой осуществляются перенос и отложение этих зерен, по особенностям распределения параметров зерен в реальных рыхлых осадках. Поисками решений этого типа задач занимаются, в первую очередь, литологи. Этот тип задач не совсем точно и не конкретно называют «установлением генезиса изучаемого объекта».

В основе всех выводов лежит представление о кинетической энергии движения частицы  $E = Mv^2/2$  ( $M$  – ее масса,  $v$  – скорость движения). Поскольку  $M = V\rho$  ( $V$  – объем,  $\rho$  – плотность частицы), то понятна роль этих непосредственно измеряемых параметров в изучении механики образования осадков. Эта механика иногда называют литодинамикой [10, 12].

Ранее решение многих задач литологии опиралось на изучение данных гранулометрии на основе ситового анализа рыхлых и литифицированных осадочных горных пород. Метод не оправдал надежд исследователей [12, 16], так как разные по «генезису» осадки давали сходные распределения гранулометрии классов. Однако другие, более надёжные методы решения этих задач ни гидрологами (седиментологами), ни литологами не созданы.

К сожалению, механики и геологи (литологи) не различают эти задачи и механически используют решения прямых задач для анализа особенностей строения и сложения осадков. На самом же деле решение обратных задач не сводится к решению прямых задач, хотя и опирается на них. Задачи у них прямо противоположные. Наличие решения прямых задач свидетельствует *только о том*, что решение обратной задачи возможно и существует, и его надо искать независимыми методами. Кроме того, любое решение прямой задачи говорит только о вероятной (!) природе осадочного объекта. Игнорирование указанных обстоятельств привело к тому, что выводы литологов о природе осадочных толщ иногда являются поверхностными.

В целом выделяются три основных периода увлечения методом гранулометрии. Первый всплеск приходится на пред- и послевоенные годы (Батулин, 1947; Рухин, 1947) становления литологии и накопления материала, первых попыток использования представлений литодинамики. Незнание литологами основ последней привело к непониманию важности этих громоздких исследований, а качественный характер работ – к отказу от таких измерений и их замене выделением гранулометрических фракций ситовым методом [4].

Второй период приходится на 50-60-е годы. В это время в литологию внедряются представления гидродинамики отложений механических осад-

ков, наступает период увлечения уравнением Стокса [14, 15], заимствованным у Engelgardt (1939-1940 гг.) и бездумно кочующим из одних работ в другие ([14, 15]; Батулин, 1947). Однако это увлечение имело поверхностный характер, давая только качественную картину распределений минералов. Поэтому и здесь осталась неясной необходимость точных измерений, сохранился ситовой метод, несмотря на все возрастающий застой в его развитии, обусловленный качеством получаемых выводов.

Третий период (в конце 80-90-х годов) связан, в первую очередь, с работами А. В. Суркова [16] по изучению россыпей золота. Он возобновил измерения параметров  $A$ ,  $B$  и  $C$ , веса золотин и других минералов. Им показана порочность ситового метода, игнорирующего различие форм зерен, существенно искажающего не только весовые соотношения между фракциями, но и чистоту их выделения. Стало ясно, что ситовой метод нанес серьёзный удар по развитию литодинамики. В то же время измерения А. В. Суркова создали базу для изучения условий образования осадков на основе представлений литодинамики, опираясь на анализ соотношений между плотностью и размерами минералов. Заметим к тому же, что идеи гидро-транспорта [4] не только не нашли дорогу в литологию, но литологи не знают и не хотят знать о существовании этого важного для литологов раздела гидравлики.

Несмотря на полученные результаты, использование их для решения обратных задач литологии затруднительно. Кроме явного нежелания литологов заниматься этими проблемами, есть и другие обстоятельства: 1) громоздкость уравнений; 2) осадки рассматриваются как однородные по минеральному и плотностному составу образования; 3) анализ распределения в потоках различных минералов, представляющих интерес как прямой объект исследования, весьма мало; 4) абсолютизирована величина плотности воды  $\rho_v = 1$ , хотя минералы осаждаются не из чистой воды, а из смеси воды и твердого материала (взвеси), которая имеет свои значения плотности и вязкости [5, с. 147] – в гидравлике такие смеси относятся к аномальным объектам; 5) почти нет работ по определению вязкости взвесей в широком интервале концентраций твердого вещества.

В связи с этим остался не освещенным ряд проблем образования осадочных отложений. Не изучены условия взаимодействия частицы и вмещающей водной среды: роль трения, влияние формы частицы на дальность транспортировки; не изучены характер влияния среды накопления осадков на связь между размером, плотностью и формой осадочных частиц, искажены соотношения между формой частицы и окатанностью и т. д.

## Вопросы теории

Одной из идей механики, используемых для решения задач литологии, является гипотеза осаждения минерала в стоячей жидкости, исполь-

зующая уравнение Стокса (Батурин, 1947; [14, 15]):

$$v_{ч1} = \frac{2g}{9} d^2 \frac{\rho_1 - \rho_0}{\eta_0} \approx 2,18 d^2 \frac{\rho_1 - \rho_0}{\eta_0}, \quad (1)$$

где  $v_{ч1}$  – скорость осаждения частицы диаметром  $d$  и плотностью  $\rho_1$  в воде с плотностью  $\rho_0$  и вязкостью  $\eta_0$ . В теории движения русловых потоков эта гипотеза играет большую роль [3]. Уравнение Стокса используется для решения многих обратных задач: определения вязкости вмещающей частицу жидкости (вискозиметрия); определения гидравлической крупности частиц; выделения глинистых фракций; объяснения особенностей распределения минералов в осадке по зависимости линейных размеров зерна от его плотности. Так, при сравнении параметров распределений кварца КВ и магнетита МТ в предположении, что  $v_{КВ} = v_{МТ}$ , Л. Б. Рухин [14] и Н. М. Страхов [15] установили, что при  $\rho_{МТ} > \rho_{КВ}$  обычно  $d_{МТ} < d_{КВ}$ , соответствуя качественным особенностям их распределения в реальных осадках. На основе этого они сделали вывод об обоснованности использования уравнения Стокса при анализе строения осадков. Ревизия этих данных не подтверждает это суждение по следующим причинам.

1. Не обоснована сама возможность применения представлений Стокса для изучения механизма разделения минералов в реальном осадке при попадании в жидкость некоторого объема сыпучего тела с произвольными соотношениями размеров и плотностей зерен.

2. Уравнение Стокса использовалось при условии, что плотность воды  $\rho_0 = 1$ . Это означает, что концентрация частиц в воде настолько мала, что не влияет на плотность системы вода – осадок (взвеси) и противоречит заключениям Л. Б. Рухина и Н. М. Страхова, что основные процессы формирования осадка проходят в обогащенной твердым материалом пограничной зоне, примыкающей к границе вода – осадок.

3. Проверка уравнения Стокса на других объектах не позволяет делать подобные заключения. Так, например, в работе [16] описано распределение параметров кварца КВ ( $\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$ ), граната ГР ( $\rho = 3,70 \text{ г/см}^3$ ) и циркона ЦР ( $\rho = 4,70 \text{ г/см}^3$ ). Для КВ при нормальном распределении размеров зерен по оси С модальное значение  $d_{КВ} = 0,29 \text{ мм}$ , для ГР –  $d_{ГР} = 0,22 \text{ мм}$ , для ЦР –  $d_{ЦР} = 0,16 \text{ мм}$ . Подстановка данных для КВ и ГР в уравнение Стокса приводит к значению  $\rho_{01.кг} = 1,23 \text{ г/см}^3$ , свидетельствующему, что процесс распределения минералов проходит во взвеси. Однако для пары (КВ– ЦР)  $\rho_{01.кц} = 1,85 \text{ г/см}^3$ ; а для (ГР– ЦР) –  $\rho_{01.гц} = 2,58 \text{ г/см}^3$ . В первом приближении зерна морфологически подобны, но оценки  $\rho_{01}$  значительно разнятся.

В основе второй гипотезы лежит представление о гидротранспорте, опирающееся на взаимоотношения потока и перемещаемых им наносов [4]. Там выделяются напорные потоки,двигающиеся в близгоризонтальном направлении. В этом случае выделяют скорость  $v_{тр}$  трогания частицы, «заполонившую» всю литологическую литературу, и скорость  $v_{к}$  критиче-

скую, о которой почти не говорят. Под скоростью трогания понимают «среднюю скорость, при которой твёрдое начинает перемещаться волочением по стенке трубы». Под критической скоростью «понимают минимальную среднюю скорость потока, при которой ещё не происходит выпадения осадка на стенку трубы» [4, с. 146]. Ясно, что реальные скорости, определениями которых и должна заниматься литология, значительно превышают эту критическую скорость. Указанные скорости выражаются следующим образом:

$$v_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{2gV_{\text{ч}}f}{FC_{\text{хт}}}} \left( \frac{\rho_{\text{ч}}}{\rho} - 1 \right), \quad (2)$$

$$v_{\text{к}} = \sqrt{\frac{2gV_{\text{ч}}f}{FC_{\text{ут}}}} \left( \frac{\rho_{\text{ч}}}{\rho} - 1 \right), \quad (3)$$

где  $V_{\text{ч}}$  – объем частицы,  $F$  – миделево сечение, т. е. проекция тела на плоскость, нормальную к линиям течения потока;  $f$  – коэффициент трения частицы о стенку трубы;  $C_{\text{хт}}$  – коэффициент лобового сопротивления тела, учитывающий влияние стенок трубы на обтекание тела (частицы) потоком;  $C_{\text{ут}}$  – коэффициент подъемной силы;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\rho_{\text{ч}}$  – плотность тела частицы;  $\rho$  – плотность воды. Обе формы отличаются только значениями сопротивлений. К сожалению, и здесь наблюдается застой в развитии теории гидротранспорта в изучаемом направлении. Так, указанные представления почти дословно повторяются авторами [4] с 1970 г. и далее в работах до 2001 г. [6]. В работе [5] также рассмотрены вопросы о соотношениях между скоростью  $v_{\text{ч}}$  частицы в потоке и скоростью  $v_{\text{п}}$  самого потока, и получено уравнение

$$\frac{V_{\text{ч}}}{(F \varphi)} = \frac{\rho_{\text{о2}}}{\rho_2 - \rho_{\text{о2}}} \frac{v_{\text{ч2}}^2}{2g}, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – фактор формы (коэффициент сопротивления). По М. А. Великанову [3],  $v_{\text{ч}} \approx v_{\text{п}}$ . Это уравнение использовано нами при анализе осадкообразования [17], хотя по своей структуре оно тождественно уравнению (3) и отличается только формой выражения.

Обе гипотезы дают близкие качественные картины распределений минералов по плотности и размеру зерен. Следовательно, необходим другой подход для оценки этих гипотез с точки зрения лучшего объяснения распределений минералов по плотности и размерам. Уравнения (1) и (4) включают параметры  $\rho$  и  $d$ , измеряемые в реальных условиях. Поэтому для решения задачи эти параметры должны быть использованы в качестве главных параметров и связаны функционально. Тогда для первой гипотезы получаем уравнение гиперболы

$$\rho = 0,46v_{\text{ч}} \eta/d^2 + \rho_{\text{о1}}, \quad (\text{в общей форме } \rho = \alpha/d^2 + \rho_{\text{о1}});$$

для второй –

$$\rho = (\varphi v_{\text{ч}}^2 \rho_{\text{о2}})/19,6d + \rho_{\text{о2}}, \quad \text{где } d = V/F \quad (\text{в общей форме } \rho = \beta/d + \rho_{\text{о2}}).$$

Вхождение параметра  $v_{\text{ч}}$  в коэффициенты при аргументе свидетель-



стует о том, что все частицы двигаются с одинаковыми скоростями. Полагая  $l = 1/d$  или  $l^* = 1/d^2$ , получаем уравнение прямой линии  $\rho = \beta l + \rho_{01}$  (или  $\rho = \alpha l^* + \rho_{02}$ ) ( $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные). Следовательно, анализируемые точки должны находиться на этой прямой. Одна из таких диаграмм, иллюстрирующая выполнение этого условия, приведена на рис.1. Эти уравнения и будут служить основой оценки двух гипотез: ближе к реальному распределению осадков будет та гипотеза, для которой величина  $\rho_{0i}$  будет ближе к значению плотности воды  $\rho_B = 1$ .

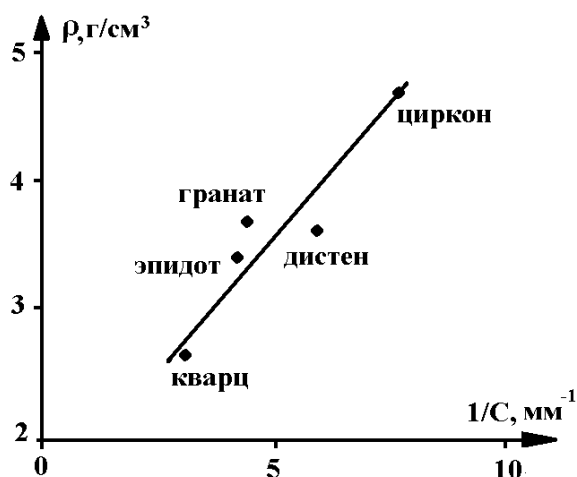


Рис. 1. Характер связи между плотностью минерала и размером зерна по оси  $C$

Приведём некоторые замечания к уравнению (4).

1. Коэффициент  $\varphi$  отражает величину лобового сопротивления. Но величина сопротивления трения в формулу не входит, она учитывается только в уравнении (2). Необходимо выделение как минимум двух видов трения: трение частиц с водой потока и трение частиц между собой, поскольку во взвеси с повышенной концентрацией твердых частиц возникают постоянные взаимоотношения между частицами. Это трение изучено очень плохо, поэтому недоучёт его является ошибкой. Что касается первого вида трения, то оно, видимо, не велико, поскольку при попадании частицы в воду на поверхности частицы образуется монослой воды, удерживаемой молекулярными силами. Этот монослой играет роль смазки, сводящий трение между водой и частицей к трению между слоями воды. Малое значение этого трения отражается малым значением вязкости воды, равной  $0,01 \text{ Р}$ . Поэтому далее под коэффициентом  $\varphi$  будем понимать эффект, учитывающий сумму сопротивлений лобового и трения.

2. Параметр  $V_{\square}/F$  отражает линейные размеры частицы. Обобщение измерений В. А. Суркова, например, в работе [9], показало, что в зернах почти всех изученных минералов (кварц, магнетит, циркон и др.) песчано-алевритовой размерности в более чем 99,0 % случаев  $A > B > C$ , т. е. зерна относятся к типоморфной группе призматиков. Поскольку  $F$  – проекция тела частицы на плоскость, то здесь возможны два крайних варианта положения тела зерна, исключая кувыркивание зерна в потоке: а) длинная ось  $A$  перпенди-

кулярна линиям тока, б) эта ось располагается вдоль этих линий тока. Тогда в первом случае  $F \approx AB$  (или  $AC$ ) и  $V_{\varphi}/F \approx C$  (или  $B$ ). Этот случай соответствует перекачиванию (сальтации) частицы в потоке при перемещении, способствующему истиранию частиц. Во втором случае  $F \approx BC$  и  $V_{\varphi}/F \approx A$ . Естественно, первый случай соответствует перекачиванию (сальтации) частицы в потоке при перемещении, способствующем истиранию частиц.

### Результаты исследований

Для решения задачи использованы результаты изучения в локальной точке пляжных песков (прибойная зона пляжа «Зимний берег» в горле Белого моря [16]) песчано-алевритовой размерности, предварительно отмытых и освобождённых от более крупной компоненты. Методика измерений описана в работе [17]. Все измерения параметров зёрен проведены А. В. Сурковым (МГРИ). С небольшими добавлениями эти материалы приведены в табл.1 и на рис. 2. Северная часть Белого моря (Абрамов берег) наиболее штормовая и характеризуется сильным волнением. В часы наибольшего развития приливно-отливных морских течений их скорости достигают 3 м/с. Сильные течения р. Мезень имеют скорость  $> 3$  м/с [10]. Баланс наносов обусловлен поступлением обломочного материала от разрушения Абрамова, Зимнего и других берегов. Песчаные осадки на пляжах маломощны. В табл. 2 приведен состав гранулометрических фракций песков Абрамова берега. По данным табл. 1, зерна имеют форму, приближенную к призмой. Хотя в работе [11] говорится, что в кварце длинная ось

Таблица 1

Результаты грануло- минералогического анализа проб пляжа «Зимний берег» в горле Белого моря [16]

Минерал	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	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.	11,8 4	11,8 4	11,8 4	0,053 1	0,039 0,74	0,023 0,43
Дистен	3,62	Трикл.	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	10,2 3	0,052 1	0,034 0,66	0,024 0,46
Кварц	2,65	Тригон.	4,90 3	4,90 3	5,39 3	0,065 1	0,048 0,74	0,033 0,51
Среднее						0,504 1	0,035 0,667	0,022 0,437

располагается вдоль оси  $c_0$ , но из таблицы видно, что связь формы зерен с параметрами кристалла более сложная. Независимо от характеристик кристалла связи между размерами зерен имеют вид  $A = 0,993B + 0,017$  (коэффициент корреляции  $KK = 0,997$ ),  $C = 0,482B + 0,00521$  ( $KK = 0,944$ ) или  $A/B = 2,687(C/B) - 0,288$ .

Согласно вышесказанному,  $d = V/F = C$ ; для иллюстрации на рис. 1 приведен график зависимости  $\rho$  от  $C$  для второй гипотезы. Тогда по первой гипотезе  $\rho = 0,0003774/C^2 + 2,5$ ; по второй –  $\rho = 0,0431/C + 1,34$ .

Таблица 2

Гранулометрический состав рыхлой фракции  
береговых отложений [10]

Проба	Фракции, мм (в % по весу)							
	>2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	<0,01
38	7,2	5,7	11,1	53,2	21,6	1,2	–	–
39	–	–	4,8	10,0	22,4	14,4	18,6	29,8
166	–	–	2,6	5,6	11,0	13,6	12,6	54,6
167	–	–	–	1,2	4,8	17,8	58,4	17,8

Полученные данные позволяют оценить скорости движения наносов. Для первой гипотезы  $\alpha = 0,46v_{ч}$ ;  $\eta = 0,0003774$ . Данных по величине  $\eta$  для взвеси нет, для воды  $\eta_{в} = 0,01$  Р. Для этого значения  $\eta_{в} v_{ч} = 8$  м/с. Если принять для взвеси условно  $\eta = 1$ , то  $v_{ч} = 0,08$  м/с.

Для второй гипотезы  $\beta = \phi v_{ч2}^2 \rho_{02}/19,6 = \phi v_{ч2}^2 /14,73 = 0,0431$ . Проведем оценку величины  $\phi$ , опираясь на измерения параметров потоков на конкретных участках. По работе [5]  $\phi = gRi/v^2$ , где  $R$  – гидравлический радиус; для плоских потоков  $R = h$ ,  $h$  – глубина и  $v$  – скорость потока;  $i$  – гидравлический уклон. Для отмелей берегов Балтийского моря [1]  $i = 0,016$ ;  $v = 0,8$  м/с и  $h = 2$  м; поэтому  $\phi = 0,245$ , а  $v_{ч} = 1,61$  м/с; для  $\phi \approx 1$   $v_{ч} = 0,8$  м/с.

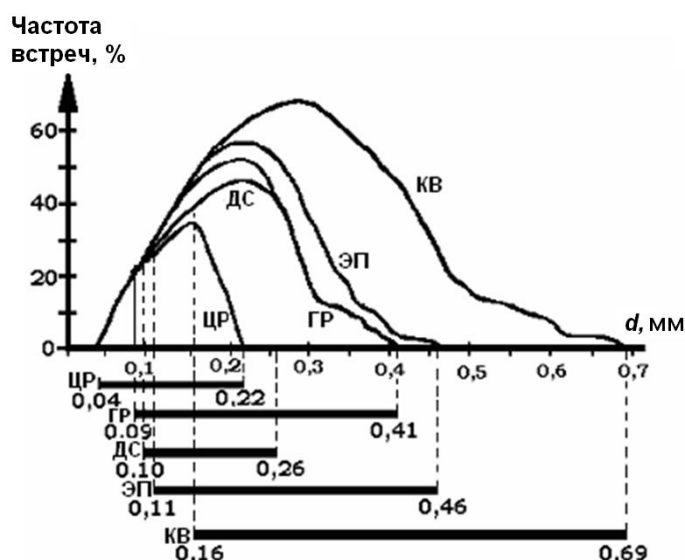


Рис. 2. Структурные спектры минералов в россыпях пляжей Белого моря [16]. Минералы: КВ - кварц; ЦР – циркон; ГР – гранат; ДС – дистен; ЭП – эпидот. Черные прямоугольники отражают основания спектров

Информацию о структуре взвеси дает рис. 2, показывающий различие площадей кривых, соответствующих каждому минералу. Поскольку отбор проб проводился независимо от состава минерала, то соотношение площадей показывает соотношение минералов в осадке. По распространенности минералы образуют ряд: кварц – эпидот – гранат – дистен – циркон = 5,2 : 3,8 : 2,4 : 1,8 : 1. Эти значения обратно пропорциональны плотностям минералов. Средневзвешенная плотность осадка 3,24 г/см<sup>3</sup>.

Объемная доля  $S$  взвеси в потоке (мутность) вычисляется по формуле  $S = 100(\rho_{oi} - 1)/\rho_m$ . Так как средняя плотность взвеси  $\rho_m = 3,24$  г/см<sup>3</sup>, то для первой гипотезы  $S = 46$  %, для второй –  $S = 17$  %. По М. А. Великанову [3],  $S_{max} = 50$  %, для речных наносов  $S_{max} = 38$  %, для наносов более тяжелых, чем песок, гравий, глина,  $S_{max} < 38$  %. Таким образом, значение  $S = 17$  % является более реальной величиной в отличие от  $S = 46$  %.

Таким образом,  $\rho_{o1} = 2,5$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_{o2} = 1,34$  г/см<sup>3</sup>. Поскольку последнее ближе к плотности воды, то второй гипотезе отдано предпочтение.

### Обсуждение результатов

Измерений плотности взвеси в реальных условиях не достаточно. Концентрация взвеси на Балтийском море достигает 22,53 г/л (соответствует  $\rho = 1,0225$  г/см<sup>3</sup>). На р. Сыр-Дарье (Алтуни, 1959) мутность колеблется около 1-2 г/л, увеличиваясь в паводке до 50 г/л ( $\rho = 1,050$  г/см<sup>3</sup>). В нижнем течении р. Аму-Дарьи [13] мутность взвешенных наносов (фракция  $d < 0,1$  мм) колеблется в пределах 2,36- 3,32 г/л ( $\rho = 1,00236-1,00332$  г/см<sup>3</sup>). На р. Мезень [10] средняя мутность воды 30 г/м<sup>3</sup>, временами достигает 8 г/л. Высокие значения концентрации взвеси наблюдаются в суспензионных потоках [8], в них количество мути бывает  $> 100-300$  г/л ( $\rho = 1,10-1,30$  г/см<sup>3</sup>). На оз. Байкал [8] плотность наносов 1,6-2,0 г/см<sup>3</sup>.

Скорость начала трогания (срывающая скорость) частиц размером 0,75-1,0 мм равна 0,05-0,105 м/с [7]. Приведение в движение всей массы наносов этой размерности происходит при скоростях в 1,3 раза больше (Разумихин, 1959), т. е. при 0,065-0,14 м/с. Реальные скорости движения осадков значительно больше. В спокойной обстановке скорость течения вод в районе отмелей берегов Балтийского моря [1] изменяется от 0,08 до 1,0 м/с. Скорость течения воды у дна моря – 0,15-0,83 м/с. Измеренная скорость движения в воде песчаных наносов (частицы размером 0,5-0,75 мм) – 0,84 м/с [7]. По В. П. Зенковичу, в районе Керченского полуострова в спокойной обстановке скорость перемещения отдельных меченых частиц диаметром 0,25 мм равна 3-4 см/с. В других местах она может достигать 22-23 см/с при скорости ветра 6 м/с и волнении 2 балла. В Белом море в этих условиях скорость течений не более 14 см/с. В то же время у берегов Балтийского моря при сильных волнениях величины придонных скоростей достигают 4,73 м/с [1]. Установлено [2], что с ростом волнения

скорость перемещения меченых песчинок приближается к скоростям течения самой воды, иллюстрируя роль штормовых течений в массовом переносе песка.

Итак, поток осадков на побережье Белого моря характеризуется параметрами  $\rho_{в2} = 1,34 \text{ г/см}^3$  и  $v_ч = 1,61 \text{ м/с}$ , мутность потока – 17 %. Эти параметры не соответствуют потокам осадков пониженной плотности в спокойных условиях. Подобные параметры характеризуют случай больших скоростей, когда «частицы оказываются в полувзвешенном состоянии и все движение приобретает характер медленного течения грязевой массы ...» [3]. Эти скорости характерны для сильных штормовых волнений, которые и создают условия для формирования этой селеподобной массы.

Таким образом, по значениям плотности  $\rho_v$  взвеси и ее количеству (мутность) наиболее приемлема гипотеза, что распределения минералов по плотности и размерам зерен и по переносимой массе определяются условиями их переноса и осаждения из движущейся взвеси, т. е. смеси воды потока и переносимого им рыхлого материала в условиях сильных штормовых волнений. Эту взвесь называют дисперсоидом [3], турбидитами [8] или суспензионным потоком. Полученные данные вместе с результатами исследований условий осаждения песчаного материала в Чудском озере [17] показывают, что для анализа условий осадкообразования не применимы представления, описываемые уравнением Стокса.

### Библиографический список

1. **Айбулатов Н. А., Долотов Ю. С., Орлова Г. А. и др.** Некоторые черты динамики отмелого песчаного берега. // Исследование гидродинамических и морфодинамических процессов береговой зоны моря. М.: Наука, 1966. С. 38- 103.
2. **Болдырев В. Л., Зенкович В. П. и др.** Применение люминесцентных меченых песков для изучения перемещения морских и речных наносов. // Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря. М.: Наука, 1972. С. 4-26.
3. **Великанов М. А.** Динамика русловых потоков. М.: Гостехиздат. Т. II. 1955.
4. **Гейер В. Г. и др.** Гидравлика и гидропривод. М.: Недра, 1991. 331 с.
5. **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. ВНИГРИ, 1981. С. 51-62.
6. **Гудилин Н. С. и др.** Гидравлика и гидропривод. М.: Изд. МГУ, 2001. 519 с.
7. **Жуковец А. М.** Моделирование процесса перемещения морских

- песчаных наносов // Исследование гидродинамических и морфодинамических процессов береговой зоны моря. М.: Наука, 1966. С. 104-111.
8. **Карабанов Е. Б., Фиалков В. А.** Подводные каньоны Байкала. Новосибирск: Наука, 1987. 104 с.
  9. **Макаров В. П., Сурков А. В.** Вопросы теоретической геологии. 5. О форме зёрен в аллювиальных отложениях // Материалы междунауч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2007». Одесса: Черноморье, 2007. С. 27-38.
  10. **Медведев В. С.** Схема литодинамики и баланс наносов северной части Белого моря // Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря. М.: Наука, 1972. С. 27-53.
  11. **Петтиджон Ф. Дж.** Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 751 с.
  12. **Романовский С. И.** Физическая седиментология. Л.: Наука, 1988. 239 с.
  13. **Русловые процессы.** М.: Изд. АН СССР, 1958.
  14. **Рухин Л. Б.** Основы литологии. Л.: Недра, 1969. 491 с.
  15. **Страхов Н. М.** Осадконакопление в современных водоемах. М.: Наука, 1993. 395 с.
  16. **Сурков А. В.** Методика грануломинералогического анализа при изучении обломочных пород // Изв. вузов. Геология и разведка. 1993. № 3. С. 36-43.
  17. **Сурков А. В., Фортунатова Н. К., Макаров В. П.** Об условиях образования современных осадков Чудского озера по гранулометрическим данным // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. № 5. С. 60-65.

**УДК: 551.1/4 + 550.8.01**

**В. П. Макаров, А. В. Сурков**

Российский гос. геологоразведочный университет

## **НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЁРЕН В РЫХЛЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ**

Продолжены исследования морфологии зёрен в рыхлых осадочных породах, начатые в работе [3]. Объекты изучения – современные осадки, опробованные в локальных точках (единичные пробы) россыпей и современных русел (*р. Угра и р. Воря (Калужская обл.), Тарская россыпь (Зап.*

Сибирь)), береговой зоны северной части оз. Чудского и древних бассейнов России (алексинская свита  $C_{1al}(v)$  и девон Русской платформы (Новгородская, Ленинградская области)) и Африки (девон, Гвинея, Гуаль).

Изучались пробы с зёрнами песчано-алевритовой размерности, предварительно отмученные и освобожденные от гравийно-галечной компоненты. Пробы разделялись на фракции мономинеральные и по степени окатанности (неокатанная (НО), полуокатанная (ПО), окатанная (ОК)). В пробах имеются (изредка до 100 %) угловато-окатанные зёрна, т. е. расколотые окатанные зёрна (говоря о процессах вторичного дробления). В единичных фракциях определялась форма зерна, отмечено наличие призм, эллипсов, клиньев. В каждой фракции измерялись размеры зёрен (в мм) по осям  $A, B, C$  [4]. Все измерения размеров зёрен проводились А. В. Сурковым, обработка результатов измерений и интерпретация – В. П. Макаровым. Изучено 30 единичных проб, охвативших около 7000 зёрен кварца  $Q_w$  и 5000 зёрен других минералов. Рассчитывались  $\Pi/3$  ( $\Pi = A + B + C$  – виртуальный периметр зерна [3]), средневзвешенные значения  $A_{ср}, B_{ср}, C_{ср}, \Pi_{ср}/3$ ; отношения  $B/A$  и  $C/A$ , строились размерные диаграммы (РД)  $B = k_{BA}A + K_B, C = k_{CA}A + K_C$  и  $\Pi/3 = k_{\Pi A}A + K_{\Pi}$ . Типичный пример РД – на рис. 1.

Показатель  $\Pi/3$ , являясь среднеарифметическим значением размерных параметров зерна, играет роль обобщенного критерия принадлежности зёрен к типоморфному множеству зёрен. Он опирается на известный признак Коши, согласно которому среднее геометрическое значение меньше или равно среднеарифметическому значению величины. Полное равенство будет при равенстве размерных параметров, характеризующих, например, сферу или в меньшей степени куб. Но чем больше параметры зёрен отличаются друг от друга, тем больше различие между этими средними. Сопоставление этих средних показывает, однако, недостаточную чувствительность метода, поэтому применён иной вариант. В качестве эталона взят куб, ребро которого равно  $A$ , и  $A$  есть среднегеометрическое значение. Чем больше размеры зерна отличаются от  $A$  и форма зерна отличается от кубической, тем больше различие между средними геометрическим и арифметическим. Методически оценка осуществляется сравнением величин  $A$  и  $\Pi/3$ .

Введён индекс окатанности  $J = ОК/(НО+ПО)$ , где ОК, ПО и НО – количество зёрен соответствующей окатанности. Этот коэффициент, говоря об относительной степени окатанности, обладает недостатком: отсутствует верхняя граница в том смысле, что если  $(НО+ПО) \rightarrow 0$ , то  $J \rightarrow \infty$ . Поэтому использовано выражение  $J_{ОК} = ОК/(НО+ПО+ОК)$ ; в этом случае  $0 \leq J_{ОК} \leq 1$ .

Выявлены следующие особенности поведения зерен минералов.

#### **Поведение зёрен кварца**

В табл. 1 приведены фрагменты измерений размеров зёрен кварца. Для сравнений, во-первых, использованы данные для неокатанных и окатанных зёрен, а во-вторых, из береговой зоны северной части оз. Чудского и современных аллювиальных отложений р. Угра.

Таблица 1

Результаты измерений размеров зёрен кварца в отложениях  
р. Угры и оз. Чудское

№ п/п	Номер пробы и измерения	Окатан- ность	Размеры по осям			П/З	В/А	С/А
			А	В	С			
1	Чудо-2-1	НО	0,68	0,51	0,32	0,503	0,750	0,471
2	Чудо-2-2	НО	0,45	0,41	0,37	0,410	0,911	0,822
3	Чудо-2-3	НО	0,67	0,44	0,21	0,440	0,657	0,313
4	Чудо-2-4	НО	0,49	0,37	0,25	0,370	0,755	0,510
5	Чудо-2-123	ОК	1,25	1,12	0,79	1,053	0,896	0,632
6	Чудо-2-124	ОК	0,4	0,39	0,19	0,327	0,975	0,475
7	Чудо-2-125	ОК	0,63	0,45	0,31	0,463	0,714	0,492
8	Чудо-2-126	ОК	0,54	0,43	0,32	0,430	0,796	0,593
9	Угра-1	ОК	0,22	0,1	0,05	0,123	0,455	0,227
10	Угра-2	ОК	0,33	0,17	0,08	0,193	0,515	0,242
11	Угра-3	ОК	0,14	0,13	0,04	0,103	0,929	0,286
12	Угра-4	ОК	0,25	0,19	0,1	0,180	0,760	0,400
13	Угра-5	ОК	0,27	0,14	0,12	0,177	0,519	0,444
14	Угра-65	НО	0,34	0,2	0,14	0,227	0,588	0,412
15	Угра-66	НО	0,07	0,02	0,02	0,037	0,286	0,286
16	Угра-67	НО	0,27	0,12	0,06	0,150	0,444	0,222

На рис. 1 приведены размерные диаграммы по кварцу. По этим данным все зёрна кварца, независимо от степени окатанности, имеют различные размеры по осям. Хотя и редко, но выявляются зёрна с  $A = B$  или  $B = C$ , но практически нет изометричных зёрен с  $A = B = C$ .

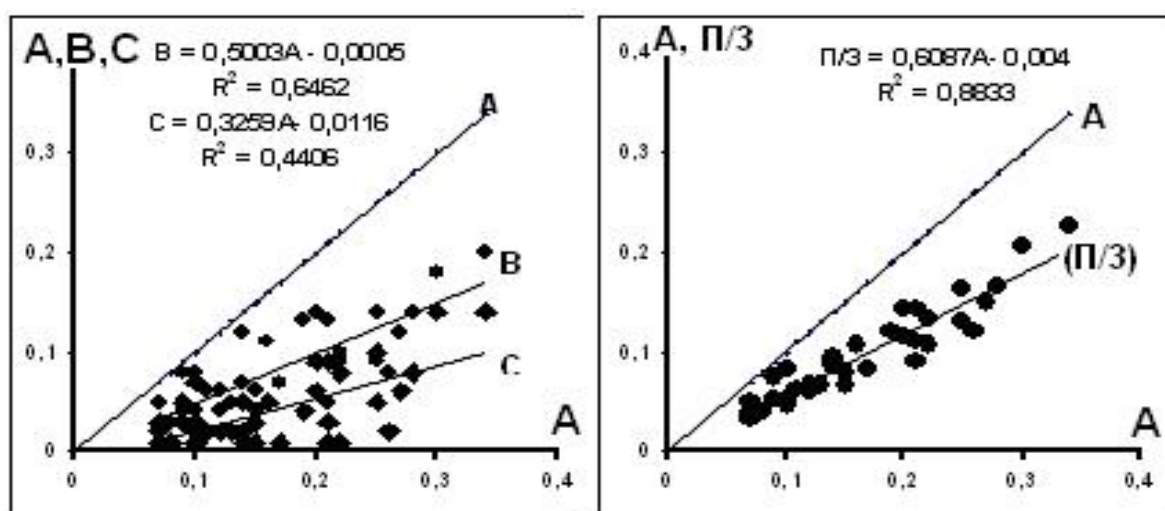


Рис. 1. Характер распределения размерных параметров зёрен кварца из современного аллювия р. Угра



Таблица 2

Фрагмент сводных данных по средним значениям  
размерных параметров

Место отбора	Окатанность	Кол-во измер.	Размеры зёрен			$\Pi_{\text{ср}}/3$
			$A_{\text{ср}}$	$B_{\text{ср}}$	$C_{\text{ср}}$	
$C_{1al}(v)$	ОК	36	0,401	0,294	0,137	0,277
	ПО	56	0,394	0,302	0,152	0,283
	НО	118	0,095	0,071	0,030	0,065
Р. Угра	ОК	70	0,402	0,307	0,171	0,293
	ПО	67	0,290	0,210	0,138	0,213
	НО	138	0,183	0,135	0,084	0,134
Современные осадки	ОК	107	0,502	0,391	0,245	0,380
	ПО	204	0,552	0,417	0,268	0,412
	НО	50	0,439	0,327	0,204	0,324

В табл. 2 отражена часть данных по средним значениям размерных параметров. Согласно им, размер неокатанных зёрен по осям  $A$ ,  $B$  и  $C$  всегда меньше размеров окатанных зёрен. Можно отметить:

1) сохранность неокатанных зерен; по одной из гипотез мелкие зёрна плохо окатываются в связи с тем, что для них большую роль начинает играть вязкость воды, препятствующая эффективному ударному воздействию на зерно;

2) совместное присутствие НО- и ОК-зёрен; неокатанность зёрен увеличивают площадь поверхности зерна, а значит, увеличивают лобовое сопротивление и сопротивление трения, дополнительно воздействуя потоком на зерно.

Таблица 3

Результаты зависимостей между размерными параметрами

Объект	Окатан.	$N$	$B = dA + D$			$C = dA + D$			$\Pi/3 = dA + D$		
			$d$	$D$	$R_B^2$	$d$	$D$	$R_C^2$	$d$	$D$	$R_{\Pi}^2$
Оз. Чудское	ОК	107	0,657	0,062	0,830	0,513	-0,012	0,767	0,747	0,005	0,943
	ПО	204	0,692	0,035	0,817	0,425	0,030	0,629	0,707	0,020	0,933
	НО	50	0,652	0,041	0,813	0,491	-0,011	0,794	0,714	0,010	0,956
Р. Угра	ОК	56	0,612	0,047	0,891	0,310	0,052	0,720	0,641	0,033	0,966
	ПО	146	0,625	0,037	0,907	0,361	0,031	0,776	0,662	0,023	0,972
	НО	63	0,646	0,022	0,905	0,467	-0,014	0,813	0,705	0,003	0,965
$C_{1al}(v)$	ОК	26	0,624	0,042	0,680	0,307	0,014	0,452	0,644	0,019	0,893
	ПО	34	0,691	0,023	0,829	0,222	0,021	0,503	0,638	0,015	0,947
	НО	83	0,607	0,026	0,812	0,336	0,000	0,655	0,648	0,009	0,946

Выявлена высокая дисперсия распределения точек на РД, вызывающая пониженные значения коэффициентов корреляции  $R^2$  (см. рис. 1). В то

же время на диаграммах ( $A, \Pi/3$ ) дисперсия распределения точек сильно уменьшается, ведя к росту величины  $R^2$ . В качестве примера в табл. 3 приведён фрагмент результатов расчёта зависимостей между величинами  $A, B, C$  и  $\Pi/3$ . Из таблицы видно, что всегда  $R_{\Pi}^2 > (R_B^2, R_C^2)$ ; обычно  $R_{\Pi}^2 > 0,9$ . Причина:  $\Pi/3$  - это среднеарифметическое значение размерных параметров, а, как известно, ошибка среднего меньше ошибки единичного измерения. На диаграммах ( $A, \Pi/3$ ) все точки строго ложатся на прямую, описываемую уравнением  $\Pi/3 = k_{\Pi}A + K_{\Pi}$  (см. рис. 1; табл. 3). Поэтому относительное отклонение размеров зёрен от  $A$  практически одинаковое и отражается величиной  $k_{\Pi}$ . Составляющим отклонения в основном является параметр  $B$ , поэтому это отклонение отражает степень уплощённости зёрен, а параметр  $k_{\Pi}$  обобщает это отклонение и назван индексом уплощённости. Таким образом, для всех зёрен конкретной пробы индекс уплощённости постоянен. Наибольшее значение коэффициентов  $k_B$  и  $k_C$  равно единице.

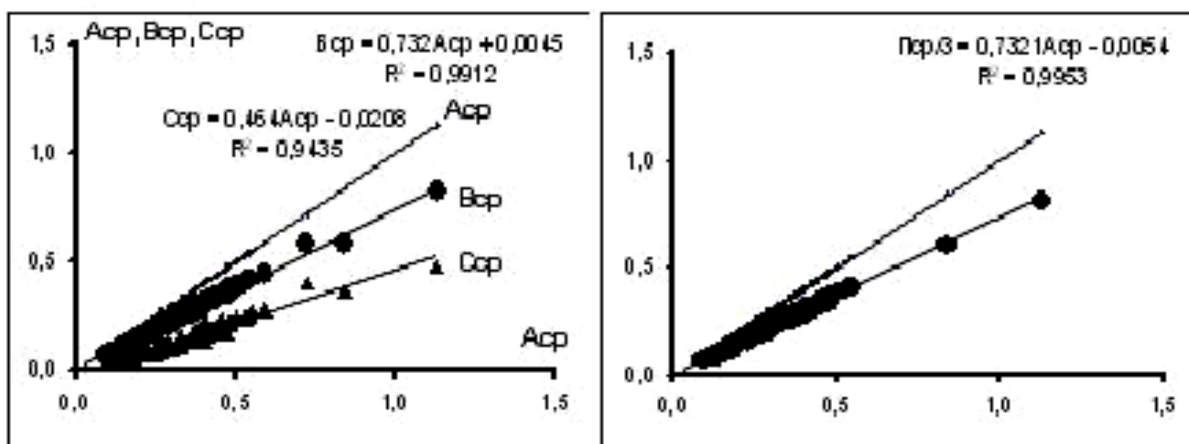


Рис. 2. Характер распределения средних значений размерных параметров по всем зернам кварца

Доказана теорема: если распределения размерных параметров описываются уравнениями  $B = k_B A + K_B$ ,  $C = k_C A + K_C$  и  $\Pi/3 = k_{\Pi} A + K_{\Pi}$ , то  $k_{\Pi} = (1 + k_B + k_C)/3$  и  $K_{\Pi} = (K_B + K_C)/3$ .

Для кварцев всех фракций по значениям параметров  $A_{cp}, B_{cp}, C_{cp}, \Pi_{cp}/3$  построены размерные диаграммы (РД) (рис. 2). На всех РД отмечаются высокие значения величины  $R^2$  и малые дисперсии распределений точек.

Между отношениями  $B/A$  и  $C/A$  во всех формах нет корреляционной связи. Однако между величинами  $n(B/A)$  и  $n(C/A)$  имеется чёткая прямая корреляционная зависимость. Средневзвешенная величина всех значений отношений описывается последовательностью  $A/A : B/A : C/A = 1 : 0,743 : 0,361$ , обуславливающей:  $A/A : B/A : C/A \approx 1 (= 5/5) : 3/4 : 1/3$  с общим членом  $[2(k-n) + 1]/(2k-n)$ ,  $k$  - длина,  $n = 1, 2, 3$  - номер члена ряда.

### *Поведение зёрен других минералов*

Измерены размерные параметры зёрен апатита, граната Gr, диопсида Dio, дистена Dis, ильменита Ilm, лейкоксена, магнетита Mt, марказита, монацита, пироксенов (черные (авгит?), зелёные (диопсид?)), рутила Rut, ставролита Stav, турмалина Tur, циркона Zr, эпидота Ept. Эти минералы можно рассматривать как компоненты «раствора», в котором кварц – «растворитель». Соотношения «растворённых» частей колеблются в широких пределах. Но если взять общую распространённость, то соотношения между фазами «растворения» отражены в табл. 4. Для сравнения приведены характеристики (г/т) распространённости аксессуариев в гранитоидах из работы [1, табл. 78]. Видно, что соответствие в распространённости минералов в россыпях и гранитоидах отсутствует. Возможно, это связано с тем, что изучались не вообще рыхлые отложения, а россыпи, т. е. рыхлые отложения, обогащённые полезным компонентом (ильменит и пр.). Для «растворённых» минералов, так же как и для кварцев, строились все зависимости. На рис. 3 приведены сводные диаграммы для всех минералов, а на рис. 4 – сводная диаграмма для кварца и всех «растворённых» минералов. Установлено, что все свойства распределения размерных параметров для этих минералов такие же, как и для кварца. Отличие чаще всего в том, что в координатах (A, B, C) прямые линии больше наклонены, иногда (циркон)  $k < 0$ .

Таблица 4

Соотношения между минералами в осадках

Минерал	Кол-во зёрен	% от суммы	Гранит по работе [1]
Дистен	43	0,420	0,69
Эпидот	174	1,700	330,6
Пироксен	250	2,442	-
Турмалин	267	2,608	17,8
Магнетит	307	2,999	2850
Ставролит	417	4,073	0,71
Циркон	472	4,611	133,7
Рутил	478	4,669	6,84
Ильменит	850	8,303	481,9
Гранат	1105	10,79	108,3
Кварц	5874	57,38	-
Всего	10237	100	-

Окатанность зёрен является следствием интенсивности проявления физического метаморфизма [2]. Результаты изучения явления отражены в табл. 5. Эти данные показывают относительно низкую степень окатанности. Наибольшее значение окатанности выявлено только у эпидота (41 %).

В литологии считается, что окатанность зависит не только от даль-

ности переноса, но и от твёрдости минерала. Полученные данные позволяют проиллюстрировать это утверждение. Рис. 5, А выявляет особенность связи твердости и окатанности: чем мягче минерал, тем лучше он окатан.

Таблица 5

Распределение минералов по величине окатанности зёрен

Минералы	НО	ПО	ОК	УО	Кол-во объектов	$J$	$J_{OK} (\%)$	$\rho$	$H$
Дистен		30		13	2	0,00	0,00	3,61	4
Магнетит	210	91	6		2	0,02	1,95	5,17	6
Пироксен	110	97	17	26	4	0,08	7,59	3,3	5,75
Гранат	500	442	62	101	4	0,07	6,18	3,7	8
Циркон	190	209	50	23	4	0,13	11,14	4,7	7,5
Кварц	2405	1747	1011	711	31	0,24	19,58	2,65	7
Ставролит	40	206	62	109	2	0,25	20,13	3,7	7,25
Турмалин	44	138	85		3	0,47	31,84	3,2	8
Ильменит	220	312	300	18	4	0,56	36,06	5	5,5
Рутил	92	169	160	57	5	0,61	38,00	4,25	6,25
Эпидот	8	95	71		3	0,69	40,80	3	6,5

Примечание.  $\rho$  – плотность минералов, г/см<sup>3</sup>;  $H$  – средняя твёрдость по Моосу;  $J_{OK}$  – индекс окатанности. Графа 6 характеризует число объектов, в которых минералы изучены, а не найдены.

(интенсивности физического метаморфизма)

На рис. 5, Б приведена зависимость окатанности зёрен от плотности минерала. Здесь выявляются две тенденции с общим, однако, свойством: чем легче минерал, тем он лучше окатан. Полученные данные позволяют выделить два этапа образования морфологических особенностей зёрен минералов. В первый, ранний, этап происходила первичная обработка зёрен с формированием общей морфологии зерна, отражённой на рис. 2, 4. Все зёрна относятся к одной типоморфной группе – группе призматиков [3]. Природа ее не ясна.

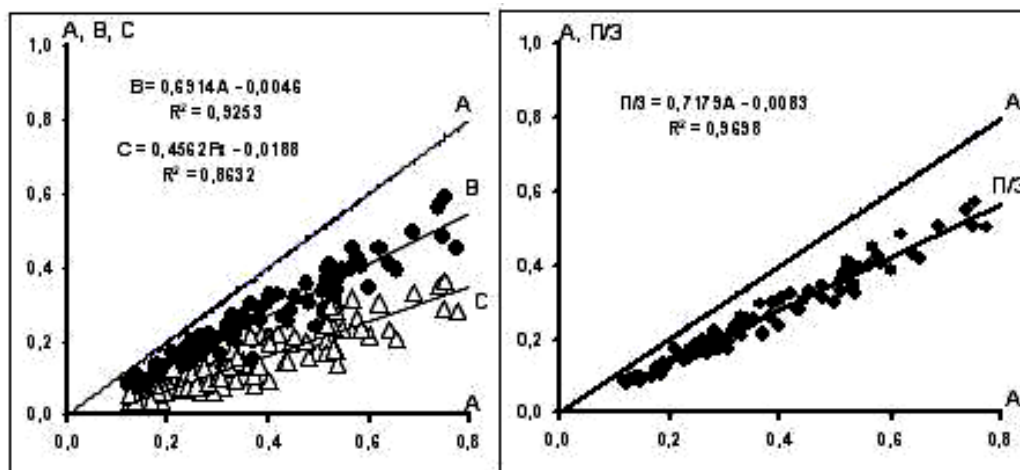


Рис. 3. Сводные диаграммы распределения размерных параметров для «растворённых» минералов

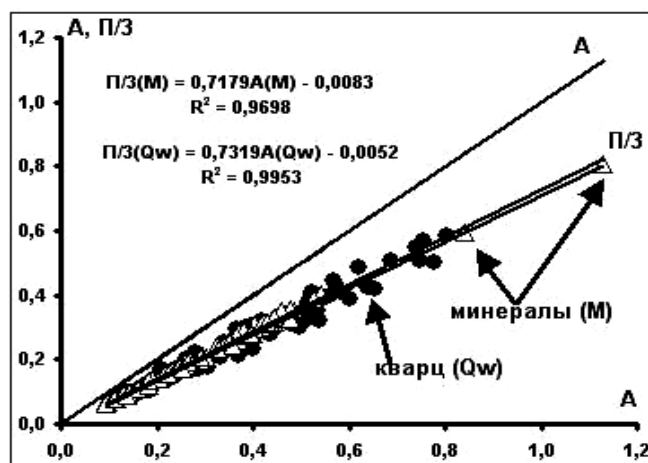


Рис. 4. Сравнительная диаграмма распределения размерных параметров для кварца и «растворённых» минералов

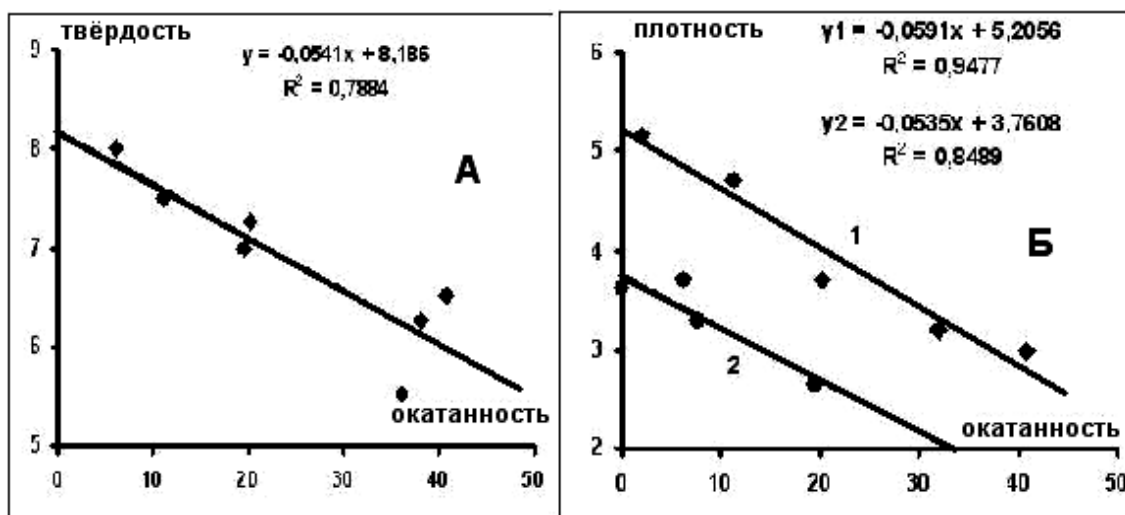


Рис. 5. Зависимость окатанности зёрен от твёрдости (А) и плотности (Б) минерала

Возможно, эти зависимости характеризуют первичный этап переноса зёрен. В этом случае вероятным механизмом является перекачивание зёрен в потоках по дну русла, или сальтация, поскольку только в этом случае возможно формирование симметрии преимущественно около одной оси. После этого зёрна, попадая в нынешнюю литодинамическую систему, приобретали современный облик, отражённый на рис. 1, 4. Поскольку изучены минералы с различными кристаллическими параметрами, то результаты исследований показывают, что эти различия не влияют на морфологию зёрен в осадках.

### Заключение

Проведённые исследования охватили большой фактический матери-

ал по распространённости зёрен широкого круга минералов в рыхлых осадочных образованиях значительных географической распространённости и временного интервала. Генетически они связаны с аллювиальными образованиями и береговыми зонами водных бассейнов. Работы показали, что все зерна, независимо от минерального состава, имеют облик призматиков [2], в которых  $A \neq B \neq C$ . Соотношения вида  $A = B = C$  крайне редки. Эти выводы были сделаны ещё в работе [4]. Здесь они получили дополнительное подтверждение. Это позволяет говорить о наличии закона в формировании морфологии зерна. Отсюда же следуют и определённые практические следствия.

1. Фактическое отсутствие изометричности позволяет судить о неприемлемости использования ситового анализа для гранулометрической характеристики зёрен. Рассчитанный на изометрическую форму зёрен анализ даёт неверные, искажённые соотношения между гранулометрическими классами зёрен.

2. Эти данные свидетельствуют о значительной анизотропии строения горизонтов (слоёв) рыхлых осадочных образований и возможности использования для ее изучения геофизических методов. Для россыпей с магнитными минералами это может быть микромагнитная, а для россыпей с тяжёлыми минералами (золото и др.) – микрогравиметрическая съёмка. Для осадков с нормальными по плотности минералами могут использоваться различные электрические методы с малым (первые метры, а то и десятки сантиметров) шагом измерения.

### Библиографический список

1. **Ляхович В. В.** Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза. М.: Наука, 1967. 447 с.
2. **Макаров В. П.** Вопросы теоретической геологии. 4. К определению понятия «обломочные породы» // Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития. `2007». Т. 16. Одесса: Черноморье, 2007. С. 20-27.
3. **Макаров В. П.** Вопросы теоретической геологии. 5. О форме зёрен в аллювиальных отложениях // Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития. `2007». Т. 16. Одесса: Черноморье, 2007. С. 28-38.
4. **Сурков А. В.** Методика грануло-минералогического анализа при изучении обломочных пород // Изв. вузов. Геология и разведка. 1993. № 3. С. 36-43.

УДК 551.3.051 (552.14)

**М. И. Тучкова, И. М. Симанович**  
Геологический институт РАН

## **КЛАССИФИКАЦИИ ПЕСЧАНИКОВ И ТИПЫ ПОЛИМИКТОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД**

### **Анализ классификаций**

На протяжении многих лет существования петрографического метода изучения осадочных пород перед исследователями, в первую очередь, встают вопросы об их составе, происхождении и классификации. Существует много классификационных диаграмм, охватывающих разные типы песчаных пород. Многочисленные диаграммы позволяют проследить эволюцию состава пород в процессе становления и развития осадочного бассейна, реконструировать палеоклиматические обстановки, выявить петрографический состав песчаников и набор минеральных компонентов, характеризующих источники сноса, поэтому большинство из перечисленных диаграмм и коэффициентов успешно используются при региональных исследованиях.

В настоящее время разработаны минералого-петрографические, геохимические и другие диаграммы, позволяющие проследить взаимосвязи между составом терригенных осадков и тектонической обстановкой областей питания и седиментации. Каждая из многочисленных предлагаемых в литературе классификаций была основана на некоем геологическом материале, который был положен в ее основу. Поэтому при использовании той или иной классификации исследователю необходимо учитывать ограничение любой классификации, к тому же большое значение имеют традиции применения той или иной классификации песчаников. Большой и детальный обзор многочисленных диаграмм и коэффициентов, применяемых при изучении осадочных пород, и их использование при характеристике различных осадочных толщ содержатся в опубликованном недавно учебном пособии А. В. Маслова «Осадочные породы» [2], а также в сборнике статей *Geochemistry of sediments...* [12]. В настоящем обзоре показаны основные характеристики многочисленных и разнообразных классификаций и границы их применения.

Вещественный состав терригенных пород, и в первую очередь песчано-алевритовых, заключающих в себе максимум информации об областях питания, является одной из важных характеристик осадочного материала. В нём фиксируются данные об усредненном составе питающих провинций геологического прошлого и об особенностях строения и истории развития изучаемой области. К этому необходимо добавить, что песчаники являются одной из наиболее часто встречаемых составляющих осадочных

толщ. Их присутствие отмечается практически во всех фациях океанических и континентальных бассейнов, и они слагают значительную часть современных складчатых областей. Состав компонентов песчаников указывает тип источников сноса, поставивших материал в осадочный бассейн, а их смена во времени – историю развития изучаемой территории (Гроссгейм, 1961; Коссовская, 1961; Логвиненко, 1980; Малиновский, 1987; Маркевич и др., 2000; Мизенс, 2002; Шванов, 1992; Шутов, 1975; Граувакки, 1972 и мн.др.). Кроме того, петрографический контроль состава песчаников позволяет уточнить фациальные условия их накопления [1, 5, 9].

Из множества диаграмм наиболее популярной является треугольная диаграмма, в вершинах которой присутствуют кварц – полевые шпаты – обломки пород (Q–F–L). Анализ главных породообразующих обломочных компонентов, слагающих песчаные породы, основан на данных визуального подсчета минерального состава. Полученные данные пересчитываются на 100 % и отображаются на классификационной диаграмме, которая позволяет представить типизацию компонентов, слагающих песчаники. Эти минералогические классификации весьма разнообразны, но их можно объединить в два типа: классификационные диаграммы и генетические диаграммы.

**Первый тип** – диаграммы, в которых можно классифицировать песчаники по составу, то есть давать им название и связывать их происхождение с составом обломочной части. Для характеристики разнообразных типов песчаников используют большое количество названий. Одни из них созданы специально для систематики определенного песчаника, например, «железистый песчаник», «глауконитовый песчаник» – выражают специфические особенности породы, но не несут данных о его систематике.

Другие имеют петрографическое значение, например аркозы и граувакки. К этому типу диаграмм относятся диаграммы Крынина, (1940), Коссовской (1961), Фолка (1968), Шванова [7], Шутова [8], Петтиджона [3, 4, 14] и других. В современной геологической литературе для российских публикаций типично использование диаграмм В. Д. Шутова [8] или В. Н. Шванова [7] (рис. 1). В англоязычных публикациях наиболее часто используется диаграмма Петтиджона и Дотта [10, 14], а также классификация Фолка [11] и Ван Анделла (1958).

При необходимости детализации исследований все три угла классификационной диаграммы можно «развернуть» на дочерние треугольники, чтобы детализировать полюсной состав компонентов. Состав типов кварца можно определить по разным методикам: Фолка, Коссовской, Леммлейна, Симановича и др., с помощью которых устанавливаются слагающие песчаник генетические типы кварцевых зерен. Например, в методике И. М. Симановича (1978) устанавливаются: кварц метаморфических пород, кварц древних гранитоидов, кварц молодых гранитоидов, кварц жильный и вулканогенный. Преобладание одного типа кварца указывает на размыв опре-



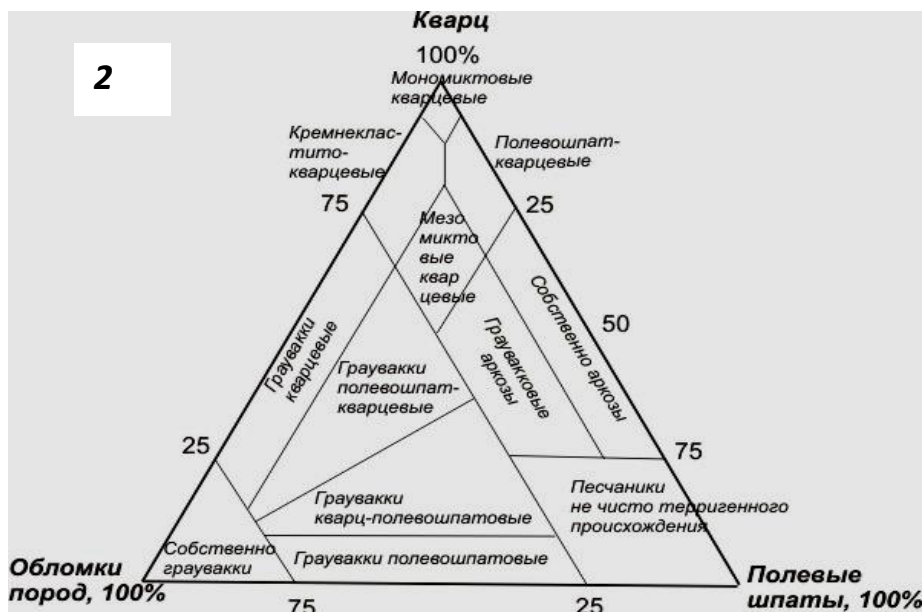
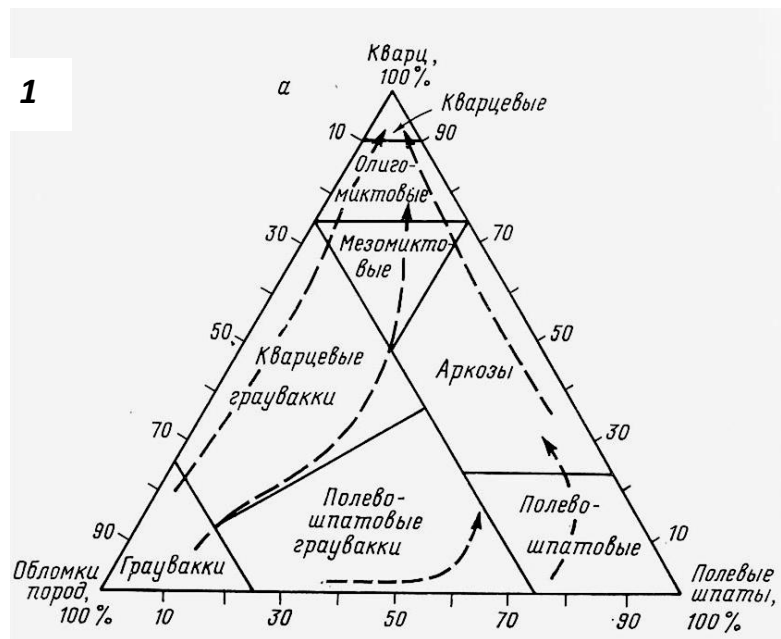


Рис.1. Классификация терригенных песчаников:

1 – диаграмма В. Н. Шванова (Шванов, 1987); 2 – диаграмма В. Д. Шутова (Шутов, 1967, 1972)

деленного типа пород в составе питающей провинции, двуимодальное распределение указывает на смесь разных типов размываемых пород. Также можно «развернуть» и другие углы классификационной диаграммы – на дочерние треугольники полевых шпатов и обломков пород. Как указывал В. Д. Шутов, характерным признаком полевых шпатов как индикатора материнских образований является их дифференцированный состав, в котором должен преобладать тот или иной тип полевого шпата. Для уточнения типов обломков пород необходимо концентрировать внимание на главных группах горных пород – осадочных, метаморфических, изверженных. Для

англоязычной литературы распространена диаграмма Ls–Lm–Lv, в которой Ls обозначает сумму типов осадочных обломков пород, Lm – метаморфических, Lv – вулканических. Естественно, исходя из конкретного состава обломков пород, возможны модификации дочерних диаграмм.

Существует еще один «подтип» классификационных диаграмм, в которых учитывается четвертый параметр – содержание матрикса. Зарубежные исследователи [3, 10, 11, 13, 14] обосновали четырехкомпонентную классификационную систему: кварц – полевые шпаты – обломки пород – матрикс (рис. 2), понимая под матриксом тонкозернистую (< 30 мкм) составляющую песчаных пород. По данным Ф. Петтиджона и Р. Дотта, пески и песчаники, содержащие более 15 % матрикса (в том числе и глинистых минералов), считаются вакками, т. е. глинисто-алевритистыми песчаниками. Наиболее типичными представителями вакк являются граувакки. Как показано в многочисленных публикациях, граувакки часто генетически связаны с мутьевыми потоками, т. е. являются турбидитами. При содержании матрикса менее 15 % порода является «обычным» песчаником и носит названия: «кварцевые арениты», «аркозы», «лититовые песчаники» (лититовые арениты).

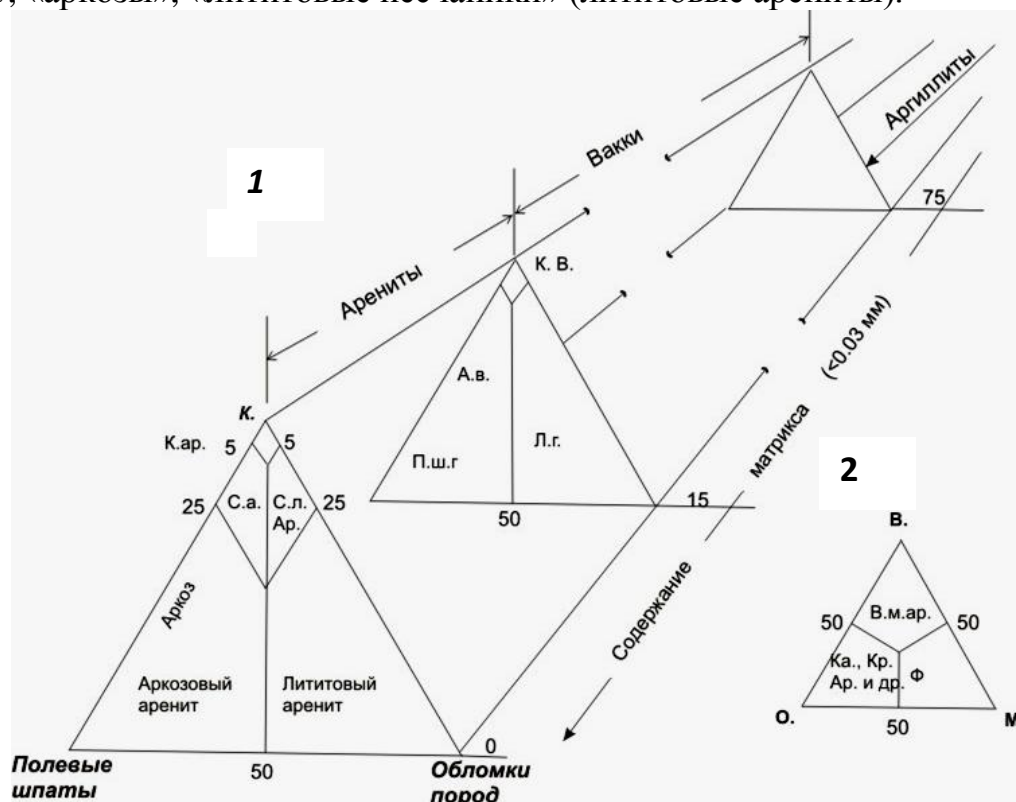


Рис. 2. Классификация терригенных песчаников, диаграмма Р. Дотта [36], с изменениями Ф. Петтиджона [14]:

1 – треугольная классификационная диаграмма, в которой обозначены: К. – кварц, С.а. – субаркоз, К.ар.- кварцевый аренит, С.л.ар. – sublitharenite, К.в. – кварцевая вакка, П.ш.г. – полевошпатовая граувакка, Л.г. – лититовая граувакка;

2 – подразделение лититовых аренитов по Фолку: О. – осадочные, В. – вулканические, М. – метаморфические, В.м.ар. – вулканомиктовый аренит, Ф. – филларенит, Ка. – кальклитит, Кр.ар. – кремниевый аренит

По мнению Ф. Петтиджона [14], обломочный матрикс отражает текучесть в обстановке переноса и тесно связан с механизмом турбидитовых потоков из плотных глинистых суспензий. Этот термин с трудом приживается в отечественных литологических публикациях: исследователи предпочитают термин «глинистый цемент». А в некоторых классификациях глинистый цемент практически полностью исключен из рассмотрения классификации петрографических типов песчаников (Коссовская, 1961; Шутов, 1967; Рухин, 1969). Однако, если принять, как рекомендуют Ф. Петтиджон и др. [3], верхний предел размерности частиц в матриксе 30 мкм (что кажется разумным, так как в мутьевых потоках транспортируются не только тонкоотмученные глинистые минералы, но и мельчайшие класты каркасных минералов и обломков пород), становится очевидным, что термином «глинистый цемент» невозможно корректно описать заполнение пор в вакках, в первую очередь в граувакках (рис. 3). Опытные микроскописты-практики без труда различают плохо сортированные и промытые песчаники, богатые матриксом, от хорошо сортированных и промытых песчаных пород, почти не содержащих обломочный матрикс.

Обломочный глинисто-алевритовый матрикс отлагается не только в турбидитах. В разрезах осадочных бассейнов активных окраин континентов содержащие матрикс граувакки характерны также для пролювиальных конусов выноса, речных дельт и пляжевых отложений. К сожалению, на практике не всегда удается различать истинный матрикс – первичную взвесь, транспортировавшуюся мутьевыми потоками, и псевдоматрикс, образующийся в песчаных породах, за счет раздавливания и деформации в песчаных породах, в процессах диагенеза и катагенеза, глинистых и глинисто-алевритовых обломках, приносимых водными потоками в конечный бассейн осадконакопления. Речные системы дренируют на водосборах глинистые породы различной степени литификации – от размокающих глинистых сланцев до филлитов. Если первые легко разрушаются уже в диагенезе и в шлифах почти неотличимы от истинного матрикса, то сильно измененные обломки обычно сохраняют внутреннюю мелкозернистую структуру, хотя и деформируются в процессе литогенеза. Матрикс также может замещаться химически осажденным карбонатным цементом; тонкозернистые (глинистые) компоненты матрикса в результате катагенетических процессов часто замещаются хлоритом, иногда крустификационным, и цеолитами.

Второй тип диаграмм – генетические диаграммы, в которых на основании состава породобразующих компонентов делается попытка восстановления палеообстановок осадконакопления или типов источника сноса. Этот тип классификаций представлен диаграммами Диккинсона, 1978, Диккинсона и Сузека, 1979; Диккинсона и Валлони, 1980; Мэйнардом и Валлони, 1982 и др. В отечественной геологической литературе к такому типу диаграмм относится диаграмма В. Н. Шванова [6], в которой сделана попытка выявить общие закономерности распространения типов песчаников в

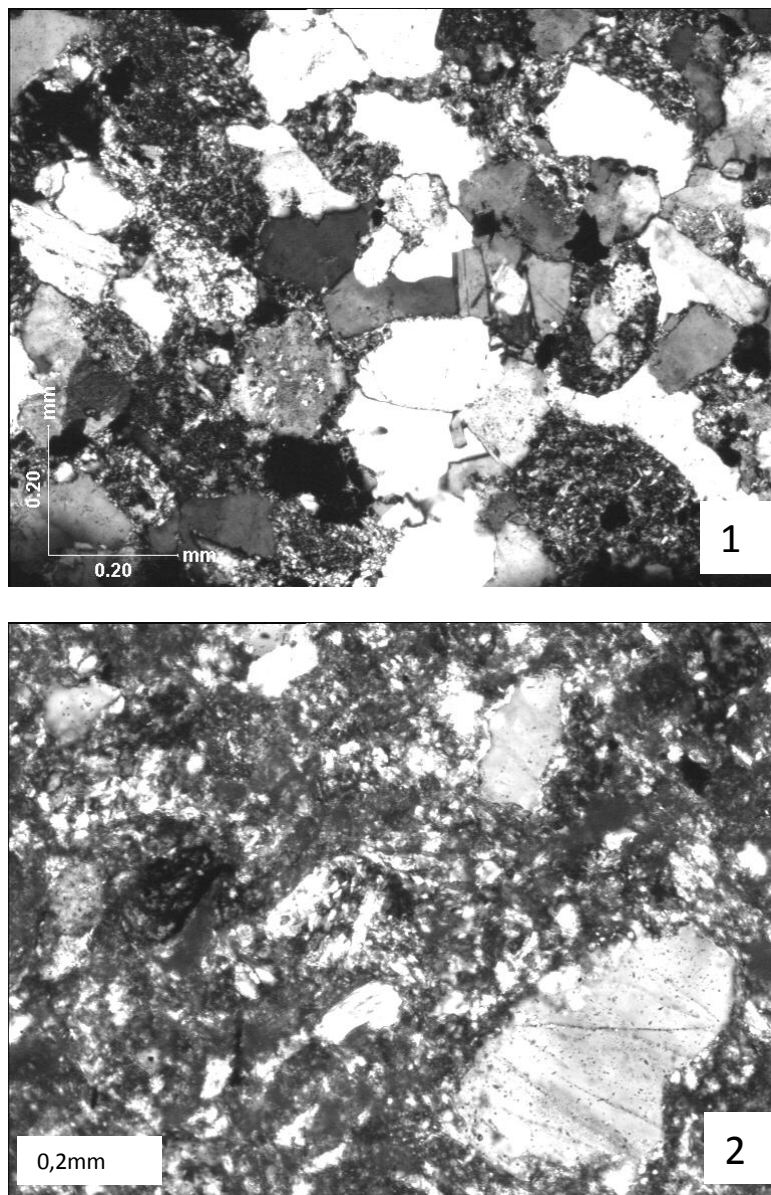


Рис. 3. Микрофотографии типовых песчаных пород:

1 – лититовый аренит из осадочных комплексов средней юры, р. Аварское Койсу, Дагестан. Порода состоит из кварца и обломков горных пород, которые, будучи представлены неустойчивыми глинистыми сланцами и алевролитами, образуют конформные структуры; 2 – типичная граувакка с содержанием матрикса более 15 %. Порода состоит из плохосортированной смеси обломков песчаной размерности разной степени окатанности, погруженных в тонкозернистый матрикс. Песчаник из осадочных комплексов нижнего-среднего триаса, р. Энмынвеем, Западная Чукотка

определенных геотектонических обстановках. К сожалению, геотектонические обстановки в этой публикации понимаются с позиций геосинклинальной теории, поэтому её применение составляет определенные трудности. Положительным моментом в этой публикации является то, что для установления геодинамической природы песчаных пород в ней декларируется под-

ход, основанный на анализе ассоциаций песчаников с другими породами. Действительно, использование исключительно петрографических составов песчаников для палеорекоконструкций какого-либо ранга явно недостаточно, о чем свидетельствует применение других методов исследования.

Уточнение комплексов размываемых пород производится при помощи анализа минералов тяжелой фракции, которые являются индикаторами петрографического типа пород, содержащихся в песчаниках. Как и для петрографических типов песчаников, для минералов тяжелой фракции также существуют классификационные диаграммы. Например, известны и широко используются диаграммы В. П. Нечаева (1993), в которых на большом фактическом материале по современным осадкам минералы тяжелой фракции сгруппированы в подгруппы минералов-индикаторов определенных комплексов пород – магматических, гранитно-метаморфических, метаморфических. При этом важное значение имеет химический состав минералов тяжелой фракции, таких как пироксены, амфиболы, хромиты, магнетит и др. Соотношение химических элементов в перечисленных обломочных минералах позволяет определять породы источников, откуда они могли поступать.

Для большей достоверности установления типов размываемых источников сноса, минералогической зрелости пород и их типизации используется изучение химического состава песчаника. Соотношение определенных окислов в химическом составе песчаников позволяет устанавливать тип песчаников или вообще тип осадочной породы. Известны и широко применяются петрохимические классификации, в которых определяется первичный состав сильно измененных пород, устанавливаются особенности химического состава осадков по соотношению разнообразных окислов и принадлежность песчаников к определенным петрографическим типам.

Другой ряд петрохимических диаграмм на основании соотношения окислов в составе терригенных пород позволяет определить тектонические обстановки осадконакопления. К ним относятся петрохимические двумерные диаграммы или треугольные диаграммы соотношений редких и рассеянных элементов или соотношение отдельных элементов, которые могут указывать на тектонические обстановки осадконакопления в бассейне (Bhatia, 1983). Не менее известна диаграмма реконструкции палеоклиматических обстановок и другие геохимические индексы (CIA, CIW, ICW) (Nesbitt, Young, 1989), которые отражают палеоклиматические обстановки в период накопления осадочных толщ, степень зрелости поступающей в область седиментации тонкой алюмосиликокластики, степень выветрелости пород источника.

Таким образом, обзор существующих классификаций песчаников позволяет сделать следующие выводы:

- Проведение каких-либо палеорекоконструкций на основании анализа одного петрографического состава песчаников неоднозначно, и при регио-

нальных исследованиях необходимо привлечение других данных для корректных выводов.

- Изучение песчаных пород, которое помимо классификации типов песчаников предполагает, прежде всего, установление их генезиса, процентное содержание и качественный состав матрикса, необходимо учитывать по следующим причинам:

1. Типичные граувакки по гранулометрическому составу одномодальны, т. е. наблюдается постепенный переход в пределах образца (пласта) от грубых зерен к самой тонкодисперсной фракции [3], т. е. тонкозернистая составляющая граувакк отражает общий минеральный и химический состав пород.

2. Невозможно использовать валовые химические анализы на петрогенные и малые элементы для сравнения с модальным составом пород, если из рассмотрения исключен матрикс и учитываются только обломочные компоненты.

3. Аутигенез (синтез вторичных минералов) в граувакках происходит в основном за счет вещества матрикса.

### **Литогеодинамические комплексы и типы полимиктовых песчаных пород**

Влияние тектонического режима на состав песчаных пород, накапливающихся в осадочном бассейне, признается всеми авторами классификаций песчаников. В то же время совершенно очевидным является то, что в одной геодинамической обстановке возможно сосуществование нескольких групп песчаников, и только в некоторых обстановках может существовать одна индикаторная группа песчаников [6]. Вообще решение проблемы взаимосвязей состава песчаников с геодинамическими обстановками формирования осадков имеет большой интерес для палеореконструкций, в частности, для палеогеографии. Но эта проблема не может быть решена только при использовании анализа распространения петрографических типов песчаников.

Тем не менее на протяжении всей истории петрографии осадочных пород делались попытки корреляции состава песчаников с обстановками их накопления. Анализ всех этих работ приводит к заключению, что основные процессы, ведущие к формированию песчаников определенного состава, обусловлены следующими факторами: климатической зональностью, расчлененностью рельефа в области питающей провинции и области осадконакопления, длительностью переноса осадков, фациальной зональностью, влиянием вулканических процессов и другими. То есть свойства песчаных осадков формируются под воздействием целого комплекса признаков и зависят от соотношения интенсивности этих процессов. Тем не

менее можно подвести итог под основными закономерностями размещения песчаников в геодинамических обстановках.

Типичные граувакки слагают песчаные формации складчатых поясов, образовавшихся за счет орогенеза и деформации терригенных и терригенно-вулканогенных комплексов в осадочных бассейнах активных окраин континентов (эвгеосинклинальных поясов, в старой интерпретации). По данным Ф. Петтиджона и др. [3], граувакки представляют собой удивительно однородную по химическому составу группу песчаных пород. Общий химический состав их во всем мире очень похож, независимо от возраста отложений, возрастной диапазон очень широк – от раннего докембрия до третичного периода, они составляют пятую или даже четвертую часть песчаных пород осадочной оболочки.

Лититовые арениты (или субграувакки, по ранней классификации Ф. Петтиджона [14]), характерны для осадочных бассейнов шельфовых зон пассивных окраин континентов и складчатых поясов, возникших в результате орогенеза и деформации терригенных комплексов этих осадочных бассейнов. Большинство песчаников, связанных с угленосными отложениями, также представлены лититовыми аренитами. Вообще лититовые арениты весьма широко распространены и составляют не менее 20-25 % всего объема песчаников.

Континентальное подножье пассивных окраин континентов нередко сложено мощной (до 15 км) толщей осадков (например, на Североамериканской окраине), в составе которых значительную роль играют турбидиты, являющиеся продуктами отложения из мутьевых потоков и представленные типичными граувакками. Подобные мощные толщи турбидитов накапливаются в конусах выноса громадных рек – Ганга и Брахмапутры (Бенгальский залив), Нила (Средиземное море) и т. д.

Песчаные породы, заполняющие осадочные бассейны активных окраин континентов, как правило, представлены граувакками. Осадочные бассейны преддуговых прогибов заполняются осадками, сносимыми с вулканической дуги, и в меньшей мере – с невулканической дуги. В осадочных бассейнах задуговых (окраинных) морей также происходит отложение осадков, содержащих граувакки. При этом на склоне, обращенном к вулканической дуге, накапливаются осадки с градационной, турбидитовой текстурой (граувакки), обогащенные обломками вулканических пород и пирокластикой. На склоне, обращенном к континенту, формируются конуса выноса, и в составе флиша существенную роль играют граувакки, обогащенные кварцем.

Аренит – этот термин применяется в зарубежной геологической и литологической литературе для обозначения отмытых от матрикса песчаных пород любого состава (менее 15 % матрикса, агена – песок). Термин «аренит» не прижился в отечественной геологической литературе, тем не менее применение его на практике, с учетом принятой нами за основу че-

тырекомпонентной классификации песчаных пород, представляется целесообразным. Поясним на примере.

По составу обломочной части (каркасообразующих компонентов) лититовые арениты и граувакки (содержащие более 10-15 % матрикса) могут быть совершенно идентичными или различаться, в зависимости от источников сноса. Однако первые (лититовые арениты) характерны для шельфовых зон осадочных бассейнов пассивных окраин континентов (например, юра Сев. Кавказа), где в условиях накопления осадков дельт происходила глубокая гранулометрическая дифференциация привносимого реками терригенного материала (Симанович и др., 2004; Гаврилов, 2005). Граувакки (содержащие более 10-15 % матрикса), напротив, типичны для складчато-покровных областей, возникших за счет деформации осадочных бассейнов активных окраин континентов.

Таким образом, несмотря на некоторые технические сложности, возникающие при диагностике этих двух петрографически близких групп песчаных пород, следует четко различать типичные граувакки («эвгеосинклинальные») и лититовые арениты (субграувакки), характерные для совсем иных типов осадочных бассейнов. Как уже сказано выше, состав кластогенных минералов и обломков пород, зависящий от пород, размывающихся в питающих провинциях, соответствует полям, выделенным на классификационных треугольниках В. Д. Шутова и В. Н. Шванова, поэтому эти диаграммы могут с успехом использоваться при изучении как типичных граувакк, так и лититовых аренитов (субграувакк).

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на кажущуюся генетическую близость рассмотренных двух крупных семейств песчаных пород – граувакк и лититовых аренитов (субграувакк), они существенно различаются на уровне формаций (и даже надформаций), формируются в различных по геодинамическим условиям бассейнах осадконакопления и слагают крупные участки осадочной оболочки Земли. Поэтому, изучая песчаные комплексы, необходимо проводить специальные исследования, направленные на выявление формационной принадлежности исследуемых объектов.

### **Библиографический список**

1. **Канский Н. Е., Логвиненко А. Н.** К методике диагностики баровых песчаников в карбоне Днепровско-Донецкой впадины//Доклады АН СССР. 1982. Т. 265, № 1. С.167-169.
2. **Маслов А. В.** Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2005. 289 с.
3. **Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 534 с.



4. **Петтиджон Ф. Дж.** Осадочные породы / Ред. И. М. Симанович. М.: Недра. 1981. 751 с.
5. **Шванов В. Н.** О ритмичном изменении минерального состава обломочных пород в разрезе неогена Таджикской депрессии // Литол. и полезн. ископ. 1964. № 6.
6. **Шванов В. Н.** Общие закономерности распространения петрографических групп песчаных пород в структурно-тектонических элементах континентов и океанов // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1998. Т. 73. Вып. 2. С. 34-42.
7. **Шванов В. Н.** Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 269 с.
8. **Шутов В. Д.** Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86-103.
9. **Щербаков Э. С.** Использование минералогической информации в фациальном анализе // Проблемы генетической информации в минералогии. Сыктывкар, 1976. 144 с.
10. **Dott R. L.** Wacke, graywacke and matrix - What approach to immature sandstone classification? // Journ. Sed. Petrology. 1964. 34. p. 625-632.
11. **Folk R. L.** Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas, 1968. 170 p.
12. **Geochemistry of sediments and sedimentary rocks: evolutionary consideration to mineral deposit-forming environments/** Ed. By D. Lentz. Geol. Ass. of Canada, 180 p., 2003.
13. **Krynine P. D.** Petrology and genesis of the Third Bradford Sand, Pennsylvania State // College Bull., 29, 1940. 134 p.
14. **Pettijohn F. J.** Sedimentary rocks. New York, Harper. 1957. 718 p.

УДК 552.14:552.578(26)

**М. В. Платонов, М. А. Тугарова**  
Санкт-Петербургский государственный университет

## **ТЕКСТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЕСЧАНИКОВ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ФАЦИАЛЬНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ**

*Посвящается Валентину Николаевичу Шванову*

Валентин Николаевич был ученым-литологом и преподавателем с большой буквы, проработавшим всю свою жизнь на геологическом фа-

культете Санкт-Петербургского государственного университета и долгое время возглавлявшим кафедру литологии и морской геологии. Научные и преподавательские заслуги его всем известны. Как профессор и заведующий он был хорошим учителем и авторитетным руководителем. Его учебники и книги, посвященные песчаным породам и строению осадочных толщ, до сих пор являются настольными для студентов, преподавателей и специалистов.

Научный подход и мировоззрение, выработанные им за свою исследовательскую и преподавательскую жизнь, являются настолько влиятельными, значимыми и объективными, что можно говорить если и не о научной школе, то о преемственности его идей и применении его научных принципов в исследованиях осадочных толщ и преподавании литологии в широком смысле этого слова.

Особое внимание Валентин Николаевич уделял методике и порядку полевого изучения осадочных объектов, справедливо считая, что именно в это время закладывается фундамент научного построения, основанного на скрупулезном изучении геологических объектов. В целях обучения студентов-литологов и пропагандирования своих взглядов на исследование осадочных разрезов среди молодых преподавателей Валентин Николаевич составил схему полного литолого-формационного описания осадочных толщ, в которой раскрыл последовательность изучения толщ и наметил конкретные виды работ, необходимые к выполнению в поле. Эта схема подразумевает построение четырех моделей в рамках системного подхода, с которым он был хорошо знаком – статической, основанной на эмпирическом материале, ретроспективной физико-географической, ретроспективной тектонической и геохронологической и биоэкологической.

Валентин Николаевич обладал необыкновенным чутьем, позволяющим ему увидеть научную проблематику в объектах, казалось бы, незначительных и давно изученных. Так, в середине 90-х годов стало понятно, что многокилометровые осадочные толщи Средней Азии, которые долгое время изучал он сам и большой коллектив преподавателей и студентов СПбГУ, не будут, как раньше, доступны широкому кругу российских геологов, а главное, студентам. Валентин Николаевич с энтузиазмом выступил инициатором изучения классического геологического объекта Ленинградской области – песчаников саблинской свиты среднего кембрия и одновременного обучения на этом объекте студентов-литологов.

Парадокс заключался в небольшой мощности платформенных песчаников саблинской свиты (10-13 м) и расположении основных выходов толщи в районе полигона учебной практики 1-го курса геологического факультета СПбГУ в долине реки Тосны, который существует с довоенных лет. Каждый год сотня студентов и преподавателей «ползает» по обнажениям, открывая все новые и новые особенности строения свиты. За многие годы по осадочным породам полигона написано десятки руководств к практике,

методических пособий и научных статей, в том числе и фундаментальная научная работа Л. Б. Рухина конца 1930-х годов [3], который был к тому же учителем Валентина Николаевича. Казалось, при такой доступности и изученности объекта новые исследования будут лишь повторением.

Преодолев скепсис коллег, Валентин Николаевич приступил к идейному руководству проектом, главным постулатом которого являлось детальное полевое литолого-формационное изучение разреза. В итоге были обнаружены новые закономерности в строении песчаников свиты, в том числе формационном, и механизмы их образования. К сожалению, будучи инициатором работы, которая послужила толчком к исследованию всего объема терригенной кембро-ордовикской толщи Ленинградской области, Валентин Николаевич не увидел ее завершения.

Ниже приводятся данные о текстурах песчаников саблинской свиты, первые знания о которых один из авторов получил от Валентина Николаевича именно на учебной полевой практике первого курса.

Песчаные породы саблинской свиты среднего кембрия Ленинградской области в долинах рек Тосны и Лавы обладают интересными и важными для понимания формирования толщи текстурами. Основные из них являются седиментационными – это различные типы слойчатости и знаки ряби, располагающиеся на кровле пласта. Из постседиментационных или вторичных можно отметить лишь кольца Лизеганга, образование которых связано с перераспределением окраски песков и песчаников.

Слойчатые текстуры характерны почти для всего разреза изучаемой толщи. Как правило, они хорошо видны в естественных выходах пород на их выветрелых поверхностях, что позволяет детально изучить особенности текстурного строения. При исследовании текстур основное внимание уделялось форме и пространственному расположению слоевых швов и слойков внутри слойчатых серий при возможности в двух перпендикулярных сечениях, протяженности и мощности серий, производились замеры азимутов и углов падения слойков.

Знаки ряби встречаются гораздо реже и достоверно определяются лишь в сечениях, перпендикулярных удлинению валиков. Но, благодаря слабой сцементированности песчаников, в ряде случаев удается, произведя небольшие раскопки, открыть поверхность, осложненную текстурными знаками, и в полной мере изучить морфологические элементы скульптурных форм.

Терминология и классифицирование слойчатых текстур и знаков ряби в данной работе даются по классификации В. Н. Шванова [4].

Текстурные особенности саблинской свиты целесообразно рассматривать по подразделениям, так как каждому из них свойственны определенные виды слойчатости и ее численных характеристик.

Нижняя подсвита.

*Пачка А* ( $C_2 sb_1A$ ) максимальной мощностью 2,5 м характеризуется наиболее простым и понятным типом слойчатости – это плоскостная

(слоевые швы являются плоскостями) горизонтальная слойчатость с параллельным и горизонтальным расположением слоевых швов и слойков. Часто слойки имеют слабоволнистую форму, связанную с появлением мелких знаков ряби. Мощность серий составляет от 7 до 32 см. Площадь распространения серий предполагается довольно большой и ограничивается, видимо, пределами локальной области седиментации. Поэтому в данном случае слойчатые серии соответствуют слоям и разделены поверхностями напластования, которые подчеркнуты прослоями глин мощностью до 0,5-1 см. Кроме того, в отдельных слоях наблюдается переслаивание песчаного и алевро-глинистого материала, в текстурном плане схожего со слоистостью ленточного типа.

Горизонтальная и тонкая «ленточная» слоистость, а также постоянное присутствие прослоев глин указывает на образование нижней части саблинских песков в спокойных гидродинамических условиях в результате постепенного осаждения из взвеси обломочных частиц. Тонкое переслаивание связано, видимо, с периодичностью поступления терригенного материала. Причиной этого могло являться изменение силы течений, направленных от берега, или волновая деятельность, взмучивающая осадки прибрежной зоны с различной интенсивностью от шторма к шторму.

О глубокowodности бассейна можно сказать лишь то, что данные осадки образовывались ниже глубины проникновения самых сильных волн.

*Пачка В* ( $\epsilon_2 sb_1B$ ) мощностью около 1 м является переходной как по положению в разрезе (постепенные границы с пачками *A* и *C*) и строению (отсутствуют прослои глин), так и по текстурам. Как и в нижележащей пачке, здесь преобладает плоскостная горизонтальная слойчатость, но местами появляются серии с пологонаклонной косо́й слойчатостью.

*Пачка С* ( $\epsilon_2 sb_1C$ ) максимальной мощностью 10-11 м состоит из слоев, отделенных друг от друга поверхностями напластования, которые часто подчеркнуты прослоями глин. Мощность слоев составляет 10-30 см. При этом каждый из них является либо самостоятельной косо́й серией, либо состоит из нескольких более мелких серий.

Виды изученных здесь текстур были интерпретированы как плоскостная параллельная разнонаправленная косо́я слойчатость, преобладающая в разрезе, и плоскостная перекрестная. Под интерпретацией понимается построение трехмерных моделей косослойчатых текстур или, другими словами, определение рисунка слойчатости в двух взаимно перпендикулярных сечениях, в нашем случае, в направлении, параллельном и перпендикулярном осадкообразующему потоку (рис. 1).

Общим для двух выделенных видов является то, что границы косо́х серий в пространстве представляют собой ровные или слабоволнистые плоскости, а падение слойков от серии к серии направлено в разные стороны. Форма слойков вогнутая, выполаживающаяся к подошве серий и при-

мыкающая к кровле. Углы падения слойков изменяются от 2-3° до 20°, в среднем составляя 10-15°.

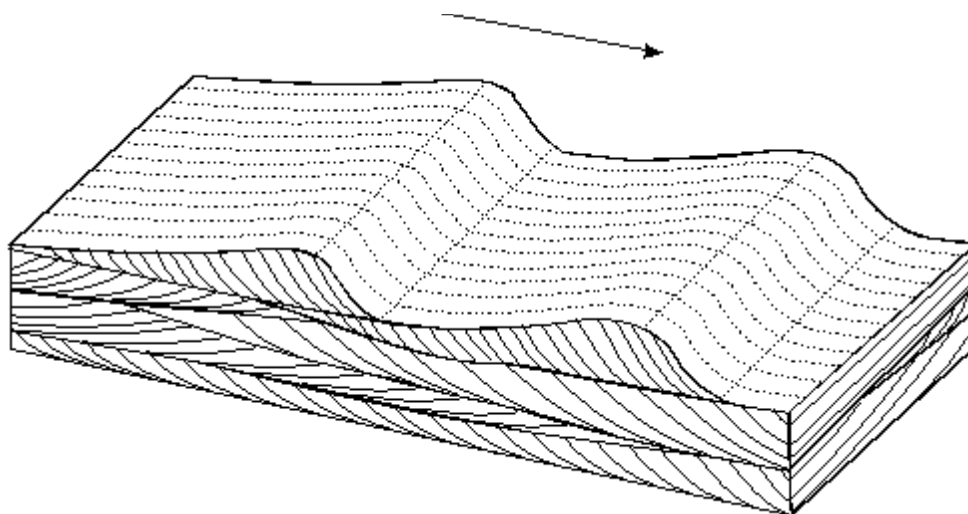


Рис. 1. Косая слойчатость песчаников пачки С саблинской свиты и динамические формы рельефа, ее определяющие

Отличия связаны с положением слоевых швов относительно горизонтали и размерами серий. У параллельной слойчатости серийные швы горизонтальны или слабонаклонны, а мощность серий составляет 10-30 см, длина – 2-3 м, иногда до 10 м. У перекрестной швы всегда наклонены под углом 5-10°, как правило, в направлении падения слойков, мощность и длина серий меньше и составляет 5-15 см и 1-1,5 м соответственно.

Необходимо отметить еще одну особенность проявления косой слойчатости. Часто в состав косых серий входят глинистые слойки. В этом случае в песчаных слойках слойчатая текстура практически неразличима и маркируется лишь глинистым материалом. Данная особенность связана, как правило, с косой перекрестной слойчатостью.

Азимуты падения косых слойков по результатам многочисленных замеров для пород, вскрывающихся в долинах рек Тосны и Лавы, имеют в общем случае два диаметрально противоположных направления: север-северо-запад и юг-юго-восток (рис. 2).

Полученные данные позволяют определить генетический тип текстур. Прямолинейность и, как правило, параллельность серийных швов, форма слойков, рисунок слойчатости в перпендикулярных сечениях, узкие лучи роз-диаграмм определённо указывают на образование данных видов слойчатости в результате перемещения прямолинейных поперечных песчаных гряд (см. рис. 1). При этом горизонтальные слоевые швы свидетельствуют о равновесном перемещении грядовых форм рельефа по неэродированному ложу, наклонные – о миграции гряд в условиях пульсационного поступления материала, что вызывает напользание одной гряды на другую [2].

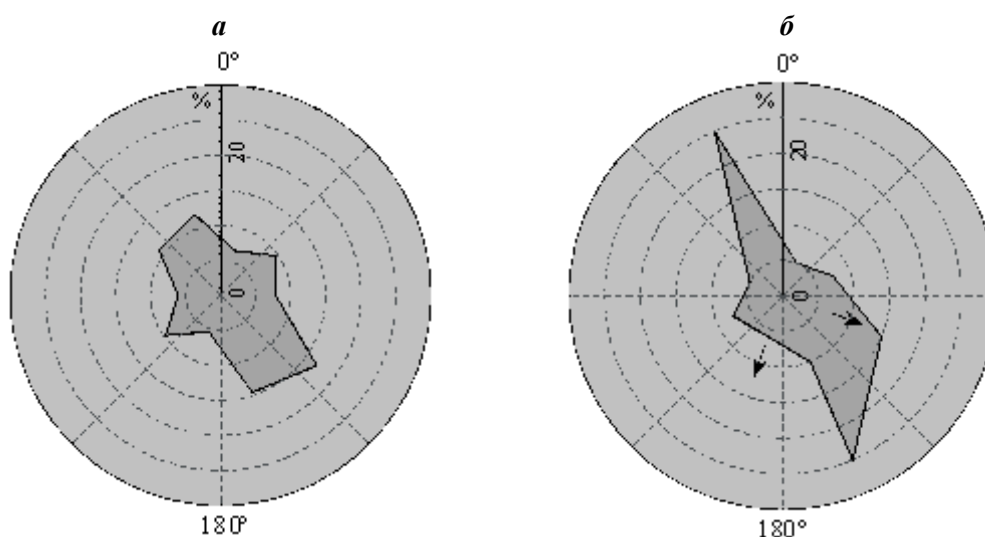


Рис. 2. Азимуты падения косой слойчатости в песчаниках пачки *С* саблинской свиты:

*а* – в долине р. Тосны (126 замеров); *б* – в долине р. Лавы (40 замеров)

Рассмотренные песчаные формы рельефа могут образовываться в различных физико-географических условиях [1], но общее строение толщи, в частности наличие глинистых прослоев, диаметрально противоположные направления падения косых слоев, знаки ряби, о которых речь пойдет ниже, позволяют довольно уверенно говорить о формировании данных морфологических форм в мелководных (но не прибрежных) высокодинамичных морских условиях под воздействием приливно-отливных течений. Каждый цикл прилива или отлива формировал свою систему гряд, которая разрушала частично или полностью предыдущие, захоранивая их в виде косых серий. Интенсивность этих процессов, видимо, зависела от силы приливов и отливов, соотношения скоростей течений и наложенной на них волновой деятельности.

Открытым остается вопрос о высоте древних песчаных форм. Однозначно его, по-видимому, не решить, так как неизвестно, какая часть гряды сохранилась в ископаемом состоянии. Но некоторые соображения по этому поводу высказать можно.

Во-первых, понятно, что высота конкретной песчаной гряды не меньше мощности сформированной ею косой серии. В разрезе саблинской свиты мощности косых серий изменяются от 5 до 33 см, располагаясь в основном в интервале 5-15 см. Естественно предположить, что и высота гряд составляла однопорядковые величины, так как при грядах высотой, например, в 2 м разброс значений мощностей серий колебался бы в значительно больших пределах.

Во-вторых, некоторые исследователи косослойчатых текстур указывают [2], что при данном типе слойчатости высота аккумулятивных форм соответствует 1/10 длины косой серии в продольном сечении. Как уже ука-

зывается, длина серий песчаников саблинской свиты составляет в среднем 1-1,5 м, достигая иногда значений 10 м.

В-третьих, в одном из обнажений нами, видимо, наблюдалась почти не эродированная, т. е. захороненная практически без изменений песчаная гряда (рис. 3). На ее первичную морфологию указывает форма верхнего слоевого шва, а также заворот слойков во фронтальной части гряды в сторону, обратную общему падению, который возникает [1] при наплзании в данном случае более крупной гряды на впереди идущую и смятии верхних частей слойков.

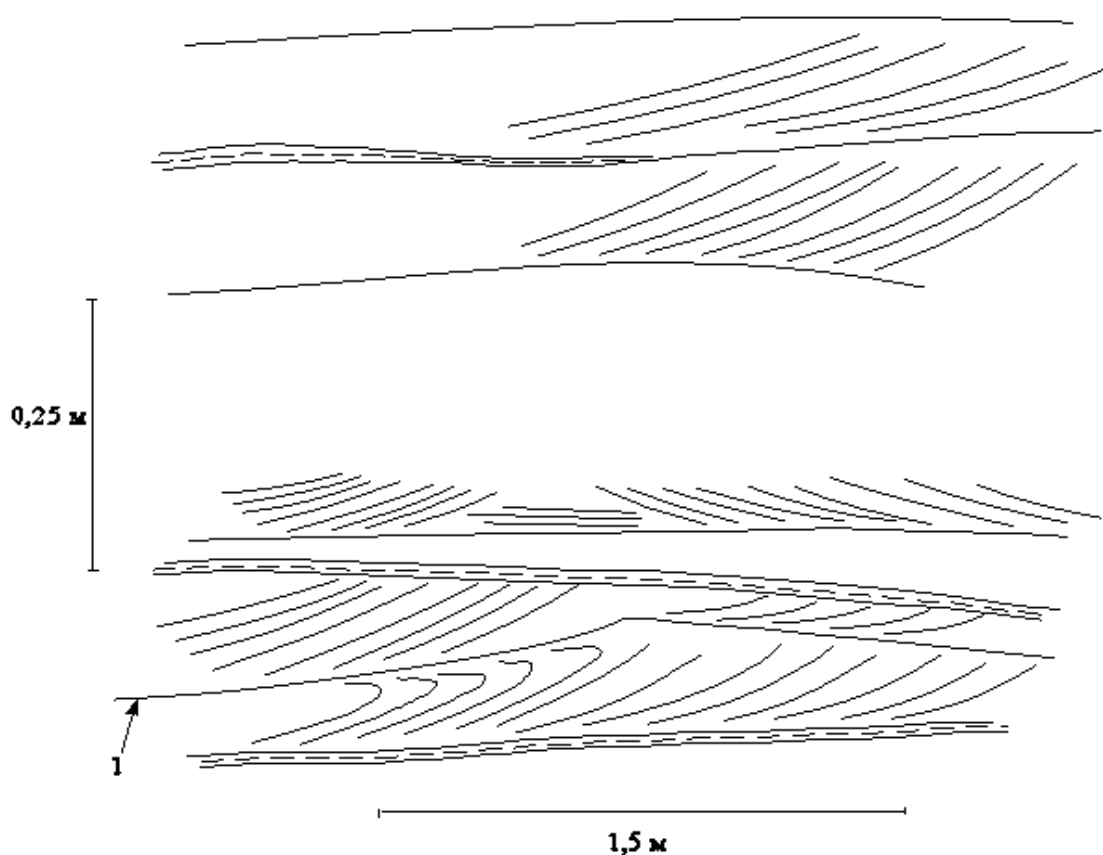


Рис. 3. Косая плоскостная параллельная разнонаправленная слойчатость в нижней части пачки С саблинской свиты в долине р. Лавы:  
1 – предполагаемая поверхность палеогряды

Таким образом, на наш взгляд, высота древних песчаных гряд саблинского времени составляла первые десятки сантиметров, достигая в редких случаях 1 м.

Знаки ряби периодически встречаются в пачке С саблинской свиты. Как правило, они перекрыты прослоями глины мощностью до 4-5 см, что свидетельствует о захоронении ряби в результате уменьшения активности динамики бассейна или его участка.

Изученные механоглифы представляют собой текстуры со следующими параметрами: длина 30-50 см, высота 3-6 см, индекс ряби 6-7 до 10,

соотношение пологого склона к крутому 1-3. Данные характеристики указывают на волновое происхождение данных текстурных форм. Причем, на наш взгляд, поверхность со знаками ряби была устойчивой, т. е. существовала довольно продолжительное время, до того как быть перекрытой глинистыми илами, и поэтому маркирует перерыв в осадении обломочного материала (по аналогии с «твердым дном» известняков). Азимуты направления перемещения ряби схожи с направлением одного из палеотечений.

*Гертовская пачка* ( $E_2 sb_2 G$ ). По видам слоистых текстур гертовская пачка саблинской свиты в долине реки Тосны делится на две части.

Основной особенностью нижней части ( $E_2 sb_2 G_1$ ) мощностью 1,2 м является падение слоев всех косослоистых серий в одну сторону – на север-северо-восток (рис. 4), и направление это не изменяется на расстоянии около 100-150 м в пределах одного обнажения. При этом сами серии являются довольно протяженными, их длина составляет от 3-5 до 10-15 м, а возможно и более при сравнительно небольшой мощности (10-40 см). Разделяющие косослоистые серии слоевые швы протяженные, ровные, слегка вогнутые, часто наклонены в сторону падения слоев в верхней наиболее крутой части под углами до  $20^\circ$ .

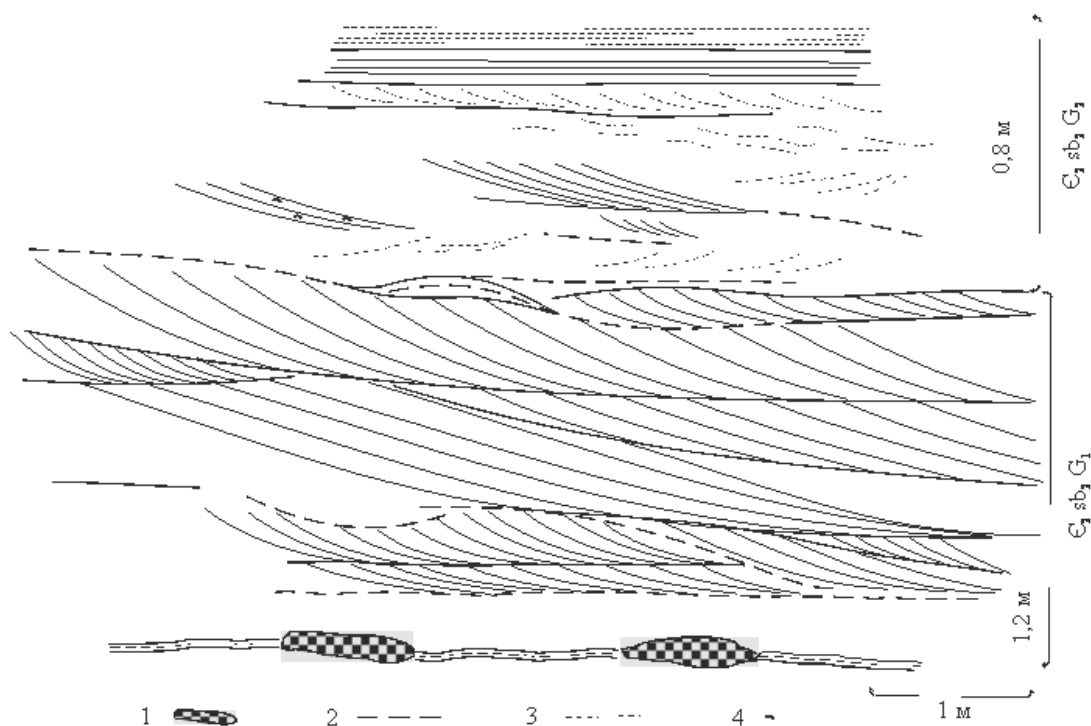


Рис. 4. Плоскостная параллельная одинаправленная косая слоистость гертовской пачки саблинской свиты, р. Тосны:

1 – конкреции плотно сцементированных песчаников; 2 – прослой глины в слоевых швах; 3 – слои глины, маркирующие слоистость; 4 – целые раковины лингулат

Слоики имеют вогнутую форму, примыкают к кровле и очень сильно выполаживаются к подошве вплоть до нулевых значений угла падения.



Максимальный угол падения слоек составляет  $25^\circ$ . Такой вид слойчатости можно охарактеризовать как плоскостную параллельную однонаправленную косую слойчатость.

Безусловно, образование нижней части гертовской пачки происходило при устойчивом высокодинамичном режиме, превосходящем по интенсивности режим времени образования пачки С, под воздействием однонаправленного, существовавшего длительное время ламинарного потока. На ламинарность потока указывают протяженные слоевые швы, на высокую динамику – сильная выположенность слоек, большая длина серий, текстуры смятия и взмучивания подводных аккумулятивных форм. Последние представляли собой прямолинейные в плане поперечные песчаные гряды. Руководствуясь прежними соображениями, высоту гряд можно оценить интервалом от 0,5-1 до 1,5 м.

Для верхней части гертовской пачки ( $E_2 sb_2 G_2$ ) мощностью 80 см характерны иные текстурные признаки. Длина косых серий становится значительно меньше и составляет не более 1,5-2 м, средняя мощность – около 15 см, слоевые швы практически не видны, так же как и слойчатость, которая различима лишь благодаря глинистым слоям, чередующимся с песчаным материалом (см. рис. 4). К кровле гертовской пачки косая слойчатость переходит в горизонтальную, и самый верхний слой мощностью 16 см представлен плитчатыми горизонтальнослоистыми песчаниками. Тем не менее направление падения косых слоек остается неизменным, за исключением двух замеров. Все полученные данные говорят о довольно резко ослаблении динамических условий накопления гертовской пачки вплоть до установления режима спокойного нединамичного осаждения.

Таким образом, в результате анализа текстур нами было выделено пять динамических режимов формирования песчаных отложений саблинской свиты:

- 1) режим спокойного осаждения терригенных частиц в областях, не испытывающих воздействия потоковой и волновой деятельности;
- 2) режим переходный от спокойного осаждения к грядовому режиму, при котором начинают формироваться песчаные гряды – косая слойчатость проявлена только благодаря редким слоям глин;
- 3) грядовый режим, характеризующийся существованием и перемещением поперечных песчаных гряд высотой до 0,5 м под воздействием ламинарного потока;
- 4) грядовый режим с теми же характеристиками, но с высотой гряд 0,5-1 м и, следовательно, большей интенсивности и большими скоростями потока;
- 5) режим с критическими для существования гряд скоростями потока, при которых происходит их разрушение.

Наблюдается очевидная закономерность увеличения интенсивности динамических режимов при формировании пород от подошвы (пачка А) к кровле (гертовская пачка) саблинской свиты.

## Библиографический список

1. **Ботвинкина Л. Н.** Слоистость осадочных пород. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 59. М.: Изд. АН СССР, 1962. 544 с.
2. **Кутырев Э. И.** Условия образования и интерпретация косої слойчатости. Л.: Недра, 1968. 128 с.
3. **Рухин Л. Б.** Кембро-силурийская песчаная толща Ленинградской области // Учен. зап. ЛГУ. 1939. Сер. геол.-почв. наук. Вып. 4, № 11. 150 с.
4. **Шванов В. Н.** Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.

УДК 552.5:553.91 (470.324)

**А. Д. Савко, Е. В. Золототрубова**  
Воронежский гос. университет

### **ПЕСЧАНЫЕ ПОРОДЫ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОТЛОЖЕНИЙ АПТСКОГО ЯРУСА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

Неглубоко залегающие и выходящие на дневную поверхность пески и песчаники ЦЧР, доступные для их рентабельной добычи, связаны с батскими, аптскими, альб-сеноманскими, палеогеновыми и неоген-четвертичными отложениями. Наибольший интерес среди них представляют мономиктовые и олигомиктовые кварцевые пески континентального и прибрежно-морского генезиса. Формирование аптских пород связано с размывом и переотложением продуктов выветривания и переработкой их в пределах аллювиальной равнины процессами «проточного диагенеза» с выносом щелочей, щелочноземельных и ряда других элементов, в том числе значительного количества железа [4]. Это обусловило высокую «зрелость» рассматриваемых образований, с которыми связаны месторождения огнеупорных глин и песков различных типов.

Аптские пески развиты в центральной и северной частях рассматриваемого региона (рис. 1) и залегают в зависимости от рельефа на глубинах от 0 до 150 м, а выходят на поверхность севернее широты г. Воронежа. Мощности отложений в связи с глубиной врезания долин в доаптский фундамент и неоген-четвертичным врезом колеблется от первых до 40 м,

преобладают отложения мощностью 15-20 м. Подстилающими породами являются неокомские, реже девонские, перекрывающими – альб-сеноманские, реже – неоген-четвертичные. Во вскрыше может также присутствовать фосфоритовая плита.

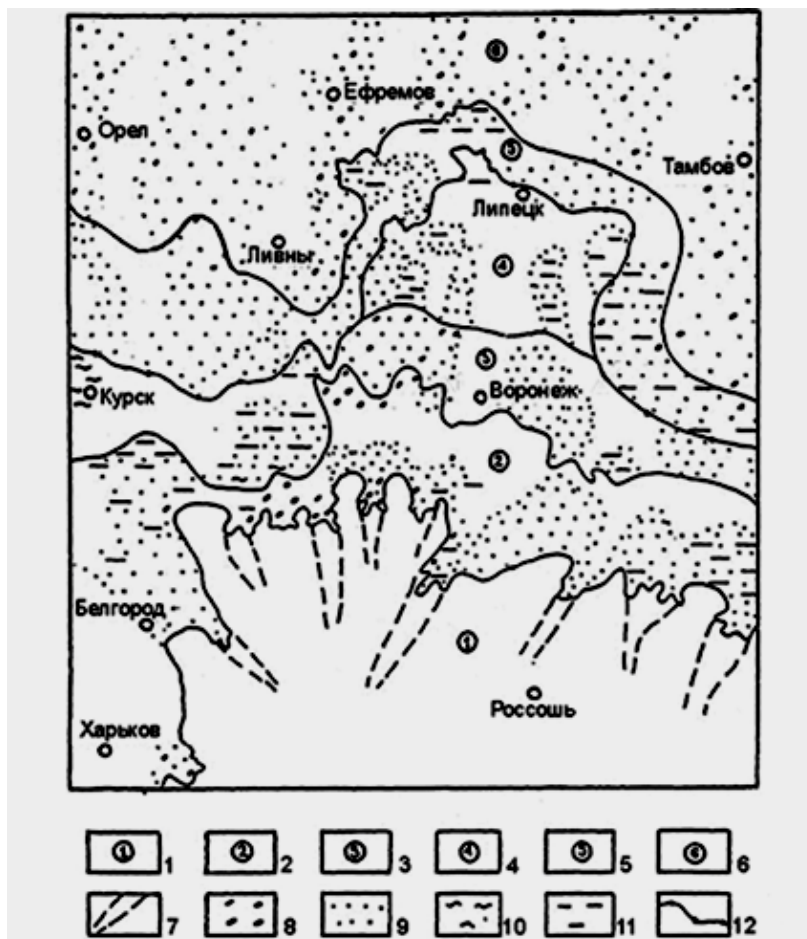


Рис. 1. Палеогеоморфологическая карта Воронежской антеклизы среднеэоценового времени. Морфогенетические типы рельефа:

1 - эрозионно-денудационная равнина; 2 - верховья аллювиальной равнины; 3 - низовья аллювиальной равнины; 4 - наземная дельта; 5 - авандельта; 6 - аккумулятивная мелководно-морская равнина; 7 - предполагаемые речные долины. Состав аккумулятивных образований: 8 - гравийники; 9 - пески; 10 - алевроиты; 11 - глины; 12 - береговая линия моря

В районе Латненского месторождения огнеупорных глин (15 км западнее Воронежа) эоценовые отложения делятся на три толщи. Нижняя - песчано-гравийная (1,0-12 м) сложена серыми и светло-серыми гравийными и разнокрупнозернистыми кварцевыми песками с характерной однонаправленной и диагональной кривой слоистостью речного типа. Материал плохо окатан, преобладают угловатые и угловато-окатанные зерна. По минеральному составу кварцевые, с небольшой примесью полевых шпатов (до 5 %, концентрируются в мелких фракциях), представленных ортоклазом. Отме-

чаются обломки кремней, кварцитов, песчаников, алевролитов. Средняя толща (озерно-болотная и пойменная) в нижней части представлена пластом каолинистых огнеупорных глин, в верхней – тонкозернистыми песками и алевритами, которые могут замещать глины по простиранию. Верхняя толща обычно сложена разнозернистыми песками, в том числе и стекольными. Она содержит линзы кварцитовидных песчаников. За пределами месторождения глины встречаются и в верхней, и, реже, нижней частях разрезов.

Большинство же разрезов на территории антеклизы сложено только кварцевыми песками. Это могут быть целиком песчано-гравийные образования, разнозернистые (от крупно- до тонкозернистых), крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые пески. Соотношение различных по зернистости песков может меняться от разреза к разрезу, однако в целом отмечается тенденция к уменьшению размера зерен снизу вверх. При этом песчано-гравийные отложения пристрежневых и перлювиальных фаций сменяются полосовидными средне- и мелкозернистыми песками прирусловых отмелей и валов, на которых залегают пойменные и старичные мелко- и тонкозернистые пески, алевриты и глины с горизонтальной или близкой к ней слоистостью. В верхних частях разрезов нередко углистые глины и лигниты, свидетельствующие о заиливании и заполнении углисто-глинистым материалом озер и превращении их в болота.

Нередко в пойменных и старичных отложениях на разных уровнях отмечаются русловые врезы (рис. 2), выполненные более грубым материалом, представляющим образования пристрежневых фаций, а также приру-

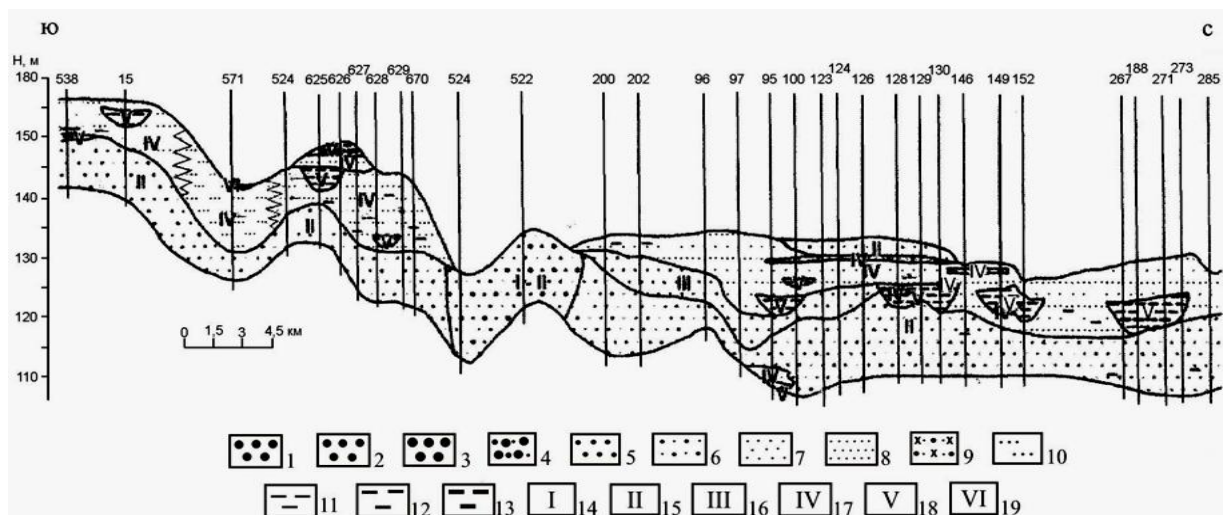


Рис. 2. Фациальный разрез аптских образований Латненского месторождения.

1 - гравий, 2 - песчано-гравийная смесь, 3 - песок крупнозернистый, 4 - песок разнозернистый, 5 - песок среднезернистый, 6 - песок средне-мелкозернистый, 7 - песок мелкозернистый, 8 - песок тонкозернистый, 9 - песчаник разнозернистый, 10 - алеврит, 11 - глина, 12 - глина углистая, 13 - лигнит. Фациальные обстановки: 14 - перлювиальные, 15 - перлювиально-пристрежневые, 16 - русловых отмелей и прирусловых валов, 17 - пойменные, 18 - озерно-болотные, 19 – болотные

словых отмелей. Пойменные отложения часто представлены пастиловидными песками и алевритами с тонким чередованием слоев, окрашенных в белый, серый, малиновый, бурый, красный, черный цвета.

К северу от поля развития континентальных отложений расположена обширная прибрежно-морская зона, сложенная преимущественно песчаными образованиями, среди которых отмечаются маломощные линзы тугоплавких глин каолинит-гидрослюдистого состава. Наибольшую площадь в этой зоне занимают тонкомелкозернистые пески, реже алевриты. Они слюдистые, в различной степени глинистые, содержат примесь глауконита, сидерит, углефицированные растительные остатки, количество которых уменьшается с юга на север. Выше широты г. Липецка формировались прибрежно-морские пески с изменчивым гранулометрическим составом, как по разрезу, так и площади. Для них характерна разнонаправленная мультислойная и пачечная косая слоистость. Пески отличаются хорошей сортировкой кварцевых зерен и повышенным содержанием тяжелых минералов, концентрации которых широко известны на севере Липецкой и юге Рязанской областей. Россыпи с циркон-титановыми минералами с содержанием более  $10 \text{ кг/м}^3$  залегают в виде линзовидных тел шириной от 0,5 до 3 км и протяженностью до 4 км.

На северо-востоке территории развиты отложения мелководно-морской зоны, представленные серыми и темно-серыми мелкозернистыми и тонкомелкозернистыми кварцевыми слюдистыми песками с примесью глинистого материала и глауконита. Последний в некоторых разрезах становится породообразующим. В песках отмечается тонкая горизонтальная слоистость, подчеркнутая распределением глауконита и глинистого материала. В основании аптской толщи встречаются желвачки фосфоритов.

Континентальные пески имеют хорошо выраженную слоистость. Она выражается в смене гранулометрического состава косых и горизонтальных слоев, косослоистых серий, появлении глин, изменении окраски пород, обусловленной наличием углистого вещества и окислов железа. Цвета песков очень разнообразны – от белых до темно-серых. Наличие окислов железа придает пескам различные окраски бурых и красных цветов с малиновым, сиреневым и фиолетовым оттенками.

Н. П. Хожайнов, детально изучивший песчаные отложения в карьерах и обнажениях, выделил три основных типа косой слоистости [5]. Для первого из них характерны взаимосрезающие косослоистые линзовидные серии песков с различным гранулярным составом (рис. 3, 1, 3), иногда катунами глин в кровле серий (рис. 3, 2), падение слоев в сериях северное и северо-восточное (СВ 15-75°). Вторым типом слоистости, развитым реже и в сочетании с первым, представлен взаимосрезающимися асимметричными мультислойными сериями (рис. 3, 4, 5). Первые два типа могут быть характерны для пристрежневого аллювия и перлювия (у размываемых берегов). Третий тип слоистости выражен многократным чередованием косых

и горизонтальных (слабонаклонных) серий (рис. 3, 6, 7). Эти отложения обычны для прирусловых отмелей (кос) и прирусловых валов. В верхней части разрезов аптских отложений обычна тонкая горизонтально-волнистая слоистость (рис. 3, 8-11), обусловленная чередованием разноокрашенных слоев. Белая и светло-серая окраски характерны для мелкозернистых песков, более темная – для тонкозернистых песков и алевритов. Мощность слоев – миллиметры, изредка до 20 см.

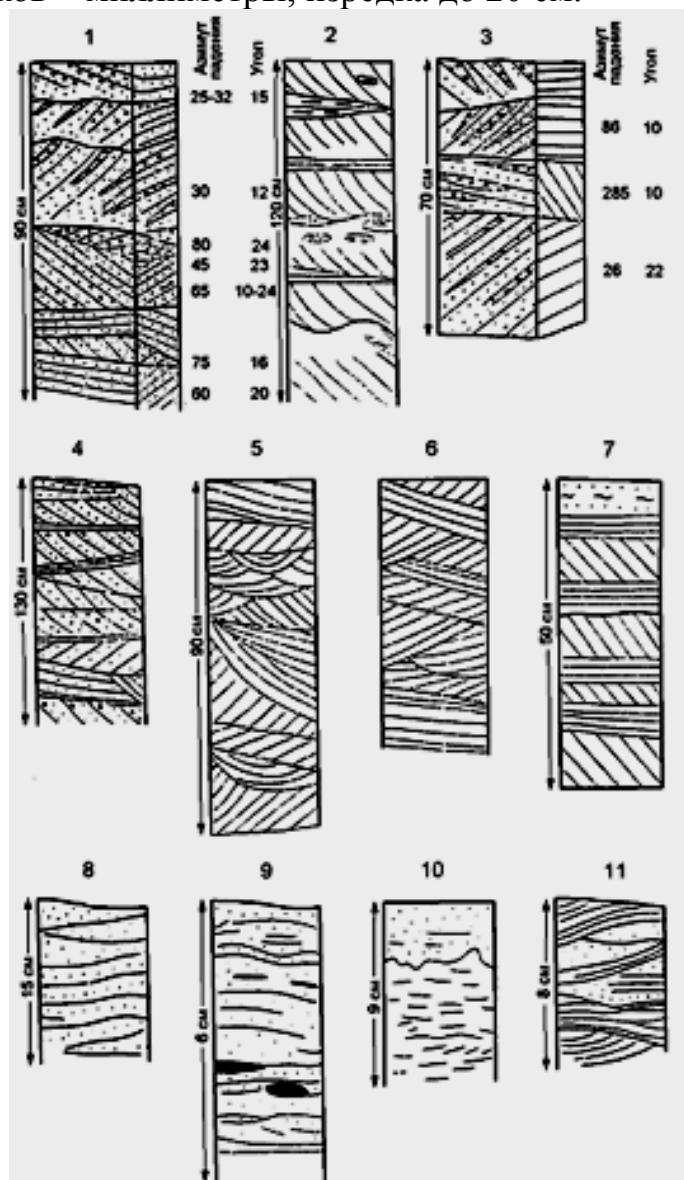


Рис. 3. Типы слоистости:

1-5 – гравелитистые; 6-7 - мелкозернистые пески аллювиальных русловых фаций; 8-11 - тонкозернистые (пастиловидные) пески авандельтовых фаций

Тонкозернистые пески и алевриты имеют пеструю окраску из-за тонкого переслаивания слоев различного цвета – от белого до темно-серого с коричнево-бурым, фиолетовым оттенками и называются «пастиловидными». Они переслаиваются с мелкозернистыми песками и глинами, заме-

щают их по простиранию и относятся нами к пойменным фациям. В верхней части разреза нередко углистые глины и лигниты, свидетельствующие о заиливании углисто-глинистым материалом озер и превращении их в болота. Углистый материал в виде обломков углефицированной древесины отмечается по всему разрезу. Особенно его много в глинистых толщах, где встречаются целые стволы длиной 5-8 м и диаметром 20-30 см.

С песчаными породами помимо циркон-титановых россыпей, детально охарактеризованных в работе [3], могут быть связаны месторождения стекольных, формовочных и строительных песков, а среди последних – очень ценных бетонных, песчаников, используемых в качестве бутового и облицовочного камня. Кроме того, при гидроклассификации песков вскрыши аптских месторождений огнеупорных и керамических глин кроме перечисленных видов минерального сырья, возможно получение абразивов, минералов титана и циркония. Особый дефицит представляют качественные стекольные пески. До настоящего времени их месторождений в Центрально-Черноземном регионе не было.

Основными параметрами *стекольных песков* являются их высокая степень сортировки с преобладанием фракций 0,8-0,1 мм, что обуславливает высокое качество их проваривания, низкие содержания красящих окислов ( $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ) и оксида алюминия, сосредоточенного преимущественно в глинистой примеси.

Формирование хорошо сортированных средне- и мелкозернистых песков на аллювиальной равнине аптского времени обычно происходило в прирусловых отмелях и береговых валах. При этом образовались вытянутые вдоль русел линзовидные тела длиной в сотни метров, имеющие форму уплощенных линз. В отличие от русловых отложений, для которых перемещение материала происходило способами волочения и сальтирования, в прирусловых отмелях и, возможно, береговых валах песчаные частицы выпадали из взвесей, что значительно увеличивало сортировку. Стекольные пески могут находиться в разных частях разреза аллювиальной толщи.

Важным параметром стекольных песков является содержание железа на глинистых частицах, в железистых рубашках по зернам кварца, в минералах тяжелой фракции (ильменит, магнетит в виде включений этих минералов в зернах кварца). В зависимости от формы нахождения железа в породах выбирается способ обогащения песков. Первоначально, при седиментации и диагенезе в субэральных и субаквальных континентальных условиях, железо обычно находится в малоподвижной трехвалентной форме и лишь в озерно-болотных переходит в двухвалентную, которая связывается в глинах в пирит или выносится из нелигифицированного осадка инфильтрационными и подземными водами, тем самым «облагораживая» его. Восстановительно-кислые воды могли переводить железо из трехвалентной формы в двухвалентную и выносить его из песков. Этим объясня-

ется наличие прослоев чистых стекольных песков в аптской толще, обычно перекрытой альбскими и верхнемеловыми песками.

В пределах недавно открытого Богдановского месторождения стекольных песков (в 15 км южнее Латненского месторождения) средняя и верхняя толщи не выделяются. Здесь на крупнозернистых песках с размывом залегают мелкозернистые сахаровидные стекольные пески (до 15 м), иногда полностью фациально замещающие первые. Отмечаются прослои слабглинистых и глинистых песков. В западном направлении стекольные пески сменяются глинистыми алевритами (ПКЛ). По минеральному составу пески кварцевые с небольшой примесью полевых шпатов (до 1,2 %) и мусковита (до 1,5 %). Содержание тяжелой фракции незначительно (до 0,5 %). В ней присутствуют рутил, лейкоксен, ильменит, циркон, лимонит, ставролит, турмалин, биотит, гранат. Форма кварцевых зерен угловато-окатанная, рубашка из гидроокислов железа отсутствует.

Анализ геологического строения месторождения показывает, что непосредственно на аптских отложениях залегают моренные образования. В пределах большей части толщи ранее, по всей вероятности, был водоносный горизонт, водоупором для которого служили барремские глины. Основная часть аптских песков, включая грубозернистые основания, содержит пониженное количество железа, что связано с воздействием в межледниковые эпохи (таежные условия) инфильтрационных и восстановительно-кислых подземных вод. Такие процессы характерны для юрских и нижнемеловых стекольных песков Центрального района России с многочисленными их месторождениями. Там широко развиты зоны оглеения, в которых из песков выносилось железо, что приводило к их «облагораживанию» и переводу в категорию стекольных. Выше кровли подземных вод, в зоне аэрации, трехвалентное железо не растворялось и не выносилось (ожелезненные мелкозернистые пески). Следовательно, поиски стекольных песков необходимо сосредоточить в местах перекрытия аптских пород моренными образованиями.

Для выявления среди песков *формовочных разностей* определяется массовая доля глинистой составляющей (глинистые частицы с примесью обломков зерен кварца и других минералов размером менее 0,02 мм), химический состав, средний размер зерна ( $D_{cp}$ ), коэффициент однородности. Последние два показателя определяются графическим способом с помощью построения интегральной кривой гранулометрического состава. При выявлении пригодности песков в качестве формовочных используется стандартный набор сит с сетками 2,5; 1,6; 1,0; 0,63; 0,4; 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063 и 0,05.

Предъявляемые к качеству формовочных песков требования охватывают такие их свойства, как определенный гранулометрический состав, глинистость, количество и состав минералов-примесей, химический состав по основному компоненту – кремнезему, а также глинозему ( $Al_2O_3$ ) и ок-



сиду железа  $Fe_2O_3$ . При литейном производстве опоки (специальные емкости для литья), состоящие из кварцевого песка (85-90 %) и связывающих его глины или жидкого стекла, должны быть газопроницаемыми и однородными по составу для придания изделиям из металла ровной поверхности. Наиболее ценными являются пески марок «К» (кварцевые) с размером зерен в пределах 0,1-0,2 мм. Пески характерны и для пойменных и прибрежно-морских фаций, где удалена глинистая составляющая, а также, частично, для прирусловых отмелей.

Основными нормируемыми показателями для **строительных песков**, согласно ГОСТам являются зерновой состав и содержания пылевидных и глинистых частиц. Выделяется две группы песков по крупности зерен: I – очень крупный (МК более 3,5), повышенной крупности (МК 3,5-3,0), крупный (МК – 2,5-2,0), мелкий (МК 2,0-1,5); II – повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий (МК 1,5-1,0), тонкий (МК 1,0-0,7), очень тонкий (МК до 0,7). Для определения нормируемых показателей гранулометрического состава применяется стандартный набор сит с круглыми отверстиями диаметром 10,0; 5,0; 2,5 и сетками 1,25; 0,63; 0,315; 0,14. Пылевидных, илистых и глинистых частиц (после отмучивания фракции < 0,05 мм) не должно содержаться более 5 %, а полного остатка граничной фракции должно быть в пределах 10-30 %.

Наиболее ценными являются грубозернистые гравелистые бетонные пески с модулем крупности свыше 2,5. Они приурочены к русловым фациям в пределах древних долин, тяготеют к полям распространения аллювиальной равнины и прибрежно-морской зоне. Поскольку пески не выдержаны по гранулярному составу, то для получения разностей с требуемыми параметрами используется промышленная гидроклассификация с необходимым набором сит. Это позволяет выделять различные фракции песков, в том числе различных марок строительных, стекольных, формовочных, для производства динаса, изготовления водных фильтров и других целей.

В разрезе нижнего мела **песчаники** встречаются почти на всех стратиграфических уровнях – в валанжине, готериве, барреме и апте. Однако наиболее выдержанные залежи качественных кварцитовидных песчаников приурочены к верхней, или надглиняной, толще апта. В ней песчаники залегают обычно в виде одного слоя в ее нижней части, хотя для более северных территорий характерна также локализация и в её кровле.

Аптские песчаники обладают некоторыми преимуществами по сравнению с докембрийскими породами и другими песчаниками. Во-первых, они отличаются высокой чистотой химического состава и декоративностью; во-вторых, залегают вблизи земной поверхности; в-третьих, из всех месторождений каменных строительных материалов аптские песчаники расположены ближе всего к г. Воронежу; в-четвертых, они не заменимы для реставрационных работ на архитектурных сооружениях, ранее использовавших аптские песчаники. Наиболее значимыми памятниками истории

и культуры являются: 1) Успенская (Адмиралтейская) церковь, заложенная 300 лет назад Петром I, в которой песчаник использован в фундаменте и в цоколе, а также храм Святого Михаила (начало XVIII века) с лестницами и колоннами из песчаника; 2) замок принцессы Ольденбургской в Рамони, в котором из песчаника сделаны резные украшения фасада здания и лестничный спуск к реке; 3) во многих крупных архитектурных сооружениях VXVIII-XIX веков Воронежа и других городов использован песчаник для фундамента и цоколя зданий, элементов садово-парковой архитектуры, в дорожном строительстве.

Площадное распространение аптских песчаников охватывает территории северо-запада Воронежской области, западные районы Липецкой области, восточные районы Курской и Орловской областей. При этом в соответствии с общим поднятием мела к северу, к центру Среднерусской возвышенности, песчаники выходят в Воронежской области на уровне нижней части склонов, а в более северных районах – в верхней части склонов и на водоразделах.

Если для северных районов характерно нарушенное залегание тел песчаников в основном в виде ледниковых отторженцев, перлювия и коллювиальных образований, то в пределах Воронежской области они имеют обычно первичное залегание или незначительное коллювиальное оползание глыб к основанию склона. Известны крупные глыбы аптского песчаника в основании аллювия 2-й надпойменной террасы Дона, представляющие собой типичный перлювий краевой морены. Их можно видеть на дне песчаного карьера Придонского завода силикатного кирпича на ЮЗ окраине г. Воронежа.

Во всех случаях участки распространения песчаников приурочены к склонам развитых речных долин древнего заложения, сохранивших миоценовые террасы или поверхности выравнивания. Как правило, от выходов на склонах в сторону водораздела линза песчаника выклинивается. Морфология тел сложная, обычно в виде разобщенных линз, плитообразных и караваеобразных, мощностью от 0,2 до 5-6 м и протяженностью от 50-100 до 800-1000 м.

Несмотря на отмечаемую фаціальную изменчивость аптских отложений, песчаники разных месторождений внешне очень сходны. Так, в песчаном карьере, расположенном в левом борту долины р. Ведуги, севернее с. Ендовище, песчаник залегает в основании разреза. Он кварцитовидный, светло-серый, участками желтовато- и темно-серый, разнозернистый, преимущественно мелкозернистый, с отдельными крупными зёрнами, с горизонтальной и реже волнистой слоистостью, с отпечатками ряби на поверхности напластования, с кремнистым цементом, неравномерно и не полностью перекрывающим породу. Наблюдаются фитолиты, т. е. окременные фрагменты веточек деревьев в массе слабосцементированного песка, а также углубления и полости в слое песчаника. Цемент, составляющий

около 10 % объема породы, преобладает опаловый, изотропный, двух типов: 1) заполнения пор, участками сгустовый (5-10 % от объема кор) и 2) контактовый по стилолитно-сутурным швам.

Для песчаников Липецкой области, залегающих в кровле апта, отмечаются регенерационный и крустификационный типы цемента. Лаборатория декоративного камня института «ВНИПНИСтромсырье», изучавшая песчаники Латненского месторождения, указывает на преобладание двух типов цемента: 1) глинисто-железистый поровый и разрастания и 2) кварцево-железистый разрастания и регенерации. Песчаники с первым типом цементации, преобладающие на месторождении, названы ими кварцевыми, которые, в свою очередь, сменяются рыхлыми разновидностями и песками. Химический состав обоих типов песчаника близок:  $\text{SiO}_2$  – от 98,26 до 99,28 в ср. – 98,8 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,18-0,47-0,3 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,09-0,34-0,17 %,  $\text{CaO}$  – 0,3 %,  $\text{MgO}$  – 0,09-0,11-0,095 %; п.п.п. – 0,13-0,41-0,23 %. По минеральному составу включений все песчаники также близки и характеризуются зернами циркона, роговой обманки, турмалина, апатита, лимонита и кремней.

Таким образом, по степени и типу цементации среди аптских песчаников следует выделять три основные структурно-текстурные разновидности: кварцитовидные сливные песчаники, сахаровидные (кварцевые) и глинистые слабо уплотненные. С ними связаны определенные физико-механические и декоративные свойства.

А. Д. Савко [2] считает генезис песчаников пластово-инфильтрационным (подземно-водным) и связывает его со стадией эпигенеза. Определяющими процесс цементации являются динамика подземных вод и гидрохимические барьеры, в особенности замедленная циркуляция через тонкозернистые и глинистые пески, при которой растворенный в воде кремнезем успевал реагировать с поверхностью кварцевых зерен и осаждался в виде регенерационных каемок и выполнений пор. Поскольку условия залегания для этого процесса в виде зерен зон аэрации и водоносных горизонтов появились только при континентальном режиме в миоцене, можно считать, что образование песчаников продолжалось длительное время – около 20 млн лет.

В пользу этой концепции указывают следующие литологические признаки: 1) состав и характер цемента – опаловый, преимущественно поровый; 2) ненарушенное залегание кварцевых зерен в породе – без дробления, коррозии и часто без ориентировки; 3) отсутствие минеральных новообразований. Важным генетическим признаком является пространственная приуроченность песчаников к древним склонам, выработанным в миоценовую эпоху.

Таким образом, глинисто-песчаные отложения апта представляют собой очень интересную в генетическом и практическом отношении толщу, в которой на различных стадиях литогенеза (в понимании Н. М. Страхова) формировались различные типы полезных ископаемых. В стадию се-

диментогенеза в зависимости от фациальных обстановок образовались различные по гранулярному составу пески, которые могут слагать месторождения строительных, формовочных, частично стекольных разностей, линзы тугоплавких полиминеральных глин. На диагенетической стадии в результате «промывного» (по Г. И. Бушинскому [1]) диагенеза на аллювиальной равнине среди песков образовались почти мономинеральные каолинитовые огнеупорные глины, иногда с примесью гиббсита. В неоген-четвертичное время при формировании современного рельефа на его перегибах эпигенетическими процессами образованы кварцитовидные песчаники. И, наконец, в межледниковья квартера в процессах оглеения и выноса ряда элементов, в первую очередь железа, были «облагорожены» и переведены в стекольные разности аптские пески с образованием месторождений.

### Библиографический список

1. **Бушинский Г. И.** О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 6. С. 32-43.
2. **Савко А. Д.** Основные типы и факторы формирования месторождений в осадочном чехле положительных структур древних платформ // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 1997. Вып. 4. С. 117 - 131.
3. **Савко А. Д., Беляев В. И., Иконников Н. Н., Иванов Д. А.** Титанциркониевые россыпи Центрально-Черноземного района. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. 148 с.
4. **Савко А. Д., Михин В. П.** Литология аптских отложений междуречья Дон-Ведуга-Девица // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2000. Вып. 3 (9). С. 56-68.
5. **Хожанов Н. П.** Литология терригенных толщ палеозоя и мезозоя Воронежской антеклизы и проблемы их рудоносности: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Воронеж, 1972. 662 с.

**В. Ф. Шульга<sup>1</sup>, А. Котасова<sup>2</sup>, А. Котас<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт геологических наук НАН Украины

<sup>2</sup>Верхнесилезский филиал Польского геологического института

## **ЛИТОЛОГО (ФАЦИАЛЬНО)-ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРБОНОВОЙ УГЛЕНОСНОЙ ФОРМАЦИИ ЛЬВОВСКОГО ПАЛЕОЗОЙСКОГО ПРОГИБА**

**Статья 2. Анализ терригенных толщ с растительными остатками**

### **Введение**

Настоящая статья является продолжением публикации [8], характеризующей результаты литолого-палеоэкологического анализа нижне-среднекарбонной (визе-вестфал) угленосной формации Львовского палеозойского прогиба и посвященной светлой памяти Р. Ф. Геккера. На этот раз темой статьи являются фациально-экологические и тафономические наблюдения над наземной макрофлорой, широко распространенной в терригенных отложениях Львовско-Волынского каменноугольного бассейна (ЛВБ).



Роман Федорович ГЕККЕР во время проведения Международного геологического конгресса (1984 г., Москва) с супругой Александрой Ивановной Осиповой (справа). Слева – Татьяна Николаевна Бельская (супруга Г. Ф. Крашенинникова). Снимок сделан В. Д. Наливкиным в санатории «Узкое»

Единственная крупная сводка по флоре ЛВБ была опубликована более полувека назад [1]. В течение длительного периода (до середины 90-х годов прошлого столетия) бурение многочисленных разведочных скважин с полным отбором керна, а также проходка горных выработок при эксплуатации угольных месторождений обуславливали благоприятные возможности сбора фактического материала для многостороннего изучения остатков растений. Проведенные нами литолого-палеоэкологические исследования явились составной частью комплексного изучения угленосной формации бассейна.

### **Методика исследования и фактический материал**

В соответствии с основными положениями методики Р. Ф. Геккера о тесной связи организмов со средой обитания [2, 3], наблюдения над особенностями распространения и захоронения растительных остатков осуществлялись непосредственно в поле одновременно с выделением литологических, литогенетических типов и фаций [7]. При этом для каждого литогенетического типа по возможности определялись: систематический состав флоры; количество, форма, размер, сохранность, тип (форма) захоронения растительных остатков; положение их в слое (литогенетическом типе); мощность слоя.

Отобранные в экспедиции образцы с флорой были изучены в лабораторных условиях, а полевые наблюдения, характеризующие распространение, экологию и особенности захоронения растительных остатков, в значительной степени дополнены. По всем детально описанным разрезам угленосной формации были построены колонки в масштабе 1:500, на которых, помимо пород, литогенетических типов и первичных генетических признаков, указывались также местоположение образцов с флорой и результаты фациально-палеоэкологических наблюдений. На следующем этапе работы указанные сведения были использованы при составлении фациальных (фациально-палеоэкологических) профилей и крупномасштабных (1:50 000, 1:100 000) палеогеографических карт, отражающих обстановки, существовавшие в период формирования регрессивной (подугольной) и трансгрессивной (надугольной) частей литоциклов первого порядка.

Основной фактический материал для фациально-палеоэкологического анализа терригенных толщ ЛВБ с растительными остатками составили данные, полученные при документации по керну скважин более 100 разрезов (свыше 35 тыс. м) угленосных отложений нижнего и среднего карбона, а также наблюдения в подземных горных выработках 19 шахт (рис. 1). Относительно равномерное площадное распределение точек наблюдений, высокий выход керна и детальный характер описания разрезов позволили осуществить своеобразное, палеофитологическое опробование». При этом было отобрано более 10 тыс. образцов с растительными остатка-

ми. Определения флоры проводились А. Котасовой, А. Котасом, А. А. Ищенко. В нашей работе использовались также данные определений остатков растений Т. Мигер по угленосному карбону соседнего Люблинского бассейна (ЛБ) [11].

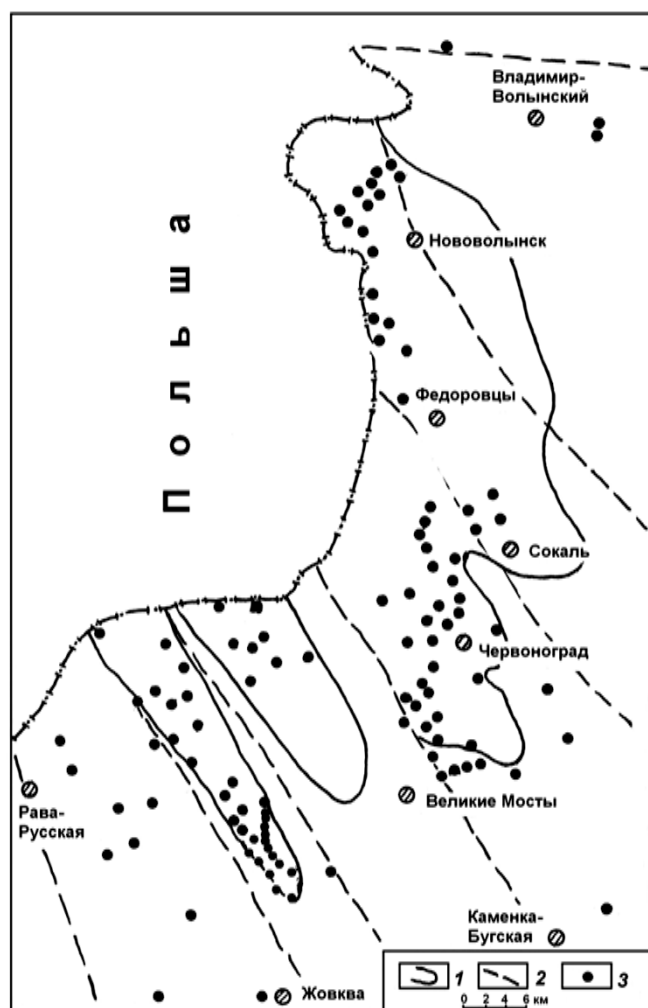


Рис. 1. Схематическая карта Львовско-Волынского бассейна с указанием изученных разрезов угленосной формации:

1 – контур промышленной угленосности, 2 – тектонические нарушения. 3 – изученные разрезы

На начальном этапе работы мы постоянно пользовались научными консультациями Р. Ф. Геккера, исследования которого по растительным остаткам нижнего карбона Московской синеклизы [4] являются классикой отечественной палеонтологической литературы.

### **Систематический, экологический состав; стратиграфическое распространение флоры**

Угленосная формация ЛВБ в основном представлена терригенными породами (85 %) при широком развитии континентальных и переходных образований (79 %). Это определило значительное распространение растительных остатков и их распределение по всему стратиграфическому разрезу формации. Всего установлено 82 флористических горизонта мощностью от 0,1–0,2 до 5–8 м, из которых 46 расположены в нижней угленосной под-

формации и 36 – в верхней. В табл. 1 указан систематический состав и стратиграфическое распределение флоры угленосных формаций ЛВБ и ЛБ.

Таблица 1

Систематический состав и стратиграфическое распределение  
флоры угленосных формаций ЛВБ и ЛБ

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Ниж- ний	Верх- ний	
<b>ПЛАУНОВИДНЫЕ</b>				
<i>Bothrodendron selaginoides</i> (Sternberg)**	+			
<i>Bothrodendron</i> cf. <i>minutifolium</i> Boulay*				o
<i>Bothrodendron</i> cf. <i>selaginoides</i> Stbg				o
<i>Bothrodendron kiltorkense</i> Haughton**	+			
<i>Bothrodendron</i> sp. ?*				o
<i>Eleutherophyllum mirabile</i> (Sternberg) Stur*		o		
cf. <i>Eleutherophyllum</i> sp.*		o		
<i>Knorria</i> sp.				o +
<i>Lepidocarpon bohdanowiczi</i> (Bochenski) Bureau*				o
<i>Lepidocarpon</i> sp.*				o
<i>Lepidodendron aculeatum</i> Sternberg				o +
<i>Lepidodendron</i> aff. <i>obovatum</i> Sternberg*				o
<i>Lepidodendron</i> cf. <i>aculeatum</i> Sternberg*				o
<i>Lepidodendron</i> cf. <i>obovatum</i> Sternberg*		o		o
<i>Lepidodendron</i> cf. <i>ophiurus</i> Brongniart*		o		
<i>Lepidodendron</i> cf. <i>veltheimii</i> Sternberg*		o		
<i>Lepidodendron losseni</i> Weiss**	+	+		
<i>Lepidodendron lycopodioides</i> Sternberg			o	o +
<i>Lepidodendron mediostratum</i> Friese et Gothan**	+			
<i>Lepidodendron nathorsti</i> Kidston**	+	+		
<i>Lepidodendron obovatum</i> Sternberg				o +
<i>Lepidodendron ophiurus</i> Sternberg**				+
<i>Lepidodendron veltheimii</i> Sternberg	+	o +	o	o
<i>Lepidodendron volkmannianum</i> Sternberg	+	o +		
<i>Lepidodendron</i> sp.			o	o +
<i>Lepidophloios</i> cf. <i>scoticus</i> Kidston*				o
<i>Lepidophloios laricinus</i> Sternberg			+	o +
<i>Lepidophloios scoticus</i> Kidston*				o
<i>Lepidophloios</i> sp.*				o
<i>Lepidophyllum</i> sp. *		o		
<i>Lepidostrobophyllum lanceolatum</i> (Lindley et Hutton)			+	o
<i>Lepidostrobophyllum</i> sp.				o
<i>Lepidostrobos laricinus</i> (Sternberg) Novik*				o
<i>Lepidostrobos</i> sp.			o	o +
<i>Sigillaria</i> cf. <i>patteiskyi</i> Josten*				o
<i>Sigillaria</i> cf. <i>schlotheimiana</i> (Brongniart) Koehne*				o



Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Ниж- ний	Верх- ний	
<i>Sigillaria elegans</i> (Sternberg) Brongniart*				0
<i>Sigillaria schlotheimiana</i> (Brongniart) Koehne**				+
<i>Sigillaria</i> sp.*			0	
<i>Stigmaria abnormis</i> Gothan**		+		
<i>Stigmaria ficoides</i> Sternberg	+	+	0 +	0 +
<i>Stigmaria rugulosa</i> Gothan**		+	+	
<i>Stigmaria stellata</i> Goeppert		+	0 +	
<i>Stigmaria</i> sp.**	+	+	+	+
<i>Syringodendron</i> sp.		0		
<b>ЧЛЕНИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ</b>				
<i>Annularia radiata</i> (Brongniart) Sternberg**				+
<i>Annularia</i> sp.**				+
<i>Archeocalamites</i> cf. <i>scrobiculatus</i> (Schlotheim) Stur*		0		
<i>Archeocalamites scrobiculatus</i> (Schlotheim) Stur	0	0 +		
<i>Archeocalamites</i> sp.	+	0 +		
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>charaeformis</i> Sternberg*				0
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>gothanii</i> Leggwie et Schonef. *				0
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>hagenensis</i> Fiebig et Leggwie*				0
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>heimansii</i> Jongmans et Gothan*				0
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>namuriana</i> Stockmans et Will. *				0
<i>Asterophyllites</i> cf. <i>tener</i> Jongmans et Gothan*				0
<i>Asterophyllites equisetiformis</i> (Sternberg) Gothan**				+
<i>Asterophyllites grandis</i> Sternberg**				+
<i>Asterophyllites gothanii</i> Leggwie et Schonef. *				0
<i>Asterophyllites hagenensis</i> Fiebig et Leggwie*				0
<i>Asterophyllites heimansii</i> Jongmans et Gothan*				0
<i>Asterophyllites namuriana</i> Stockmans et Will. *				0
<i>Asterophyllites tener</i> Jongmans et Gothan*				0
<i>Asterophyllites</i> sp.			0	0
<i>Calamites</i> sp.			0	0 +
<i>Calamitina undulata</i> Sternberg				0 +
<i>Calamostachys bosselensis</i> Leggwie et Schonef. *				0
<i>Dichophyllites nemejcii</i> Purkynowa**			+	
<i>Dichophyllites</i> sp. *		0		
<i>Diplocalamites carinatus-ramosus</i> (Sternberg-Artis) Gothan**				+
<i>Mesocalamites approximatifomis</i> (Stur) Hirmer		+	+	0
<i>Mesocalamites</i> cf. <i>cistiformis</i> (Stur) Hirmer			0	0
<i>Mesocalamites</i> cf. <i>ramifer</i> (Stur) Hirmer			0	0
<i>Mesocalamites cistiiformis</i> (Stur) Hirmer		+	0 +	0
<i>Mesocalamites hauerii</i> (Stur) Hirmer		+	0 +	0
<i>Mesocalamites ramifer</i> (Stur) Hirmer		+	0 +	0
<i>Mesocalamites roemeri</i> (Goeppert) Hirmer**		+	+	
<i>Mesocalamites</i> sp.		+	0 +	0

Продолжение таблицы 1

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Ниж- ний	Верх- ний	
<i>Palaeostachya elongata</i> Presl**				+
<i>Paleostachya pedunculata</i> Williamson*				o
<i>Paleostachya</i> sp.			+	o +
<i>Pinnularia capillacea</i> Lindley et Hutton**			+	
<i>Pinnularia</i> sp.			+	o +
<i>Sphenophyllostachys</i> cf. <i>tenerrimus</i> (Ettingshausen) Stockmans et Will. *				o
<i>Sphenophyllostachys cuneifolius</i> Sternberg**			+	
<i>Sphenophyllum</i> cf. <i>tenerrimum</i> Ettingshausen*				o
<i>Sphenophyllum cuneifolium</i> (Sternberg) Zeiller				o +
<i>Sphenophyllum tenerrimum</i> Ettingshausen		o +	o +	o
<i>Sphenophyllum</i> sp.**		+	+	
<i>Stylocalamites cisti</i> (Brngn.) Goth.**				+
<i>Stylocalamites suckowi</i> (Brongniart) Weiss**				+
<i>Stylocalamites</i> sp.**				
<b>ПАПОРОТНИКИ</b>				
<i>Alloiopteris quercifolia</i> (Goeppert) Potonie**	+			
<i>Alloiopteris sternbergii</i> Ettingshausen**				+
<i>Aphlebia</i> cf. <i>rhodopteridiana</i> Purkynova*				o
<i>Aphlebia</i> sp.			+	o
<i>Corynepteris</i> cf. <i>junghannii</i> Gothan*				o
<i>Corynepteris coralloides</i> Gutbier				+
<i>Corynepteris junghannii</i> Gothan*				o
<i>Crossotheca schatzlarensis</i> Stur**				+
<i>Crossotheca</i> sp.**				+
<i>Pecopteris</i> ( <i>Dactylotheca</i> ) <i>aspera</i> Brongniart**			+	
<i>Pecopteris</i> ( <i>Dactylotheca</i> ) cf. <i>aspera</i> Brongniart*				o
<i>Pecopteris</i> ( <i>Dactylotheca</i> ) <i>plumosa-dentata</i> (Artis-Brongniart) Corsin*				o
<i>Pecopteris</i> sp.**			+	
<b>ПТЕРИДОСПЕРМЫ</b>				
<i>Adiantites antiquus</i> (Goeppert) Schimper*		o		
<i>Adiantites</i> cf. <i>antiquus</i> (Goeppert) Schimper*		o		
<i>Adiantites tenuifolius</i> (Goeppert)**	+	+		
<i>Adiantites</i> sp.**	+	+	+	
<i>Adiantopteridium oblongifolium</i> (Goeppert) Purkynova	o +	+		
<i>Adiantopteridium</i> sp **	+	+	+	
<i>Alethopteris</i> cf. <i>loriformis</i> *			o	
<i>Alethopteris decurrens</i> Artis**				+
<i>Alethopteris lonchitica</i> (Schlotheim) Zeiller**				+
<i>Alethopteris parva</i> Potonie			o +	
<i>Alethopteris potonieii</i> Franke**			+	
<i>Alethopteris willierei</i> Purkynova*			o	
<i>Alethopteris</i> sp**				+

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Ниж- ний	Верх- ний	
<i>Archeopteridium</i> aff. <i>tschermakii</i> (Stur) Kidston*		o		
<i>Archeopteridium</i> cf. <i>tschermakii</i> (Stur) Kidston*	o			
<i>Archeopteridium dawsoni</i> (Stur) Kidston**	+	+		
<i>Archeopteridium</i> sp.**	+	+		
<i>Archeopteris</i> sp.**	+	+		
<i>Aulacopteris vulgaris</i> Grand-Eury*		o	o	o
<i>Aulacopteris</i> sp.**			+	+
<i>Boweria schatzlarensis</i> Kidston**				+
<i>Cardiocarpus</i> sp.**				+
<i>Cardiopteridium spetsbergense</i> Nathorst**	+			
<i>Cardiopteridium waldenburgense</i> Zimmermann		o +		
<i>Cardiopteridium</i> sp.		o +		
<i>Carpus</i> sp.*		o	o	o
<i>Diplotmema</i> (Heterang.) <i>adiantoides</i> (Schlotheim) Gothan	+	o +	o +	
<i>Diplotmema</i> (Heterang.) cf. <i>adiantoides</i> (Schlotheim) Gothan			o	
<i>Diplotmema</i> (Heterang.) cf. <i>dissectum</i> (Brongniart) Stur*		o		
<i>Diplotmema</i> (Heterang.) <i>dissectum</i> (Brongniart) Stur**	+			
<i>Diplotmema</i> (Heterang.) <i>patentissimum</i> (Ettingshausen) Stur**		+	+	
<i>Diplotmema</i> (Tetratmema) <i>subgeniculatum</i> Stur		o +	+	
<i>Diplotmema stocesianum</i> Gothan**			+	
<i>Diplotmema</i> sp. *		o +	+	
<i>Eusphenopteris artemisaefolioides</i> Crepin**				+
<i>Eusphenopteris</i> cf. <i>straelenii</i> Stockmans et Will.*				o
<i>Eusphenopteris hollandica</i> (Gothan et Jongmans) Nowik			+	o +
<i>Eusphenopteris nummularia</i> (Gutbier) Amerom**				+
<i>Eusphenopteris obtusiloba</i> (Brongniart)**				+
<i>Eusphenopteris straelenii</i> Stockmans et Will. *				o
<i>Eusphenopteris vorhalliana</i> Gothan*				o
<i>Heterangium hochsteteri</i> Hirmer**			+	
<i>Heterangium</i> sp.**			+	
<i>Karinopteris acuta</i> (Brongniart) Boersma				o +
<i>Karinopteris beneckeii</i> (Potonie & Hutton) Boersma**				+
<i>Karinopteris</i> cf. <i>acuta</i> (Brongniart) Boersma*				o
<i>Karinopteris</i> cf. <i>daviesoides</i> Stockmans et Will. *				o
<i>Karinopteris</i> cf. <i>laciniata</i> (Potonie et Huth.) Boersma*				o
<i>Karinopteris</i> cf. <i>renierii</i> (Stockmans et Will.) Boersma*			o	
<i>Karinopteris daviesii</i> (Kidston) Boersma**				+
<i>Karinopteris daviesoides</i> (Stockmans et Will.) Boersma*			o	o
<i>Karinopteris laciniata</i> (Potonie et Huth.) Boersma*			o	o
<i>Karinopteris renierii</i> (Stockmans et Will.) Boersma*			o	

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Ниж- ний	Верх- ний	
Lyginodendron sp.		o +	o +	
Lyginopteris baeumleri Andrae**				+
Lyginopteris bermudensiformis (Schlotheim) Patteisky		o +	+	
Lyginopteris bermudensiformis (Schlotheim) Patteisky forma Schlotheimii Stur*		o		
Lyginopteris cf. baeumleri Andrae*				o
Lyginopteris cf. bartonecii (Stur) Patteisky*			o	o
Lyginopteris cf. dicksonioides (Goepfert) Novik		o		
Lyginopteris cf. porubensis (Trapi) Gothan*				o
Lyginopteris cf. stangerii (Stur) Dix*			o	o
Lyginopteris dicksonioides (Goepfert) Novik	o +	o +	+	
Lyginopteris fragilis (Schlotheim) Forma linki (Goepfert) Stur**	+	o +	o +	
Lyginopteris fragilis (Schlotheim) Patteisky	+	+		
Lyginopteris larischi Stur**		+	+	
Lyginopteris porubensis (Trapi) Gothan			o +	o
Lyginopteris profunda (Gothan) Patteisky*		o		
Lyginopteris stangerii (Stur) Dix		+	o +	
Lyginopteris sp.	+	o +	o +	
Mariopteris cf. glabra Stopa*				o
Mariopteris cf. mosana Williere*				o
Mariopteris glabra Stopa*				o
Mariopteris mosana Williere*				o
Mariopteris muricata (Schlotheim) Zeiller**				+
Mariopteris sp.				o +
Neuraethopteris cf. neuropteroides (Susta) *				o
Neuraethopteris cf. schlehanii (Stur) *				o
Neuraethopteris larischii (Susta)			+	o +
Neuraethopteris neuropteroides (Susta) *				o
Neuraethopteris schlehanii (Stur)			o	o +
Neuraethopteris sp.*				o
Neuropteris bohdanowiczii (Zalessky) Gothan**			+	
Neuropteris cf. bohdanowiczii (Zalessky) Gothan*			o	
Neuropteris cf. kosmannii Potonie			o	
Neuropteris heterophylla Brongniart**				+
Neuropteris kosmannii Potonie**			+	
Neuropteris loshi Brongniart**				+
Neuropteris loriformis Stockmans et Will. *			o	
Neuropteris obliqua Brongniart				o +
Neuropteris reticulopteroides Purkynova**			+	
Neuropteris trnavkiana Purkynova**			+	
Neuropteris sp.	+		o +	o +
Palmathopteris sturi Potonie**			+	+
Paripteris gigantea (Sternberg) Gothan				o +

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Нижний	Верх- ний	
<i>Rhodea</i> sp.**		+	+	
<i>Rhodeopteridium</i> cf. <i>corsini</i> (Stockmans et Will.) Purkynova**	+			
<i>Rhodeopteridium moravicum</i> (Ettingshausen) Purkynova**		+		
<i>Rhodeopteridium stacheii</i> (Stur) Purkynova			o +	
<i>Rhodeopteridium tenue</i> (Gothan) Purkynova		+	o +	o
<i>Rhodeopteridium</i> sp.**	+	+		
<i>Spathulopteris obovata</i> Lindley & Hutton**	+			
<i>Spathulopteris</i> sp.**	+			
<i>Sphenocyclopteridium bertrandi</i> Stockmans & Williere**		+		
<i>Sphenopteridium</i> aff. <i>noeldeki</i> Daber**	+			
<i>Sphenopteridium bifidum</i> (Lindley et Hutton) Benson*		o		
<i>Sphenopteridium</i> cf. <i>bifidum</i> (Lindley et Hutton) Benson	+	o		
<i>Sphenopteridium</i> cf. <i>crassum</i> (Lindley et Hutton) Kidston*		o		
<i>Sphenopteridium</i> cf. <i>gaebleri</i> Potonie**	+			
<i>Sphenopteridium densifolium</i> Daber**	+			
<i>Sphenopteridium dissectum</i> (Goepfert) Schimper	+	o		
<i>Sphenopteridium pachyrrhachis</i> (Goepfert) Kidston**	+	+		
<i>Sphenopteridium schimperi</i> (Goepfert) Schimper**	+			
<i>Sphenopteridium silesiacum</i> Patteyski**		+		
<i>Sphenopteridium</i> sp.	+	o +		
<i>Sphenopteris</i> ( <i>Lyginopteris</i> ) <i>sculptilefolia</i> Purkynova**		+		
<i>Sphenopteris</i> cf. <i>beyschlagiana</i> Gothan**			+	
<i>Sphenopteris</i> cf. <i>kirkbyii</i> Kidston*			o	
<i>Sphenopteris</i> cf. <i>subsouichii</i> Stockmans et Will. *				o
<i>Sphenopteris delmeri</i> Stockmans et Will.**			+	
<i>Sphenopteris gersdorfi</i> Goepfert**		+		
<i>Sphenopteris hageniana</i> Gothan**			+	
<i>Sphenopteris lublinensis</i> Migier**			+	
<i>Sphenopteris michaeliana</i> Gothan**				+
<i>Sphenopteris mira</i> Kidston**			+	
<i>Sphenopteris praecedens</i> Gothan**				+
<i>Sphenopteris simplex</i> Gothan**	+			
<i>Sphenopteris</i> sp.			o	o +
<i>Zeilleria moravica</i> Ettingshausen**		+	+	
<i>Trigonocarpus</i> sp.	o		o	o
КОРДАИТЫ				
<i>Cordaianthus</i> cf. <i>pitcairinae</i> Lindley et Hutton*				o

Систематический состав	Визе	Серпухов		Башкир.
		Нижний	Верх- ний	
<i>Cordaianthus pitcairniae</i> Lindley et Hutton*				o
<i>Cordaianthus</i> sp.*				o
<i>Cordaicarpus</i> sp.**				+
<i>Cordaites principalis</i> Germar			o	o +
<i>Cordaites</i> sp.**				+
<i>Dorycardaites palmaeformis</i> (Goeppert)**				o +
<i>Samaropsis</i> sp.			o	

Примечания. \* Определения А. Котасовой;

\*\* Определения Т. Мигер;

*Отсутствие знаков* – совместное определение.

o – Львовско-Волынский бассейн.

+ – Люблинский бассейн.

В угленосной формации ЛВБ определено 150 таксонов, из которых 95 ранее были неизвестны. По количеству таксонов, систематическому составу, а также степени относительного распространения представителей отдельных типов флора ЛВБ и ЛБ характеризуется большим сходством. Наиболее разнообразным видовым составом отличаются птеридоспермы (53 %); далее следуют членистостебельные (20 %), плауновидные (19 %), папоротники (5 %) и кордаиты (3 %) (табл. 2).

Таблица 2

## Сравнение состава флоры ЛВБ и ЛБ

Тип, класс	Л В Б		Л Б		Л Л Б*	
	Количество таксонов	%	Количество таксонов	%	Количество таксонов	%
Плауновидные	35	23	22	15	46	19
Членистостебельные	33	22	27	18	48	20
Папоротники	6	4	8	6	13	5
Птеридоспермы	70	47	86	59	130	53
Кордаиты	6	4	4	2	8	3
<i>Всего</i>	150		147		245	

\* ЛЛБ – Львовско-Люблинский бассейн

Изучение частоты встречаемости растительных остатков показало, что в бассейне наиболее распространены плауновидные и членистостебельные (в основном каламиты), составляющие соответственно 46 и 25 % всех остатков макрофлоры. Затем следуют птеридоспермы, кордаиты и папоротники – соответственно 14, 8 и 7 %. Наиболее широко развиты гигрофиты (46 %). Подчиненное значение имеют мезофиты (29 %) и гидрофиты (25 %). Верхняя угленосная подформация отличается от нижней большим развитием гидрофитов и мезофитов, меньшим – гигрофитов.

## Тафономические особенности

Наземная растительность в основном представлена аппендиксами, стигмариями, а также их отпечатками. В большом количестве присутствуют фрагменты стволов каламитов, листья и стебли птеридоспермов. Реже встречаются остатки стволов, стебли, облиственные побеги и шишки плауновидных, а также фрагменты стволов, стебли папоротников, листья кордаитов. Некоторые остатки растений замещены пиритом, сидеритом, выполнены алевритовым материалом.

Форма залегания остатков различна. Стигмарины располагаются преимущественно горизонтально, а отходящие от них аппендиксы секут плоскости наложения пород под разными углами. В подошве угольных пластов аппендиксы часто образуют массовые послойные скопления. Стволовые части, стебли, листья располагаются обычно горизонтально. Растительный детрит концентрируется в форме слоев и прослоев, подчеркивая при этом слоистость вмещающих их пород. Широко развито также беспорядочное распределение определенных растительных остатков и детрита, характерное для верхней угленосной подформации.

Растительные остатки наиболее часты в алевритах (55 %) и аргиллитах (30 %). Они располагаются в слоях различной мощности, что позволяет косвенно судить о степени аллохтонности остатков растений различных систематических групп. Минимальное переотложение характерно для плауновидных, затем следуют членистостебельные–птеридоспермы–папоротники–кордаиты. Большому переносу папоротников, кордаитов, птеридосперм способствовала высокая транспортабельность как водным, так и воздушным путем фрагментов рахисов, перышек и других легкопереносимых элементов стеблей. Наоборот, стволы плауновидных и каламитов, обитателей заболоченных низменностей, берегов озер и рек, пойм могли переноситься в основном на небольшие расстояния и преимущественно водным путем.

Вертикальное распределение флоры в угленосной формации характеризуется неравномерностью. В общем, вверх по разрезу содержание макрофлоры сначала увеличивается, достигая своего максимума в средней части угленосной формации (верхи тягловской свиты, нижняя часть бужанской свиты), а затем уменьшается. На этом общем фоне отмечаются более мелкие (имеющие циклический характер) изменения содержания флоры. Обычно нижняя и средняя части циклов четвертого порядка отличаются большим развитием растительных остатков, чем их верхние части.

В целом вверх по разрезу формации происходит сокращение степени развития плауновидных и увеличение членистостебельных, птеридоспермов, в меньшей степени – папоротников и кордаитов.

В результате фациально-палеоэкологического анализа угленосных отложений в зависимости от таксономического состава и тафономических

особенностей нами выделены две группы фитоориктоценозов (монотипных и политипных), объединяющие по систематической принадлежности растительных остатков и их форме (следуя в этом за М. В. Ошурковой [6]) 13 основных типов фитоориктоценозов (табл. 3, рис. 2). В первой группе установлено девять типов растительных ориктоценозов, во второй – четыре.

Таблица 3

Основные типы фитоориктоценозов

Фитоориктоценоз	Развитие, %	Характер захоронения	Фация	Преобладающий экологический состав
<b>I. Группа монотипных фитоориктоценозов</b>				
Стигмариин хорошей сохранности и аппендиксы, секущие породу	35	Авт	Нзп, Вз	Гиг
Стигмариин плохой сохранности	8	Ал	Пр, Оп	Гиг
Стволы каламитов	11	Ал	Пр, Оп	Гид
Листья и стебли птеридоспермов	6	Ал, Авт	Пр, Оп	Мез
Стволы, стебли, листья плауновидных	4	Ал	Пр, Оп	Гиг
Стволы, стебли папоротников	3	Ал	Пр, Оп	Мез
Листья кордаитов	2	Ал	Пр, Оп, Мпм	Мез
Лентовидные остатки растений (аппендиксы)	4	Авт	Оп	Гиг
Неопределимые бесструктурные остатки	9		Ур, Оп	
<b>II. Группа политипных фитоориктоценозов</b>				
Стволы каламитов; стволы, стебли и листья птеридоспермов, папоротников, плауновидных	8	Авт	Пр, Нзп	Гид, Мез
Стигмариин и аппендиксы; стволы каламитов; стволы, стебли и листья плауновидных, папоротников	5	Авт	Пр, Нзп, Оп	Гиг, Гид
Стволы, стебли и листья птеридоспермов, папоротников	2	Авт, Ал	Пр, Оп	Мез
Листья кордаитов, стволы каламитов	3	Авт	Пр, Нзп, Оп	Гид, Мез

Примечание. Характер захоронения: Авт – автохтонный и гипоаллохтонный, Ал – аллохтонный; экологический состав: Гид – гидрофиты, Гиг – гигрофиты, Мез – мезофиты.

Из табл. 3 следует, что в угленосной формации наиболее распространены монотипные ориктоценозы (82 %), представленные в основном автохтонными и гипоаллохтонными стигмариин хорошей сохранности и аппендиксами, секущими породу (35 %). Фациально-палеоэкологические исследования показали, что они характерны для аргиллитов и алевролитов



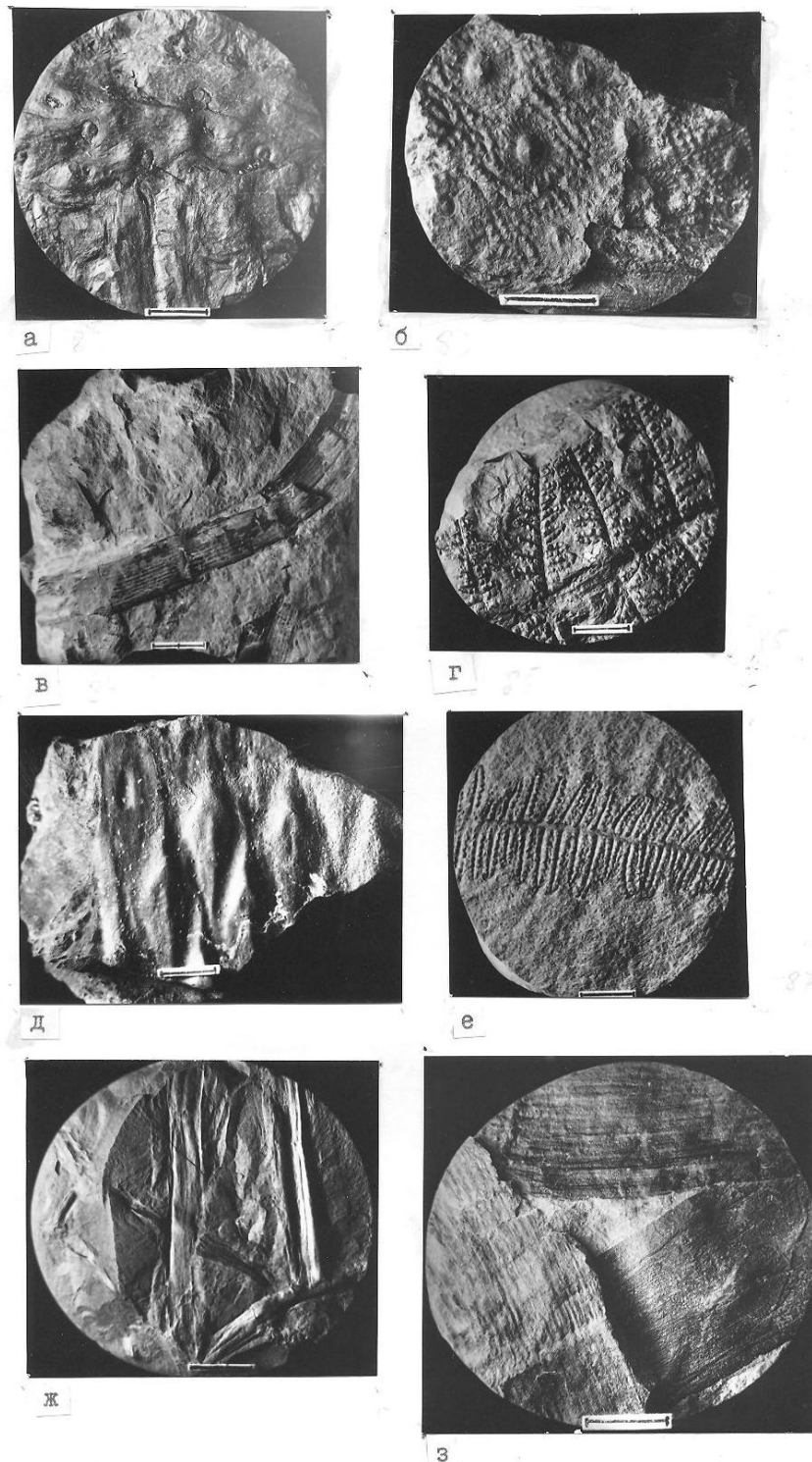


Рис. 2. Фитоориктоценозы угленосной формации ЛВБ:  
 типы ориктоценозов: а – 1-й: ядро *Stigmaria ficoides* с аппендиксами, скв. 5820, гл. 638,8–640,0 м; б – 2-й: фрагмент отпечатка *Stigmaria stellata*, скв. 6706, гл. 975,10–975,6 м; в – 3-й: деформированный фрагмент ствола *Asterocalamites scrobiculatus*, шахта № 2 Червоноградская; г – 4-й: отпечаток стебля и листьев *Lyginopteris* cf. *bermudensis-formis*, скв. 6853, гл. 1098,4–1099,3 м; д – 5-й: отпечаток сглаженной коры *Lepilodendron velthemii*, шахта № 7 Великомоствовская; е – 6-й: отпечаток стебля и листьев *Dactylatheca aspera*, скв. 9175, гл. 465,9–466,9 м; ж – 8-й: отпечатки растений лентовидной формы, скв. 6799, гл. 1364,6–1366,1 м; з – 13-й: отпечатки и обугленные остатки *Cordaites principalis* и *esocalamites ramifer*, скв. 6580, гл. 633,6–636,4 м

фаций зарастающих водоемов (Вз), заболоченных приморских низменностей (Нзп). Также широко развиты преимущественно аллохтонные стволы каламитов (11 %), наиболее часто встречающиеся в отложениях пойм (Пр), представленных глинистыми алевролитами. Третье и четвертое места по степени распространения в угленосной формации занимают фитоориктоценозы соответственно стигмариий плохой сохранности, а также листьев и стеблей птеридоспермов. В основном они аллохтонные и встречаются в алевролитах пойм и приморских озер (Оп). Остальные фитоориктоценозы, представленные переотложенными стволами, стеблями, листьями плауновидных, папоротников, кордаитов, лентовидными остатками растений (аппендиксы?), имеют ограниченное распространение. Они характерны для фаций пойм, приморских озер. Листья кордаитов также встречаются в прибрежно-морских аргиллитах (Мпм). Неопределимые бесструктурные остатки переотложенных растений широко развиты в песчано-алевритовых отложениях устьев и низовьев рек (Ур).

В группе политипных фитоориктоценозов наиболее распространены ориктоценозы, сложенные гипоаллохтонными и автохтонными стволами каламитов, стволами, стеблями и листьями птеридоспермов, папоротников, плауновидных (8 %), а также стигмариями и аппендиксами, стволами каламитов; стволами, стеблями и листьями плауновидных, папоротников (5 %). Указанные фитоориктоценозы преимущественно развиты в аргиллитах и алевролитах речных пойм, заболоченных приморских низменностей.

Как общий, так и частный характер изменения фитоориктоценозов по вертикальному разрезу формации аналогичен таковому, выявленному ранее для всего состава флоры. В направлении от суши к морю количество фитоориктоценозов закономерно сокращается, а их состав изменяется. Однако это происходит неравномерно. Первый максимум развития фитоориктоценозов (50 %) соответствует песчано-алевритовым и глинистым отложениям пойм рек и заболоченных приморских низменностей. Здесь преобладают монотипные ориктоценозы стигмариий хорошей сохранности и аппендиксов, секущих породы, стволов каламитов, листьев и стеблей птеридоспермов и политипные фитоориктоценозы стигмариий и аппендиксов, стволов каламитов, стеблей и листьев плауновидных, птеридоспермов, папоротников. Это – автохтонные и гипоаллохтонные фитоориктоценозы.

Второй максимум распространения ориктоценозов (25 %) связан с алеврито-глинистыми отложениями приморских озер, сильно опресненных лагун и заливов. Здесь преобладают аллохтонные фитоориктоценозы, широко представленные всеми типами обеих выделенных групп. Весьма редко встречаются стигмариий хорошей сохранности и аппендиксы, секущие породу. Далее, по мере удаления от берега, количество и разнообразие типов фитоориктоценозов уменьшается. Широкое развитие листьев кордаитов в аргиллитах фации прибрежного мелкого моря, по-видимому, связано с транспортировкой их воздушным путем.

Несмотря на существенные коррективы, которые вносит переотложение в латеральное распределение фитоориктоценозов, для ряда моно- и политипных типов установлена довольно четкая их приуроченность к отдельным породам, что определяет фаціальную принадлежность последних. Так, тип фитоориктоценозов является одним из основных генетических признаков для установления многих литогенетических типов фации пойм, заболоченных приморских низменностей, зарастающих водоемов, приморских озер, сильно опресненных лагун и заливов.

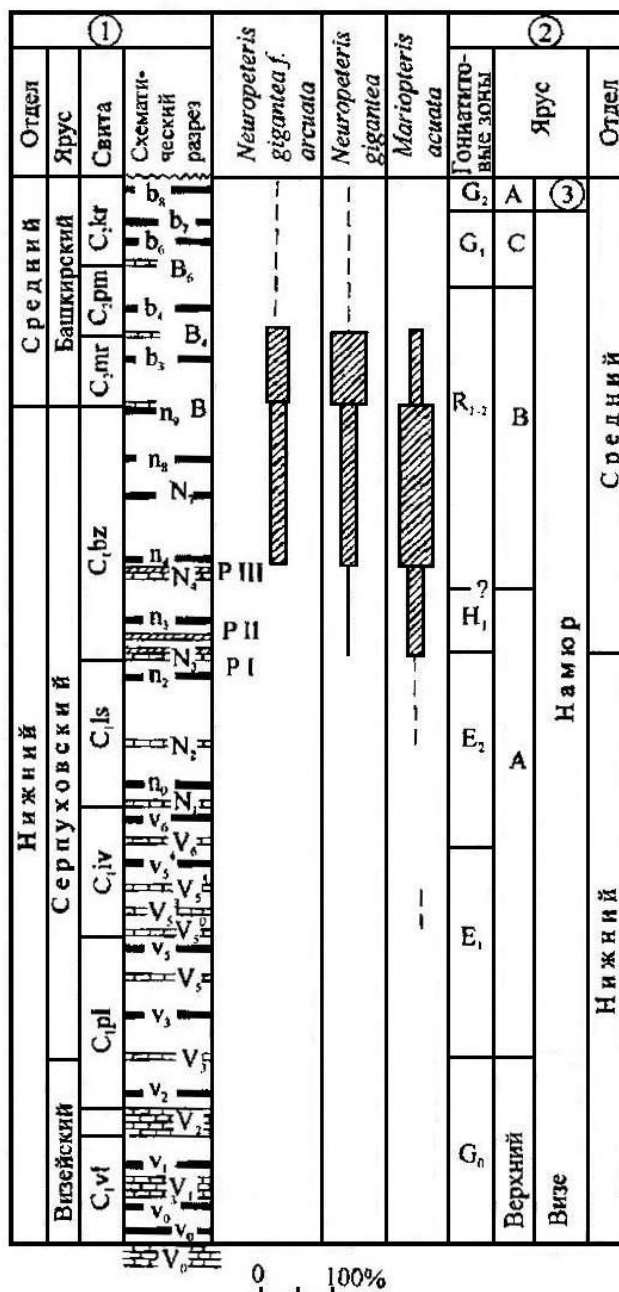
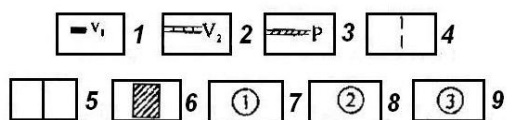
### **Фаціально-палеоэкологический анализ и стратиграфическое расчленение угленосной формации**

Обширный материал, полученный при фаціально-палеоэкологическом анализе терригенных отложений с растительными остатками, способствовал решению одной из важных проблем стратиграфии карбона ЛВБ – установлению границы между нижним и средним отделами каменноугольной системы. В соответствии с исследованиями П. Л. Шульги [10], в настоящее время указанная граница проводится по подошве известняка В<sub>1</sub> (рис. 3). Анализируя определения Е. О. Новик и Т. А. Ищенко флоры ЛВБ, П. Л. Шульга подчеркивает приуроченность *Neuropteris gigantea f. arcuata*, *N. gigantea*, *Mariopteris acuta* к морозовичской свите бассейна и их отсутствие в отложениях бужанской свиты. Указания данных авторов о находке в бужанской свите *Neuropteris gigantea f. arcuata* и *Mariopteris acuta* [1] П. Л. Шульгой считаются ошибочными. Между тем проведенный нами фаціально-палеоэкологический анализ показал, что *Neuropteris gigantea f. arcuata* и *N. gigantea* имеют широкое распространение не только в морозовичской свите, но также и в бужанской (соответственно 66 и 34 %), (см. рис. 3). Аналогичное распределение характерно и для *Neuropteris gigantea*. Соотношение находок данной формы в вышеупомянутых свитах составляет соответственно 56 и 44 %.

Более широкое стратиграфическое распространение установлено также и для *Mariopteris acuta* — третьей руководящей флористической формы, на которую ссылается П. Л. Шульга при определении возраста бужанской свиты. Помимо частой встречаемости указанного вида в бужанской и морозовичской свите, отдельные экземпляры *Mariopteris acuta* были нами найдены также в отложениях порицкой и лишнянской свит серпуховского яруса (см. рис. 3). Примечательно, что степень распространения указанного вида сначала увеличивается вверх по разрезу, достигая максимума в верхней части бужанской свиты, а затем в морозовичской свите уменьшается. Таким образом, обработка нового фактического материала показала широкое развитие в бужанской свите *Neuropteris gigantea f. arcuata*, *N. gigantea* и *Mariopteris acuta*.

Рис. 3. Распределение руководящих форм флоры в вертикальном разрезе угленосной формации ЛВБ:

1 – пласт угля и его индекс; 2 – пласт известняка и его индекс; 3 – посидониевый горизонт и его индекс. Содержание флоры: 4 – единичные находки, 5 – до 10 %, 6 – более 10 % (показано в масштабе). Стратиграфическое расчленение угленосной формации: 7 – унифицированная схема, 1993; 8 – предложения авторов статьи; 9 – вестфал. Свиты: vl – владимирская, pl – порицкая, iv – иваничская, ls – лишняянская, bz – бужанская, mg – морозовичская, pm – паромовская, kr – кречевская



В Донецком бассейне вышеуказанные формы распространены над известняком E<sub>8</sub> свиты C<sub>2</sub> (низы башкирского яруса - намюр В). По мнению Е. О. Новик, появление в разрезе карбона бассейна "... вида *Neuropteris gigantea* вместе с *Mariopteris acuta* выше известняка E<sub>8</sub> свидетельствует о начале башкирского яруса среднего карбона" [5, стр. 188]. В соседнем ЛБ, а также в Верхнесилезском угольном бассейнах виды *Neuropteris* (= *Paripteris*) *gigantea* и *Mariopteris* (= *Karinopteris*) *acuta* являются характерными для намюра В-С и вестфала А [12]. Следовательно, изучение вертикального распространения флоры свидетельствует, по крайней мере, о среднекаменноугольном, а не о нижнекаменноугольном (верхнесерпуховском) возрасте бужанской свиты ЛВБ.

Изучение находок гониатитов в разрезах угленосной формации ЛБ подтвердило ранее установленное по флоре более низкое положение границы между серпуховским и башкирским ярусами. В соответствии с местонахождением *Homoceras byrichianum*, *H. diadema* и др., характеризующих генозону *Homoceras*, она должна проводиться в 200–250 м ниже принятой в настоящее время границы и располагаться в кровле первого сидониевого горизонта над известняком N<sub>3</sub> [9] (см. рис. 3). В связи с этим возраст основной промышленно-угленосной свиты (бужанской) следует считать не позднесерпуховским (намюр А), а раннебашкирским (намюр В). В свою очередь, это определяет необходимость выделения на территории Восточно-Европейской платформы нового – позднесерпуховского-раннебашкирского этапа углеобразования.

### Заключение

Впервые за период геологического изучения ЛВБ осуществлен литолого(фациально)-палеоэкологический анализ терригенных отложений с растительными остатками. Установлено 82 горизонта наземной макрофлоры. Определены систематический состав и стратиграфическое распространение флоры ЛВБ и ЛБ. В угленосной формации ЛВБ определено 150 таксонов, из которых 95 ранее не были известны. Сравнительный анализ показал большое сходство состава флоры обоих бассейнов, а также необходимость изменения в ЛВБ положения границы между нижним и средним отделами каменноугольной системы. Выявлен экологический состав растительных остатков с преобладанием плауновидных и членистостебельных. Установлено тринадцать типов фитоориктоценозов: девять – монотипных и четыре – политипных, характеризующих тесные связи между организмами и средой их обитания; между составом и формой захоронения растительных остатков и условиями седиментации. Показана необходимость широкого использования фитоориктоценозов для сопоставления и корреляции угленосных разрезов, выделения литогенетических типов и фаций, определения условий образования угленосных отложений и угольных пластов.

Изложенные в статье материалы свидетельствуют о большой роли литолого-фациального анализа, основные положения которого были разработаны Романом Федоровичем Геккером, для решения широкого круга научных и практических вопросов угольной геологии ЛВБ. Учитывая расположение бассейна между областями развития каменноугольных отложений Западной и Восточной Европы, эти сведения представляют интерес также для межрегиональных корреляций, палеофитографического районирования и палеогеографических реконструкций.

## Библиографический список

1. **Бражникова Н. Е., Ищенко А. М., Ищенко Т. А. и др.** Фауна и флора каменноугольных отложений Галицийско-Волынской впадины. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 410 с.
2. **Геккер Р. Ф.** Положение и инструкция для исследований по палеоэкологии. М.: ГОНТИ, 1933. 40 с.
3. **Геккер Р. Ф.** Введение в палеоэкологию. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 83 с.
4. **Геккер Р. Ф.** Следы беспозвоночных и стигмарий в морских отложениях нижнего карбона Московской синеклизы. М.: Наука, 1980. 89 с.
5. **Новик Е. О.** Раннекаменноугольная флора Донецкого бассейна и его западного продолжения. Киев: Наук. думка, 1968. 234 с.
6. **Ошуркова М. В.** Детальное расчленение угленосных отложений по палеофитологическим данным: Методические рекомендации. Л.: ВСЕГЕИ, 1981. 39 с.
7. **Шульга В. Ф., Лелик Б. И., Гарун В. И. и др.** Атлас литогенетических типов и условия образования угленосных отложений Львовско-Волынского бассейна. Киев: Наукова думка, 1992. 176 с.
8. **Шульга В. Ф., Огарь В. В.** Литолого(фациально)-палеоэкологический анализ карбоновой угленосной формации Львовского палеозойского прогиба // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2007. Вып. 1 (17). С. 78-92.
9. **Шульга В. Ф., Здановски А., Зайцева Л. Б. и др.** Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. 427 с.
10. **Шульга П. Л.** О перерыве в отложениях на границе нижнего и среднего карбона во Львовско-Волынском бассейне и его историко-геологическое значение // Геол. журн. 1980. № 5. С. 80–87.
11. **Migier T.** Stratygrafia karbonu na podstawie makroflory // Karbon Lubelskiego Zagłębia Weglowego. Prace Inst. Geol. T. 122. S. 120–131
12. **Karbon w Polsce.** Prace Panstw. Inst. Geol., 1995. CXLVIII. 215 s.

## **СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ПРОТЕРОЗОЙСКОГО КАРБОНАТОНАКОПЛЕНИЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ СВОЕОБРАЗИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКОЙ БИОТЫ**

За последние 10-15 лет получен огромный часто принципиально новый материал по докембрийской биосфере [5, 20, 21]. Существенно увеличились наши знания по докембрийским и прежде всего протерозойским осадочным образованиям. Весьма актуальной и интересной становится проблема установления соотношения и взаимосвязи обстановок и механизмов протерозойского седиментогенеза и специфической биоты этого времени.

В рамках Международной программы геологической корреляции при финансировании со стороны ЮНЕСКО в течение нескольких последних лет выполнялся международный проект № 447 «Карбонаты и эволюция Земли в протерозое» [11]. Несмотря на столь общее многообещающее название, исследования в основном были посвящены изучению своеобразной развитой практически только в карбонатных отложениях именно протерозоя текстуры, известной под английской аббревиатурой MTS. Вместе с тем изучение карбонатных отложений протерозоя действительно может дать и дает интереснейшую информацию о геохимических обстановках протерозойских бассейнов, определивших многие специфические черты седиментогенеза, а частично и диагенеза того времени.

Вообще карбонатные породы содержат с себе огромную информацию и могут быть наиболее информативны в ряду других осадочных пород, поскольку позволяют не только восстанавливать конкретные условия их образования с полнотой и детальностью, недостижимой для других пород, но и решать и вопросы глобального уровня через геохимическую историю углекислоты и кальция.

В настоящем сообщении рассматриваются четыре основных момента – специфика минерального состава протерозойских карбонатных отложений, тип органогенных построек – «рифов» протерозоя, характер окремнения карбонатных пород и упомянутая выше текстура MTS. Это, естественно, не охватывает все проблемы протерозойского карбонатонакопления, но отражает некоторые важные его черты.

По отдельности данные вопросы в том или ином виде освещались в печати, но рассмотрение их вместе позволяет подвести определенные итоги. Автор отдает себе отчет, что не все представленные здесь выводы могут быть приняты как окончательные. Более того, он сам, видимо, лучше

многих видит спорные и нерешенные вопросы, однако берет на себя смелость вынести их на обсуждение.

Несмотря на разномасштабность, разную значимость, эти показатели, как представляется, имеют важное общее в своем происхождении, которое могло быть реализовано только в протерозое. Строго говоря, речь будет идти не обо всем протерозое, а в основном о рифее отечественной шкалы или мезо- и неопротерозое международной, ибо на границе раннего и среднего протерозоя произошли весьма существенные изменения, с которых, в частности, началось *массовое* развитие карбонатных отложений.

Своеобразие вещественного состава заключается прежде всего в том, что среди основных карбонатных пород – известняков и доломитов, последние резко преобладают. Кроме того, к отложениям этого возраста приурочены уникальные по масштабам, практически не встречающиеся в таких количествах в отложениях иного возраста столь разные породы как сидериты и магнезиты, а в ряде случаев и некарбонатный магнезиальный минерал брусит.

Для объяснения указанного факта целесообразно выйти за строгие рамки протерозоя и посмотреть распределение карбонатных пород разного состава в геологической истории Земли. Еще в начале XX века Р. Дэли установил, что от палеозоя к мезозою и кайнозою происходит резкое сокращение количества доломитов и смена их известняками. Позднее данная тенденция была подтверждена на огромном материале верхнедокембрийского и фанерозойского разреза Восточно-Европейской платформы А. П. Виноградовым, А. Б. Роновым и В. М. Ратынским и по другим регионам Дж. Чилингаром, Дж. Шмокером, К. Кристинком и Р. Хэлли и др. [19, 31, 37]. Такое положение автоматически распространялось и на весь докембрий, что оказалось не совсем верным. Безусловно, сейчас нет столь подробных, а главное систематических, выполненных по специальной методике количественных оценок развития в докембрии пород разного состава, как это выполнено для фанерозоя. Вместе с тем анализ достаточно многочисленных публикаций показал, что в архее и частично нижнем протерозое преобладали кальцитовые разности карбонатных пород, ныне в большинстве случаев глубоко метаморфизованные (см. библиографию в [12]). Из более общих работ следует отметить интересную и крайне важную, но не воспринятую на фоне общих представлений работу О. М. Розена и В. Л. Злобина [18], где было показано, что в архее преобладали известняки. При этом появление доломитов связано с вторичными процессами дополнительного поступления магния за счет диагенетического разложения находящейся в осадке силикокластике.

Из свежих данных отметим, что интересные сведения о геохимических обстановках и составе наиболее древних организмов были приведены Францесе Весталл на 32-й сессии Международного геологического конгресса во Флоренции [43]. Ею исследовались биоморфные образования



толщ Пилбара района Киттиспэп на северо-западе Австралии с возрастом 3,46 млрд лет и Барбертон Южной Африки с возрастом 3,33 млрд лет. Биогенные остатки представлены биопленками, коккоидными, сферолитовыми, нитевидными, цепочечными и прутковидными образованиями, сложенными кальцитом. Автор отмечает, что обстановка в архее была кислой, а в атмосфере была высокая концентрация  $CO_2$ .

С учетом всех перечисленных данных на рис. 1 схематически показано распределение карбонатных пород разного состава в геологической колонке. Показательно, что отмечается достаточное однотипное распределение в разрезе магниальных соединений и временного развития автотрофов и прежде всего цианобактерий. При этом намечается несколько рубежей резких изменений содержания доломитов и частично магнетитов и развития цианобактерий.

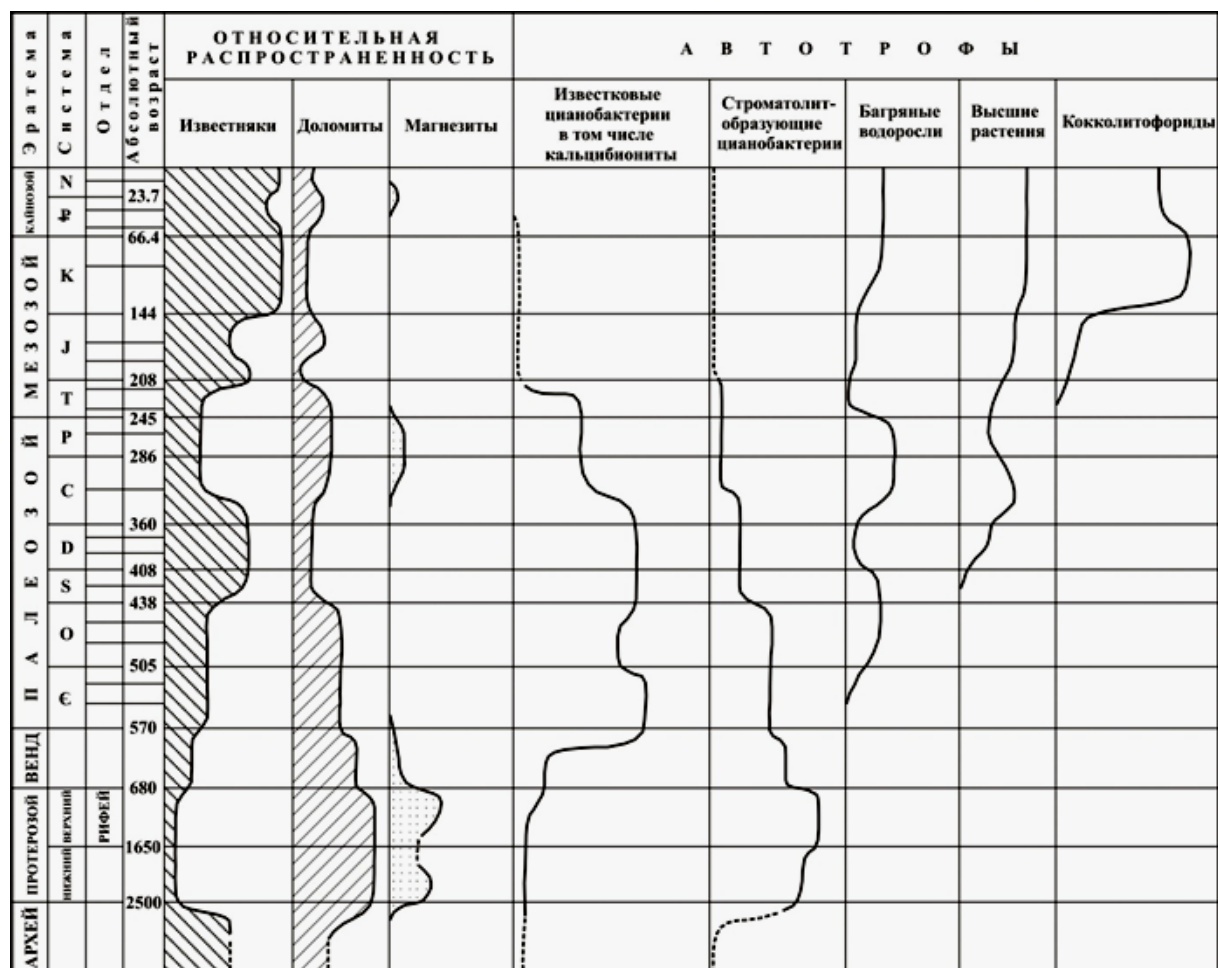


Рис. 1. Схема соотношения распространения типов карбонатных пород с развитием некоторых автотрофов в истории Земли

Первый рубеж – граница раннего и среднего протерозоя – становление и расцвет строматолитов и начало массового накопления доломитов и магнетитов.

Второй рубеж – сокращение и распад строматолитообразующих сообществ в венде, который обусловил первое снижение интенсивности накопления доломитов и практическое исчезновение магнезитов на границе рифей – венд, а затем и венд – кембрий.

Третий рубеж – граница раннего и позднего палеозоя – время выхода растительности на сушу. Новая экосистема оказалась более результативной с точки зрения усвоения углекислоты и продуцирования кислорода и привела к резкому сокращению строматолитообразующих сообществ и вытеснению их в специфические неблагоприятные для высокоорганизованной биоты экологические ниши. В мелководных морских обстановках геохимические функции последних частично перешли к известковым цианеям – кальцибионтам, которые в значительной степени способствовали доломитообразованию в этих палеогеографических обстановках.

Четвертый рубеж – середина мезозоя. С юры и особенно мела карбонатонакопление в значительной мере сместилось в пелагиаль и стало планктоногенным, среди морских автотрофов ведущее значение приобрел фитопланктон. Область развития цианей и бентосных водорослей, которые создавали геохимические условия, благоприятные для доломитообразования, оказалась в еще большей степени ограниченной относительно малыми площадями и специфическими условиями литорали и полуизолированных водоемов, куда и сместилось основное доломитообразование.

Аналогичная параллельность временного развития доломитов и магнезитов и микробиальных сообществ установлена и на многочисленных конкретных разрезах фанерозоя [9, 12, 13, 14, 38]. Подобные соотношения вряд ли случайны.

Небольшое отступление. Известно, что ни в одной опытной работе по синтезу доломита при низких температурах не удалось получить этот минерал. В лучшем случае получалась субстанция, соответствующая по валовому химическому составу доломиту. Сейчас практически общепринято, что само образование доломита как минерала с его кристаллической решеткой и кристаллографическими формами происходит в диагенезе. Поэтому в шлифах петрографы чаще всего видят наложенный характер доломита, что обеспечило широко развитое представление о вторичности доломитов вообще. В связи с этим важно установить обстановки и способы осаждения именно магнезиальных соединений, которые затем образуют доломит. Имеется достаточно оснований полагать, что именно микробиальные сообщества создавали условия, благоприятствующие садке таких соединений, которые в итоге и дают доломиты и магнезиты.

Во-первых, эти организмы в процессе жизнедеятельности усваивали растворенный в воде углекислый газ, что вело к повышению рН морской воды; это, в свою очередь, способствовало осаждению магнезиальных соединений. Например, карбонаты магния и гидраты оксида магния осаждаются при рН более 9,5. В цианобактериальных экосистемах это обстоя-

тельность усиливается тем, что в них практически отсутствуют донные животные организмы, которые за счет дыхания хотя бы частично могли возмещать его усвоение цианеями.

Во-вторых, значительные массы генерированного водорослями и цианобактериями органического вещества определяли специфическую геохимическую обстановку диагенеза, которая также была благоприятна для садки магнезиальных соединений. Развивающиеся на органическом субстрате сульфатредуцирующие бактерии использовали кислород сульфатов, а органическое вещество как пищу; сульфаты переводились в сероводород с его последующим удалением из системы путем дегазации или связывания в виде нерастворимых сульфидов, главным образом железа. Это вело к дефициту анионов и относительному избытку катионов и магния в частности. В таких условиях магний легче образовывал малорастворимые карбонаты и гидраты оксидов или органометаллические комплексы. Не исключено также, что диагенетическое метанообразование связывало значительные количества углерода и тем самым уменьшало концентрацию углекислоты, то есть повышало рН среды, что в целом способствует садке соединений магния. Напомним, что в сульфатных водах растворимость доломита повышается.

В данном случае при избытке магния последний в виде гидрооксидов начинает осаждаться при  $pH=8,0-8,4$  [24]. Такое положение показано, в частности, на современных осадках, где в оболочке цианобактерий концентрация магния возрастает в 3-4 раза, что и ведет к резкому повышению магний-кальциевого отношения до 25-30:1 против 4,5:1 в морской воде [29]. Одновременно пониженное содержание сульфат-ионов способствует образованию доломита.

Тем самым эволюция донных автотрофов и цианей, в частности, в значительной степени обусловила (наряду с другими факторами) эволюцию доломитообразования. Становится понятным широкое развитие магнезитов и преимущественно доломитовый состав рифейских, вендских и частично кембрийских карбонатных отложений.

Рассмотренный механизм – лишь общая схема. Процесс, видимо, многостадийный, причем на каждой стадии функционируют разные микробиальные сообщества. Сами процессы и результаты осаждения магнезиальных соединений в присутствии цианобактерий, сульфатредуцирующих и метаногенных бактерий смоделированы экспериментально и изучены на ряде современных объектов [7, 30, 36, 33, 39, 40, 41, 42, 44, 45]. При этом в современных осадках образуются арагонит и гидромагнезит.

Из перечисленного следует два важных вывода.

1. *Способ образования доломитов, а скорее всего и магнезитов, не хемогенный, а биохемогенный.* Об этом же свидетельствует наличие, хотя и не всегда в массовом количестве, строматолитовых доломитов и магнезитов и вообще микробиальных текстур в данных породах. Укажем, что

наиболее частое образование доломитов в водоемах несколько повышенной солености не является непосредственной *причиной* осаждения магnezиальных соединений. В таких *условиях* высокоорганизованная фауна не развивается или угнетена и данную экологическую нишу оккупируют толерантные к солености микробные сообщества, в том числе цианобактерии, которые и обуславливают уже *механизм* осаждения. В протерозойских бассейнах, где были развиты практически только цианеи, шло преимущественное осаждение доломитов и магнезитов. Отмеченное, кстати, не исключает чисто вторичного, не седиментационно-диагенетического их образования и тем более преобразования.

2. *Высокощелочной характер многих (но далеко не всех!) протерозойских бассейнов.* Такой вывод с определенными коррективами подтверждает ранее высказанные соображения о древнем «содовом океане» Ш. Кемпе, Е. Т. Дегенса и Я. Казмирчака [33, 34]. Дело в том, что этот «содовый океан» не был Мировым океаном в современном значении этого понятия. Существовали водоемы с иной, не щелочной гидрохимией, о чем свидетельствуют как литологические, так и биологические показатели. К числу первых относится, например, наличие осадочных сидеритов, формирование которых требует если не кислой, то по крайней мере нейтральной среды. Упомянув о сидерите, необходимо сделать небольшое отступление и примечание. Само наличие сидеритов в рифее вроде бы противоречит идее о щелочных условиях. Снять это противоречие можно, либо приняв наиболее распространенное «традиционное» мнение о гидротермально-метасоматическом характера сидеритов, но это, если откровенно, будет уловка, поскольку имеется много доказательств их первично осадочного происхождения. Скорее все же бассейны были разные, условия могли достаточно быстро меняться (в нижнем рифее Урала стратиграфически достаточно близко расположены месторождения магнезитов и сидеритов – минералов и пород, различных по геохимическим условиям образования). Подобная быстрая смена обстановок вызывает значительные сомнения.

Интересны в этой связи данные, что первичными минералами железистых кварцитов архея – нижнего протерозоя еще до расцвета цианей и создания щелочной среды были именно железистые карбонаты типа сидерита. Подобные данные по соотношению лития и магния получены, в частности, для верхнеархейской зимольской серии Костомукшского месторождения в Карелии, нижнепротерозойской криворожской серии Украинского щита, железисто-кремнистой формации Курской магнитной аномалии и др. районов; в ряде случаев сидериты существуют и до настоящего времени [4, 18].

В качестве биотических показателей следует указать на работы М. А. Федонкина [25, 26, 32], который показал, что в протерозое в тепловодных бассейнах с карбонатонакоплением существовали практически только цианобактерии, в то время как вне этих водоемов в более холодных водах с

накоплением силикокластики биота была более разнообразна, вплоть до наличия эвкариот. Но подобная ситуация – обилие микробных сообществ при отсутствии иного биоса – существует и сейчас в «содовых озерах» с высокой щелочностью [6].

В современных условиях, равно как и в фанерозое, ситуация прямо противоположна: разнообразие фауны в теплых морях с карбонатной седиментацией неизмеримо выше, чем в холодноводных. К примеру, в морях, омывающих Малайский архипелаг, обитает 27 % видов фауны современного Мирового океана, в то время как в море Лаптевых всего 0,3 %.

Обсуждая роль организмов в протерозойском карбонатонакоплении, нельзя не остановиться на органогенных образованиях – «рифках» этого возраста. Данный вопрос интересен в чисто научном плане, ибо касается одного из этапов эволюции рифообразования в истории Земли, причем начального и весьма своеобразного этапа эволюции. Одновременно он приобретает и важное прикладное значение, поскольку с подобными образованиями связаны месторождения, в том числе и очень крупные, нефти и газа. Так, для одной из крупнейших зон нефтегазонакопления Сибирской платформы – Юрубчено-Тохомской зоны, включающей Юрубченское, Куюмбинское и Вэдрэшевское месторождения, рисуется серия рифов, с которыми связаны основные притоки углеводородов [3, 8, 28].

Обсуждаемая проблема во многом имеет терминологический характер, прежде всего из-за многозначности самого термина «риф». В широком смысле слова (*sensu lato*) термин относится ко всем видам органогенных сооружений вне зависимости от их размеров, морфологии, положения относительно уровня моря и т. д., то есть охватывает пластовые образования – биостромы, холмовидные, не выходящие на уровень волнолома, биогермы, а также крупные массивы с сопутствующими отложениями, связанными с выходом кровли сооружения выше базиса действия волн, и даже над уровнем моря (рифовый шлейф, внутририфовая лагуна и т. д.).

Последний, то есть риф в узком смысле слова (*sensu stricto*), представляет собой «сложное геологическое образование, возникшее в результате жизнедеятельности колониальных или нарастающих организмов (живших вблизи поверхности воды и обладающих волноустойчивым потенциалом) и представляющее собой карбонатный массив, сложенный, по крайней мере частично, остатками организмов и продуктами их разрушения, возвышавшийся во время своего образования над дном окружающего моря и образующий в связи с этим волнолом. Поскольку скорость роста рифов превышает скорость накопления окружающих осадков, его мощность больше мощности синхронных отложений и ископаемый риф как геологическое тело представляет собой и морфологически обособленное сооружение, и закономерную ассоциацию слагающих пород [23, с. 117]. При этом и биогермы, и биостромы могут существовать либо как самостоятельные постройки, либо входить в состав рифов *sensu stricto*.

И если существование в рифе простых построек и прежде всего биостромов, в меньшей степени биогермов, сомнений не вызывает, то наличие крупных морфологически выраженных в рельефе дна палеобассейнов сооружений – собственно рифов – требует особого рассмотрения.

Дело в том, что в фанерозое, наряду с водорослями, значение и систематические группы которых также менялись во времени, основными строителями рифов были обладавшие известковым скелетом животные. Все же докембрийские сооружения сложены строматолитами – биоседиментарными структурами, и возможность их прямого сопоставления с рифами фанерозоя требует специального их анализа и аргументации их рифовой природы.

Именно в таком, в значительной степени геоморфологическом, точнее, палеогеоморфологическом и геологическом значении обсуждается возможность существования в протерозое рифов, морфологически выраженных в рельефе дна.

Не касаясь рельефообразующих возможностей цианобактериальных сообществ, представленных строматолитами (заметим в скобках, что в большинстве работ устанавливается крайне низкая прижизненная высота таких образований [17, 22 и др.]), в данном анализе рассмотрены соотношения мощностей и фаций строматолитовых образований, в том числе выделенных сейсмическими методами «рифов» – с вмещающими – синхронными и покрывающими отложениями – в сравнении с таковыми для фанерозойских рифов, морфологически выраженных в рельефе дна.

Если строматолитовые массивы были подлинными рифами в буквальном смысле слова (*s. s.*), то при перепаде высот в сотни метров (а именно так рисуются эти образования на сейсмических профилях), должны отмечаться резкие фациальные различия отложений, прежде всего по глубине их образования. Синхронные рифу осадки, сформировавшиеся на сотни метров глубже, чем отложения, слагающие риф, должны иметь резко отличные от последних литологические характеристики и отличаться большей глубоководностью.

Достаточно специфичны должны быть и толщи, выполняющие, нивелирующие рифовый рельеф (рис. 2). Они всегда моложе рифов, однако их отделение от подстилающих стратиграфически более древних рифсодержавших комплексов, точная и дробная биостратиграфическая корреляция, установление одновозрастности или разновозрастности рифовых и вмещающих нерифовых отложений – задача в любом случае крайне сложная [10], а для протерозоя пока, видимо, неразрешимая из-за относительной бедности и специфичности биоты этого времени. Практически единственными критериями для выделения комплексов, покрывающих рифы и одновозрастных не рифовых отложений, могут быть литолого-фациальные

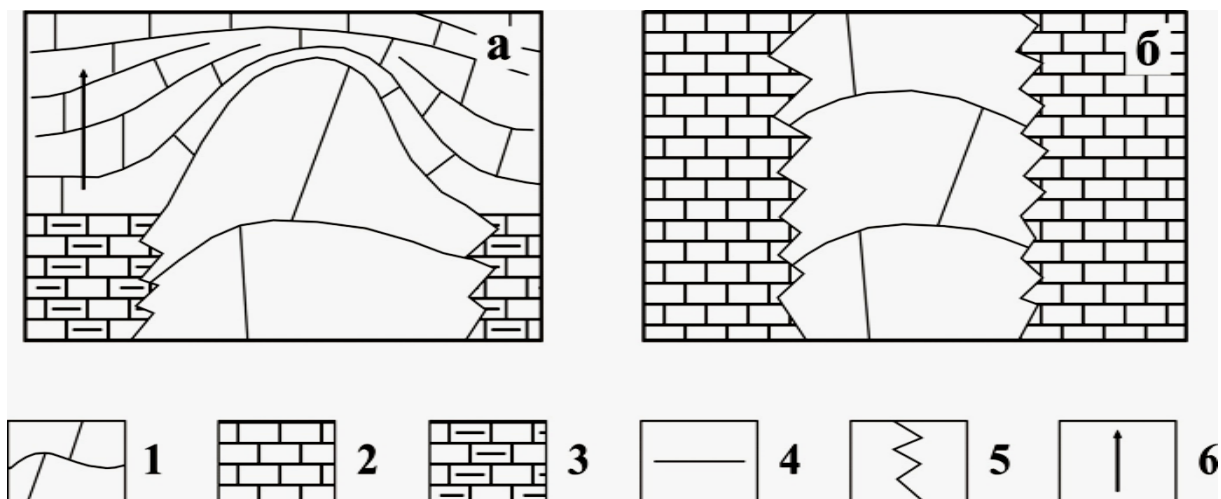


Рис. 2. Схема стратиграфических и фациальных соотношений рифов (а) и биостромных массивов (б) с вмещающими отложениями (масштаб не соблюден):

1 – породы рифов и биостромов; 2 – мелководные внерифовые отложения; 3 – глубоководные и относительно глубоководные внерифовые отложения; 4 – хроностратиграфические границы; 5 – фациальные границы одновозрастных отложений; 6 – направление обмеления

показатели. Подобные толщи выполнения имеют отчетливо регрессивное строение – с глубоководной нижней частью, причем глубина определяется высотой рифа, его превышением над синхронными внерифовыми отложениями, направленным обмелением вверх по разрезу с мелководными образованиями в кровле. Как правило, подобные толщи представлены глинистыми и песчано-глинистыми отложениями в условиях гумидного климата и соленосными – в условиях аридного. В данном же случае это карбонатные породы. Важнее другое: как синхронные рифу отложения, так и «толщи выполнения» – сплошь мелководные, часто крайне мелководные со следами взмучивания, многочисленными перерывами и с цианобактериальными образованиями фотической зоны.

Некоторое возвышение строматолитового массива над окружающими синхронными отложениями, включая следы подъема слоев у склонов массива, может быть частично связано с большей способностью к уплотнению тонкозернистых водонасыщенных осадков, расположенных между массивами, по сравнению с более жесткой, устойчивой к уплотнению строматолитовой постройкой. Во многом это объясняется разными механическими свойствами пород массива и окружающих его отложений, большей устойчивостью к денудации жестких построек, которые в современном рельефе представляют собой отпрепарированные останцы.

Само наличие карбонатного массива, четко выделяющегося своей литологией от вмещающих отложений примерно той же мощности, отрицать ни в коем случае нельзя, но это тело никак не подходит под узкое, приведенное выше определение рифа.

Подобную ситуацию весьма точно отразил Е. М. Хабаров: «Термин «рифогенная» в данном случае свидетельствует о массовом распространении в осадочной толще органогенных построек, но не указывает на наличие или отсутствие «истинных» рифов» [27, с. 62].

Безотносительно термина, которым они определяются, подобные образования представляют интерес для нефтегазовой геологии, так как характеризуются более высокими коллекторскими свойствами, чем вмещающие отложения [15, 28]. При этом отличия физических свойств таких массивов от свойств вмещающих отложений являются физической основой выделения и картирования погребенных образований с помощью современной сейсморазведки.

Не отрицая перспективности подобных образований, их все же нельзя слишком прямолинейно сравнивать с фанерозойскими рифами (s.s.). Во-первых, у рифейских и фанерозойских образований принципиально разный тип первичного пустотного пространства и соответственно разный характер вторичных преобразований, определяющих современные значения фильтрационно-емкостных свойств. Во-вторых, фанерозойские рифы, обладая положительным рельефом в виде приподнятого над дном объемного тела, сразу после перекрытия непроницаемыми отложениями, а это, как отмечено выше, чаще всего глины или соли, становятся ловушками, получившими удачное название «палеогеоморфологических» [35]. Рифейские же постройки не имели ни подобного рельефа, ни бокового ограничения в виде непроницаемых пород, хотя породы «риф» и отличаются от одновозрастных отложений, последние не являются флюидоупорами. Поэтому для формирования ловушек в рифейских постройках, которые, повторим, не имели собственного рельефа, необходимы последующие тектонические движения, которые и создают структурную ловушку, главным образом антиклинального типа. Отсюда методика прогноза, поисков и разведки подобных образований отличается от таковых для рифов в узком смысле этого слова.

Вместе с тем различия физических свойств пород этих построек и вмещающих отложений, равно как и различия их внутреннего строения, позволяют выделять подобные тела сейсмическими методами, что определяет перспективность использования этих методов при поисках и оконтуривании этих перспективных на нефть и газ объектов.

Следующий аспект рассматриваемой проблемы – специфика окремнения протерозойских карбонатных пород, которая, как представляется, обусловлена своеобразием химизма рифейских бассейнов, а именно высокощелочным характером их вод.

Первоначально окремнение изучалось на обнажениях неопротерозойской формации Ваншан в районе Хьянань в провинции Аньуй в центральной части Восточного Китая. Окремнение создает здесь весьма причудливые и причудливые формы, особенно при поверхностном препарировании – башни, замки, фантастические существа, которые составляют ос-



новые экспонаты небольшого местного музея и являются предметом продаж. Именно эти причудливые формы вызвали «удивление», вопрос «почему?» и желание разобраться. Подобное появление интереса в качестве побудительного мотива исследования было отмечено еще великим Аристотелем. Подзаголовок второй главы книги первой Метафизики звучит: «Мудрость (высшая наука) имеет не действенный, но теоретический характер; это явствует из того, что источником, откуда она появилась, было удивление...» [1, с. 21]. (В другом переводе это положение звучит еще более определенно: «Удивление – источник появления науки о первых началах и причинах» [2, 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» [1, с. 22].

Никто из высококвалифицированных геологов международной исследовательской группы не мог дать вразумительного ответа на вопрос о причинах окремнения докембрийских карбонатных пород.

Дело в том, что окремнение карбонатных отложений в виде разнообразных стяжений, секреций, конкреций, линз, и пр. – явление достаточно обычное, многократно описанное и в целом относительно изученное. Источником кремнезема в большинстве случаев являются остатки организмов с «кремневой функцией» – радиолярий, губок, диатомей. Опаловые скелеты в диагенезе, а частично и катагенезе растворяются, кремнезем перераспределяется с образованием конкреций и линз. Другой, видимо более редкий путь – внос кремнезема, образующегося при глубоком химическом выветривании перекрывающих карбонатные породы алюмосиликатов.

Оба эти варианта достаточно удовлетворительно объясняют окремнение фанерозойских (по крайней мере, с ордовика) карбонатных пород, но не применимы к докембрийским образованиям. Прежде всего, в морях докембрия не было усваивающих кремнезем организмов, и, во-вторых, отсутствие наземной флоры исключало возможность глубокого кислого выветривания и появления растворенной кремнекислоты, которая затем проникла в карбонатные породы с образованием соответствующих форм.

Более подробно и детально эти явления исследовались на окремненных рифейских карбонатных отложениях Юрубчено-Тохомской зоны Сибирской платформы.

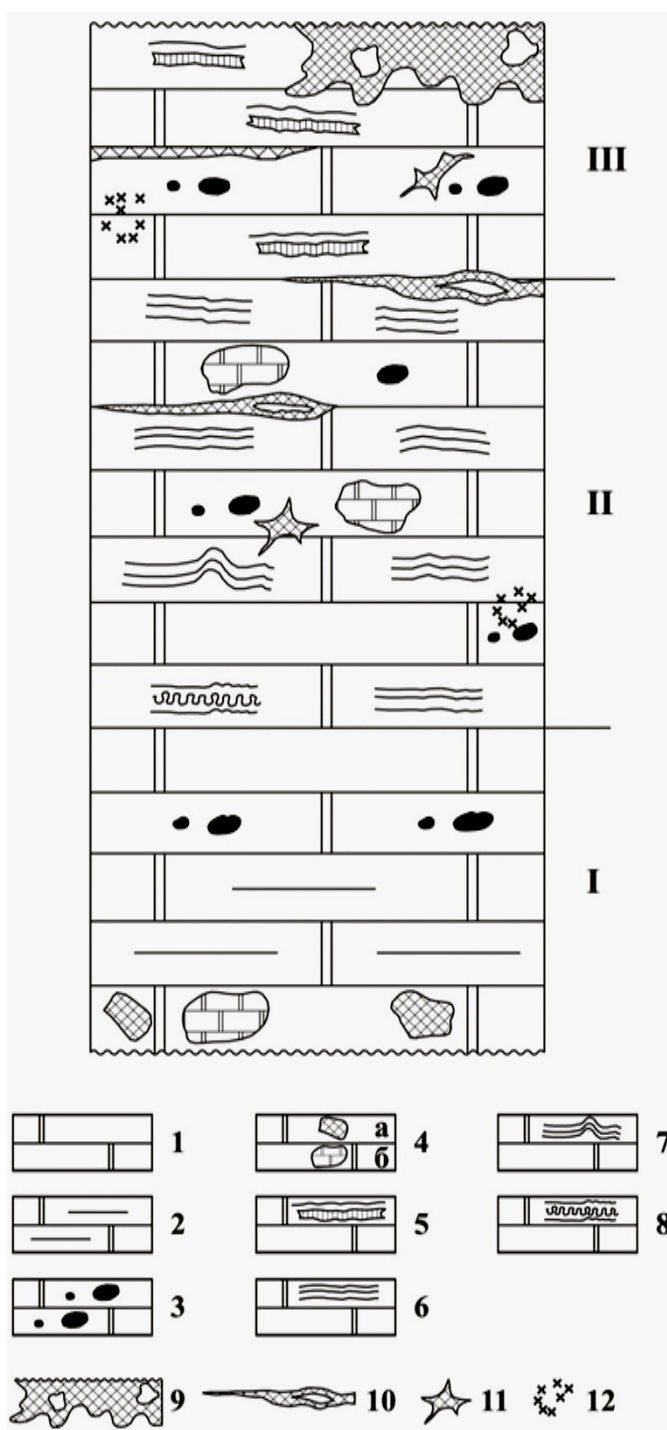
Формы окремнения достаточно разнообразны, но главным образом это тонкая импрегнация кремнеземом микритовых прослоек строматолитов, каверн выщелачивания на поверхностях перерывов, что, кстати, способствует их консервации. Конкреции и желваки – наиболее распространенная форма окремнения в фанерозое – практически не встречены. При

этом обращает на себя внимание, что окремнение приурочено преимущественно к кровле седиментационных циклитов, зафиксированных перерывами, поверхностным выщелачиванием и закарстованностью (рис. 3).

Рис. 3. Строение типового циклита рифейских карбонатных отложений Юрубченской площади:

1-8 – доломиты: 1 – микрокристаллические, 2 – глинистые, 3 – сгустково-комковатые, 4 – онколитово-интракластовые (интракласты: а – кремневые, б – доломитовые), 5 – строматолитовые микрослоистые с фибровыми прослоями, 6 – строматолитовые горизонтальнотонкослоистые, 7 – строматолитовые бугорчатые и столбчатые, 8 – строматолитовые с узорчатыми прослоями; 9-12 типы окремнения: 9 – пористые корки с реликтами исходных карбонатных пород, 10 – линзовидно-послойное окремнение, 11 – агатовидный кремнезем в кавернах, 12 – тонкая импрегнация доломитов халцедоном.

I, II, III – нижний, средний и верхний элементы циклита



Источники кремнезема и возможные механизмы окремнения, вероятно, определяются спецификой геохимии протерозойских водоемов. Высокая щелочность бассейнов обусловила растворение находящихся в осадке силико- и пирокластики и обогащение вод растворенным кремнеземом. Напомним, что растворимость кремнезема резко возрастает при pH выше

10 и при наличии NaCl, Mg и высоком значении магний-кальциевого отношения.

При обмелении и осушении ситуация кардинально менялась. При смешении с метеорными водами снижалась соленость, уменьшались концентрации NaCl и Mg, pH резко падало, и растворенный кремнезем выпадал в осадок, корродируя и замещая карбонатный материал. Именно поэтому основное окремнение приурочено к кровле циклитов и фиксирует границы перерывов.

Дополнительным аргументом в пользу такого механизма может служить факт окремнения именно пелитоморфных прослоев в строматолитах – собственно бактериальных выделений, где разложение органического материала быстрее всего снижало pH и создавало условия осаждения кремнезема.

Таким образом, окремнение практически синседиментационно. Видимо, этим можно объяснить отсутствие конкреций, стяжений и линз – основной формы фанерозойского окремнения, которое связано с перераспределением кремнезема в диагенезе и катагенезе.

Рассмотренная схема объясняет пространственное размещение окремнения и его преимущественную приуроченность к фациям развития строматолитовых доломитов (рис. 4). Дело в том, что эти наиболее мелководные зоны осушались даже при крайне незначительных понижениях уровня моря, и здесь в максимальной степени реализовывались рассмотренные выше условия и сопутствующие им процессы.

Наконец, четвертый аспект проблемы протерозойского карбонатобразования – это своеобразные текстуры, встречающиеся в темноцветных, обогащенных органическим веществом протерозойских карбонатных породах. Эта текстура была описана в конце XIX в. и представляет собой систему светлых кальцитовых жилок неправильной извилистой формы (изгибающиеся линзочки, «червячки» и т. д.) толщиной обычно в несколько миллиметров, пронизывающих темноокрашенные пласты доломитов и известняков, часто глинистых, и располагающихся под различными углами к границам слоев. В обнажениях кальцит жилок нередко растворяется и образуется серия извилистых бороздок, желобков и поверхность напоминает поверхность зубов слона, благодаря чему и получила свое название - molar tooth structure – MTS .

Морфология этих прожилков весьма разнообразна. Наиболее часто в плоскости обнажения они имеют веретенообразный вид, то есть это узкие и вытяженные линзочки, выклинивающиеся к краям полосы шириной в несколько миллиметров, реже первых сантиметров, и длиной до 10-20 см, хотя имеются и более вытяженные. Как правило, они в разной степени, часто довольно сложно, изогнуты, иногда более поздними трещинами разбиты на отдельные, смещенные относительно друг друга сегменты. Наряду с «одинокими» имеются и ветвящиеся жилки.

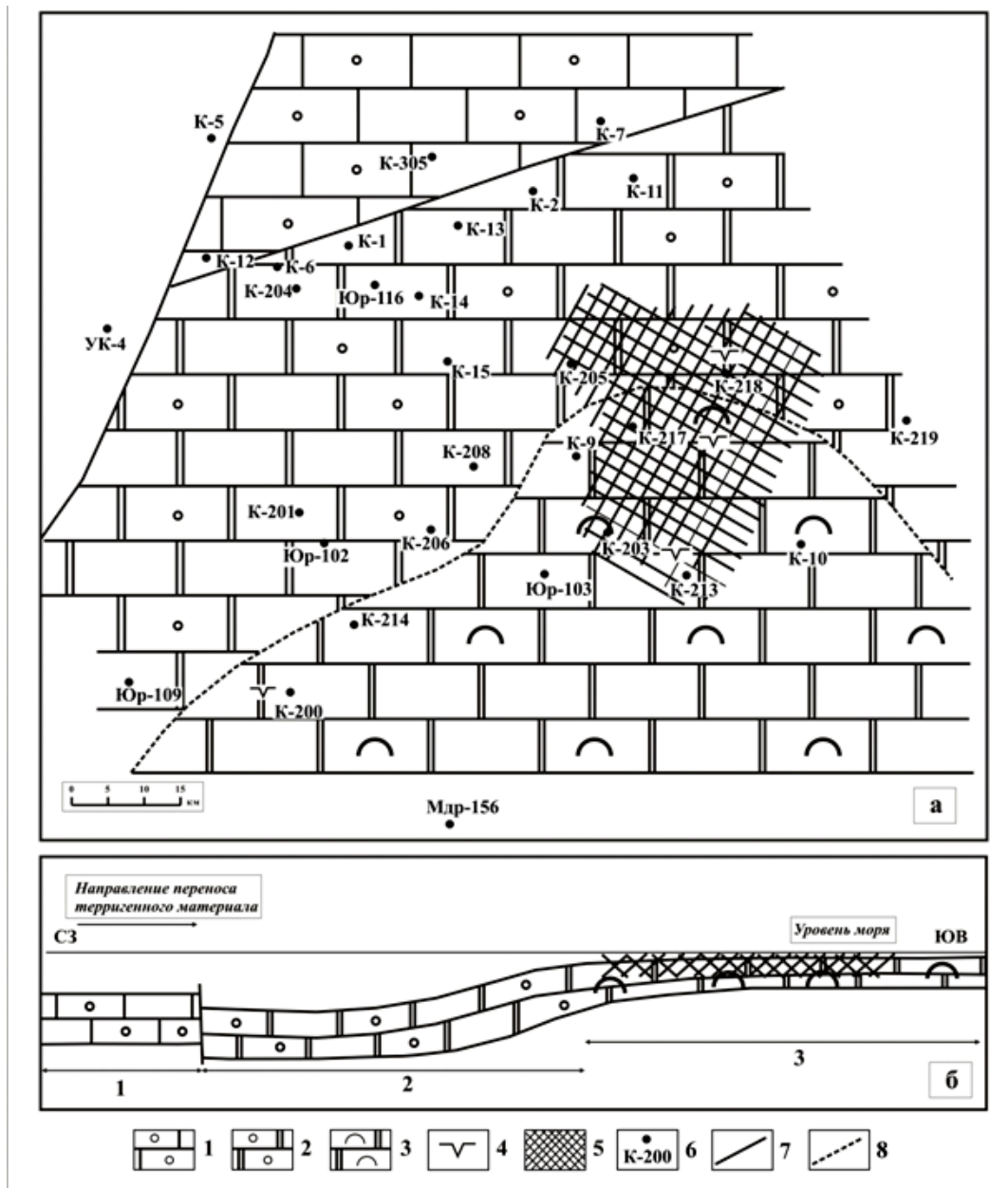


Рис. 4. Схематичная фациальная карта (а) и принципиальный фациально-палеогеоморфологический профиль рифейских отложений Куёмбинского месторождения. Ориентировка профиля примерно меридиональная:

1-3 – фациальные зоны: 1 – мелководная; область развития зернистых известняков; 2 – умеренно глубоководная с интенсивным волнением, временами углубляющаяся ниже базиса действия волн; область развития зернистых доломитов алевритистых, песчанистых, битуминозно-глинистых; 3 – крайне мелководная с периодическими осушениями; область развития строматолитовых доломитов пластового типа, глинистых, реже песчано-алевритистых; 4 – трещины усыхания; 5 – участки развития интенсивного окремнения и выщелачивания; 6 – скважина и ее номер; 7 – разрывные нарушения; 8 – граница фациальных зон

Существует ряд представлений об их образовании. А. В. Маслов считал, по крайней мере, девять гипотез их образования [16].

Структурные соотношения прожилков с вмещающими породами по-

зволяют говорить об образовании первичных трещинок за счет прорыва флюидов – своеобразного природного гидроразрыва с последующим их заполнением и соответственно консервацией кальцитом. В шлифах видно, что при движении таких флюидов происходит разрыв микрослойков, их края изгибаются по направлению прорыва, а в кровле кальцитовой жилки куполовидно изгибаются (рис. 5). В ряде случаев видно, что прорыв и удаление части вещества (в виде флюидов) образуют пустоты и проседание в них твердых практически литифицированных отложений, формируются своеобразные микроколлапсные структуры, особенно заметные в ламинитах. В других случаях прорыв флюидов, их «извержение», ведет к образованию «эксплозивных» брекчий, хорошо фиксируемых опять-таки достаточно прочными к тому времени обломками ламинитов.

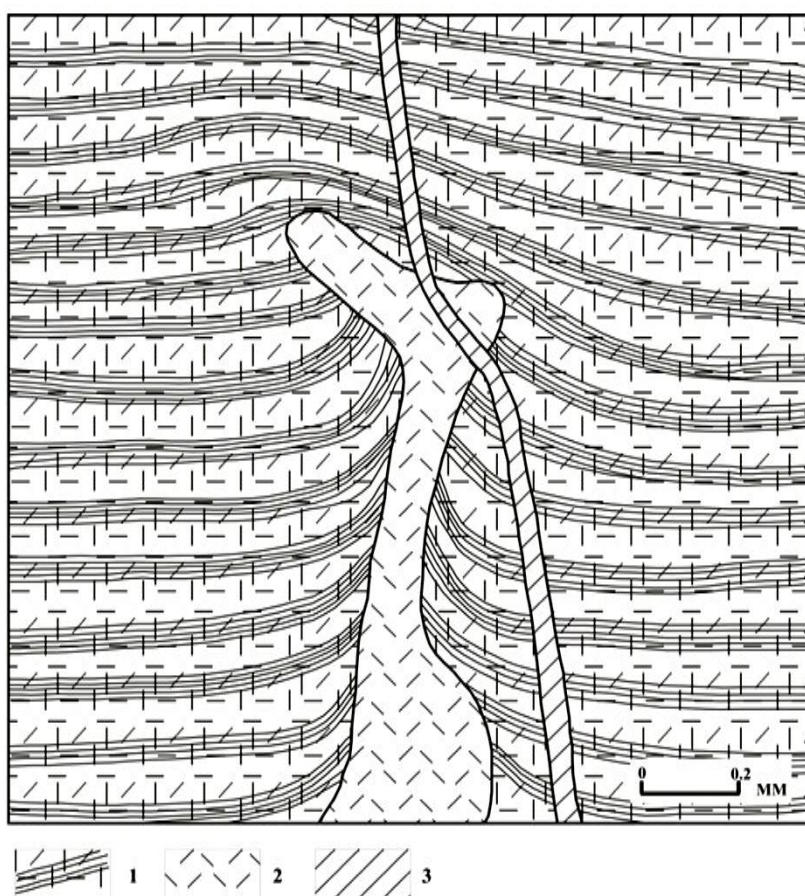


Рис. 5. Соотношение жилки микрокристаллического кальцита (MTS-текстуры) с микротекстурой вмещающей породы. Схематическая зарисовка шлифа. Отчетливо видно воздымание слойков вмещающих отложений на границе с кальцитовой жилкой – результат прорыва вверх карбонатсодержащих флюидов. Более поздняя прямолинейная трещина сечет микрослоистые вмещающие отложения и кальцитовую жилку MTS и выполнена гипидиоморфным спаритовым кальцитом. Формация Юнгенжи. Разрез Чипанмо. Масштабная линейка 0,2 мм:

1 – темные глинисто-карбонатные слойки, обогащенные органическим веществом; 2 – жилка MTS-текстуры, выполненная чистым микрозернистым кальцитом; 3 – более поздняя тектоническая трещина, заполненная спаритом

С этих позиций понятны и образования ветвящихся жилок. Один из вариантов подобного разветвления – «древовидные» образования, когда нижние ответвления – «корни» вверх по пласту сливаются в единый «ствол». Верх такого «ствола» часто резко обрывается, кончается на верхней границе слоя, как бы срезается поверхностью наложения (рис. 6, а). Пока струйки были маломощные, они поднимались вверх довольно затруднительно по извилистым и относительно более проницаемым участкам. По мере соединения струй их энергия возрастала, они приобретали способность прорывать уже более прочную покрывку и подниматься более вертикально. Возникает эффект «корневой системы». Имеются и противоположные случаи, когда сверху происходит расчленение единого «ствола» и появляются отдельные «ветви» (рис. 6, б). В таком случае при входе струйки флюида в более грубозернистые, то есть более проницаемые отложения, где происходит уже межзерновая фильтрация и нет необходимости создавать трещины, единая струйка дробится на ряд мелких и возникает эффект «кроны дерева».

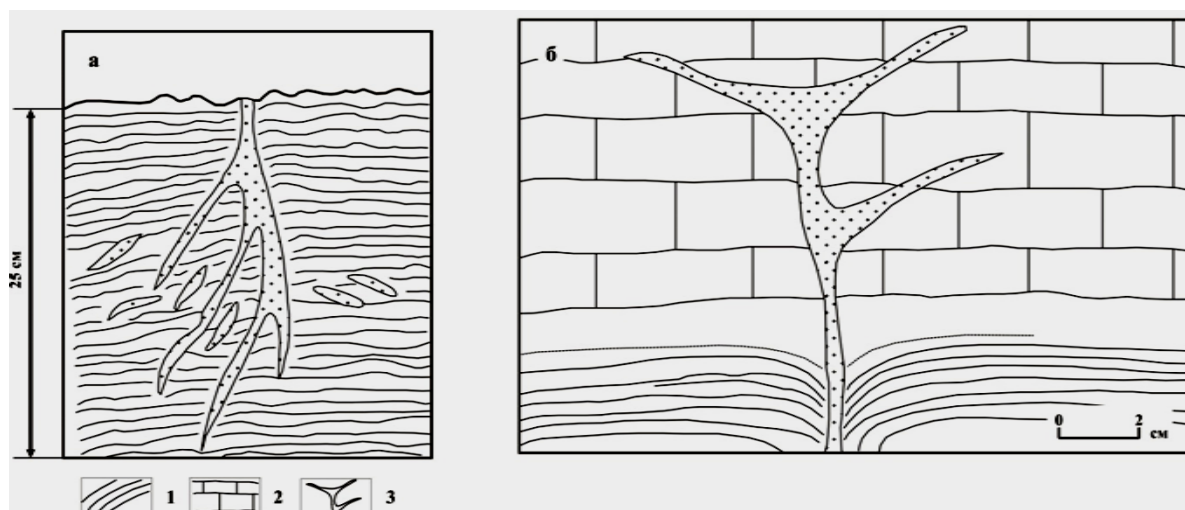


Рис. 6. Морфология некоторых кальцитовых жилок:

а – формирование вертикальной относительно толстой жилки за счет соединения наклонных мелких жилок – форма «ствола и корневой системы». Формация Сянмикун. Разрез Жиншитан, провинция Далянь. Масштабная линейка 6 см; б – ветвление жилок к кровле пласта – форма «древесной кроны». Отчетливо видно проседание подстилающих ламинитов – микробиально-слоистых доломитов, откуда начинается кальцитовая жилка. Формация Ванлон. Разрез Хунньан, провинция Гирин. Масштабная линейка 2 см.

1 – микробиально-слоистые доломиты; 2 – массивные микрозернистые доломиты, 3 – кальцитовые жилки

Подобный механизм ставит вопрос о природе флюидов и причинах их появления в столь значительных количествах, которые обеспечивают массовое развитие трещин прорыва.

Объяснение этому, видимо, следует искать в строгой стратиграфической приуроченности текстур подобного рода. Рифей и венд – эпоха рас-

цвета цианобактерий, практически единственных представителей биоты мелководных эпиконтинентальных морей, генерировавших и поставлявших в осадок органическое вещество. Роль гетеротрофов, если они и существовали, в утилизации этого органического вещества была крайне ограничена, пищевые цепи были очень короткими. В противоположность этому длинные пищевые цепи и интенсивные трофические взаимоотношения в экосистемах фанерозоя ведут к активной биологической переработке первично произведенной биомассы и резко сокращают количество мортмассы, окончательно переходящей в осадок. Не было и илоедов, которые также сокращают количество органического вещества в осадке. В связи с перечисленным диагенетическая переработка существенных количеств этого органического вещества заключалась главным образом, если не исключительно, в брожении, а с 1-1,2 млрд лет и в окислении, то есть генерации газов.

Чисто кальцитовый состав жилок, в отличие от доломитового состава вмещающих пород, видимо, обусловлен спецификой диагенеза протерозойских карбонатных осадков. Образовавшийся в диагенезе диоксид углерода способствовал растворению в иловой воде твердой карбонатной фазы осадка, и прежде всего его наиболее реакционноспособной части – карбоната кальция, переводя его в растворимый бикарбонат. При этом менее растворимый в этих условиях доломит, точнее магнезиальные соединения, сохранялись в осадке.

По достижении определенного критического объема газовой фазы давление в осадке возрастало, и в конце концов происходил прорыв, газы устремлялись вверх, формировали извилистые, а затем и более прямолинейные трещинки или дробили полукристаллизированные отложения, что обусловило формирование брекчий. Такие каналы дегазации тут же заполнялись иловыми растворами, пересыщенными растворенными в них бикарбонатами кальция. Прорыв и удаление углекислого газа вели к мгновенному падению давления, что, в свою очередь, способствовало распаду бикарбоната и обратному выпадению карбоната кальция. Быстрота процесса обуславливала микрозернистую и равномернзернистую структуру образовавшегося кальцита и одновременно вела к заполнению им каналов дегазации, что и предохранило их от замыкания в результате сдавливания.

Представляется принципиально важной синхронизация времени распространения текстур MTS и развития строматолитообразующих цианобактерий. Связь эта скорее всего является не генетической, а опосредованной и обусловлена общим развитием биоты – сменой цианобактериальных сообществ значительно более разнообразным и более высокоорганизованным сообществом организмов, что и обусловило ликвидацию широко развитых в рифее микрозернистых непроницаемых биохемогенных отложений, существенно обогащенных органическим веществом, и образование в фанерозое зернистых, органогенных в узком смысле слова более проницаемых карбонатных осадков. Фанерозойские образования этого ти-

па с микробиальными матами, во-первых, уже не производили такого количества органического вещества, и, во-вторых, количество кислорода было значительно больше и органический материал разрушался уже на дне, а не только в осадке. Напомним, что обогащенные органическим веществом карбонатные породы фанерозоя (типа доманика и подобных ему «доманикитов») – отложения уже относительно глубоководные, в отличие от крайне мелководных отложений протерозоя.

Поэтому определенные гомологи рифейских МТС – это лофериты и текстуры птичьих глазок, где диагенетическое газообразование было более ограниченным и не достигло масштабов подобных процессов в рифее.

Таким образом, несмотря на разный масштаб рассмотренных явлений, образование существенно магнезиальных карбонатных пород огромного объема, определяющих общий облик отложений того времени, относительно локальное развитие специфических форм окремнения и, наконец, своеобразных текстур карбонатных отложений, все они так или иначе имеют одну общую причину – своеобразие биоты того времени, а именно абсолютное преобладание цианобактерий, которые и обусловили определенную, характерную именно для протерозоя геохимическую обстановку. Последняя прямо или косвенно и определила все эти особенности.

### Библиографический список

1. **Аристотель.** Метафизика. М.-Л.: ОГИЗ, 1934. 348 с.
2. **Аристотель.** Метафизика. Сочинения. Т. 1. М.: Мысль, 1975. 550 с.
3. **Афанасенков А. П., Бухаров Н. Г., Мухаметзянов Р. Н. и др.** Новые данные о геологическом строении Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления и пути дальнейшего освоения ее нефтегазового потенциала // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2004. № 1. С. 34-44.
4. **Бергман И. А.** Литий-магниево отношение как критерий карбонатной природы рудного вещества железисто-кремнистых формаций // Докл. АН. 2005. Т. 4000, № 6. С. 782-784.
5. **Заварзин Г. А.** Становление биосферы // Вестник РАН. 2001. Т. 71, № 11. С. 988-1001.
6. **Заварзин Г. А., Жилина Т. Н.** Содовые озера – природная модель древней биосферы континентов // Природа. 2000. № 2. С. 45 – 55.
7. **Зайцева Л. В., Орлеанский В. К., Герасименко Л. М., Ушатинская Г. Т.** Роль цианобактерий в кристаллизации магнезиальных кальцитов // Палеонтологический журнал. 2006. № 2. С. 14-20.
8. **Зиньковский В. Е., Славкин В. С., Соколова Н. Е., Давыдова Е. А.** Геологическая модель рифейского резервуара Кулумбинского месторождения // Геология нефти и газа. 1999. № 11–12. С. 13-21.



9. **Карпова Е. В.** Седименто- и литогенез отложений девона Воронежской антеклизы: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: МГУ, 2004. 30 с.
10. **Кузнецов В. Г.** Принципы и методы сопоставления рифовых сооружений и вмещающих отложений // Осадочная оболочка Земли в пространстве и времени. Стратиграфия и палеонтология. М.: Наука, 1989. С.153-159.
11. **Кузнецов В. Г.** Международная конференция «Карбонаты и эволюция Земли в протерозое» // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 2. С. 219-220.
12. **Кузнецов В. Г.** Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с..
13. **Кузнецов В. Г., Скобелева Н. М., Сухи В., Фойгт Т.** О строении и условиях формирования титонских отложений разреза Балта (Северная Осетия) // Литология и полезные ископаемые. 1992. № 3. С. 120-127.
14. **Кузнецов В. Г., Сухи В.** Приливно-отливные и себховые отложения в венде-кембрии юга Сибирской платформы // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 6. С. 82-93.
15. **Маркова В. Н.** Литология и петрофизическая характеристика продуктивных рифейских карбонатных отложений Куюмбинского месторождения // Известия вузов. Геология и разведка. 2005. № 3. С. 20-26.
16. **Маслов А. В.** MOLAR-TOOTH ТЕКСТУРЫ: эволюция взглядов на генезис // Карбонатные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения. Екатеринбург, Ин-т геологии и геохимии, 2004. С. 98-101.
17. **Маслов В. П.** Строматолиты (их генезис, метод изучения, связь с фациями и геологическое значение на примере ордовика Сибирской платформы). Тр. ГИН АН СССР. Вып. 41. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 188 с.
18. **Розен О. М., Злобин В. Л.** Карбонатные отложения раннего архея: соотношение известняков и доломитов // Докл. АН СССР. 1988. Т. 302, № 5. С. 1179-1183.
19. **Ронов А. Б.** Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М.: Наука, 1993. 144 с.
20. **Сергеев В. Н., Герасименко Л. М., Заварзин Г. А.** Протерозойская история цианобактерий и их современное состояние // Микробиология. 2002. Т. 71, № 6. С. 725-740.
21. **Сергеев В. Н., Семихатов М. А., Федонкин М. А., Вейс А. Ф., Воробьева Н. Г.** Основные этапы развития докембрийского органического мира: Сообщение 1. Архей и ранний протерозой // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15, № 2. С. 25-46.
22. **Серебряков С. Н.** Особенности формирования и размещения рифейских строматолитов Сибири // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 200. М.: Наука, 1975. 175 с.

23. **Современные** и ископаемые рифы. Термины и определения: Справочник. М.: Недра, 1990. 184 с.
24. **Сонненфельд П.** Рассолы и эвапориты. М.: Мир, 1988. 480 с.
25. **Федонкин М. А.** Холодная заря животной жизни // Природа, 2000. № 9. С. 3-11.
26. **Федонкин М. А.** Сужение геохимического базиса жизни и эвкароти-зация биосферы: причинная связь // Палеонтологический журнал. 2003. № 6. С. 33-40.
27. **Хабаров Е. М.** Структура джурской рифогенной формации юго-восточной части Енисейского кряжа (верхний рифей) // Структурные особенности осадочных формаций. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1988. С. 61-81.
28. **Харахинов В. В., Нестеров В. Н., Соколов Е. П., Шленкин С. И.** Новые данные о геологическом строении Куюмбинского месторождения Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции // Геология нефти и газа. 2000. № 5. С. 12-20.
29. **Baker P., Kastner M.** Constraints of the Formation of Sedimentary Dolomite // Science, 1981. V. 213. P. 214-216.
30. **Burns S. J., Baker P. A., Vasconcelos Cr.** Dolomite formation and biochemical cycles in the Phanerozoic // Sedimentology, 2000. V. 47. Supplement 1. P. 49-61.
31. **Chilingar G. V.** Relationship between Ca/Mg ratio and geological age // Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., 1956. V. 40. P. 2256-2266.
32. **Fedonkin M. A.** The origin of the Metazoa in the light of the Proterozoic fossil record // Paleontological Research. 2003. V. 7. № 1. P. 9-41.
33. **Kempe St., Degens E. T.** An early soda ocean? // Chemical Geology. 1985. V. 53. P. 95-108.
34. **Kempe St., Kazmierczak J.** The Role of Alkalinity in the Evolution of Ocean Chemistry, Organization of Living Systems, and Biocalcification Processes. Past and Present Biomineralization Processes, Considerations about the Carbonate Cycle // Bulletin de l'Institut oceanographique, Monaco. Numero special 13. 1994. P. 61-117.
35. **Martin R.** Principles of paleogeomorphology // Canadian Oil and Gas Industries, 1961. V. 14. № 10. P. 28-40.
36. **Mazzullo S. J.** Organogenic dolomitization in peritidal to deep-sea sediments // Journal Sedimentary Research, 2000. V. 70. N 1. P. 10-23.
37. **Schmoker J. W., Krystinik K. B., Halley R. B.** Selected characteristics of limestone and dolomite reservoirs in the United States // American Association Petroleum Geologists, Bull., 1985. V. 69. P. 733-741.
38. **Strasser A.** Shallowing-upward sequences in Purbeckian peritidal carbonates (lowermost Cretaceous, Swiss and French Jura Mountains) // Sedimentology, 1988. V. 35. P. 369-383.

39. **Teal Ch. S., Mazzullo S. J., Bischoff W. D.** Dolomitization of Holocene shallow-marine deposits mediated by sulfate reduction and methanogenesis in normal-salinity seawater, northern Belize // *Journal Sedimentary Research*, 2000. V. 70 A. N 3. P. 649-663.
40. **Vasconcelos Cr., McKenzie Ju., Bernasconi St. et al.** Microbial mediation as a possible mechanism for dolomite formation at low temperatures // *Nature*. 1995. V. 377. P. 220-222.
41. **Vasconcelos C., McKenzie J.A., Warthmann R., Barnasconi S.M.** Calibration of the  $\delta^{18}\text{O}$  paleothermometer for dolomite precipitated in microbial cultures and natural environments // *Geology*, 2005. V. 33. P. 317-320.
42. **Warthmann R., van Lith Y., Vasconcelos Cr., McKenzie J. A., Karpoff A. M.** Bacterially induced dolomite precipitation in anoxic culture experiments // *Geology*, 2000. V. 28. P. 1091-1094.
43. **Westal F.** The geochemical environment and earliest life on Earth // 32 nd International Geological Congress. 2004.
44. **Wright D. T.** The role of sulphate-reducing bacteria and cyanobacteria in dolomite formation in distal ephemeral lakes of Coorong region, South Australia // *Sedimentary Geology*, 1999. V. 126. P. 147-157.
45. **Wright D.T., Wacey D.** Precipitation of dolomite using sulphate-reducing bacteria from Coorong region, South Australia: significance and applications // *Sedimentology*, 2005. V. 52. P. 978-1008.

УДК. 552.54:551.733.3(234.851)

**Д. Н. Шеболкин**

Институт геологии КомиНЦ УрО РАН

## **КАРБОНАТНЫЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ В ВЕНЛОКЕ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА**

В стратиграфической схеме силура Западного Урала [3] венлок включает маршрутнинскую и устьдурнаюскую свиты. Согласно современным представлениям, основанным на изучении конодонтовой фауны и изотопных датировок, венлоку соответствует только верхняя часть устьдурнаюской свиты [7, 8].

На Приполярном Урале, включающем бассейны рек Кожим и Щугер, на р. Кожим, в районе устья р. Дурнаю, расположен стратотип устьдурнаюской свиты. При изучении венлокских отложений в этом разрезе выяв-

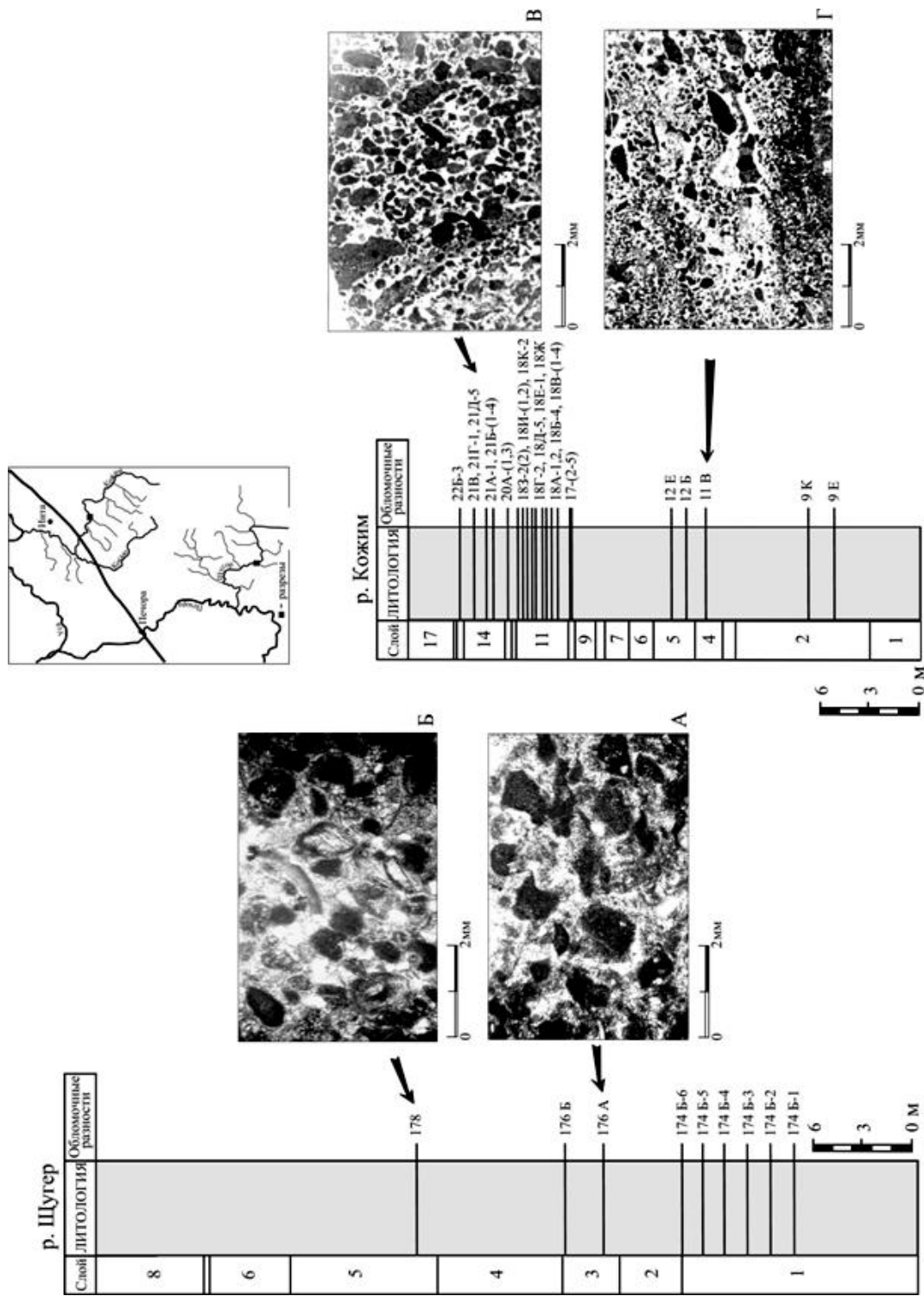
лено присутствие многочисленных прослоев известняковых кластолитов, представленных известняковыми алевролитопесчаниками, песчаниками, гравелитопесчаниками, а также строматолитовыми гравелитами [5]. Мощность венлокских отложений в стратотипическом разрезе составляет 32,34 м, а содержание обломочных разностей достигает 8,94 м. Венлокские отложения на р. Щугер распространены в районе устья р. Гердю [1] и имеют мощность 51,45 м. Карбонатные кластолиты представлены известняковыми алевролитопесчаниками, песчаниками, гравелитопесчаниками, конглогравелитами, строматолитовыми гравелитами, но содержание их незначительно.

Таким образом, как показали исследования, в разрезе р. Щугер количество прослоев обломочных карбонатов существенно меньше, чем в разрезе р. Кожим (см. рисунок). Возможно это и является основной причиной существенного различия мощностей венлока в этих районах. Как показало изучение конодонтовой фауны в разрезе р. Кожим, возможно отсутствие нижней части венлока [2, 8]. Кроме того, состав венлокских отложений свидетельствует об очень неустойчивых условиях осадконакопления [5, 6].

Целью данной статьи является анализ разрезов венлокских отложений Приполярного Урала для выявления особенностей их формирования.

Далее в статье рассматривается строение собственно обломочных разностей, основные характеристики которых сведены в таблицу.

*Разрез р. Кожим.* Макроскопически обломочная структура слабо выражена, и породы распознаются в поле как тонкозернистые или мелкозернистые известняки с зернистой структурой. Иногда встречается биокластовый материал, представленный в основном фрагментами остракод, и ходы илоедов, заполненные глинистым материалом. В последнем случае порода имеет пятнистую текстуру. Однако под микроскопом (см. рисунок, В, Г) видно, что порода сложена хорошо или плохо окатанными обломками микрозернистых известняков размером от 0,02 до 3 мм, но преимущественно обломки имеют псаммитовую размерность (0,05-0,1 мм). Оолиты (0,05-0,1 мм в диаметре) являются постоянным компонентом этих отложений, они, как правило, круглой или овальной формы с одной оболочкой, сформированной вокруг микрозернистого известняка. Сортировки среди них не наблюдается. Цемент – чистый разнокристаллический кальцит, преимущественно базального типа. По разрезу обломочные известняки чередуются с различными литотипами: микро- и тонкозернистыми, тонкослоистыми, биоморфными, биокластовыми, комковатыми, строматолитовыми известняками и их доломитовыми разностями и только в самой верхней части разреза с мелкозернистыми кварцевыми алевролитами. Число обломочных разностей увеличивается в верхней части разреза. Наличие в нижней части разреза более редких прослоев обломочных разностей позволяет предполагать, что осадконакопление в это время происходило в более спокойноводных обстановках. Слабая сортировка обломков может указывать на постепенное



Распределение карбонатных кластитов в разрезах рек Шугра, Кожим и микрофотографии их основных типов: А – известняковая мелкообломочная конглобрекция; Б – известняковый гравелитопесчаник; В – известняковый алевролитопесчаник с редкими крупными и полуокатанными обломками микрозернистых и биокластовых известняков; Г – известняк био-литокластовый.

## Характеристика обломочных пород венлока Приполярного Урала

I. Обломочный материал	р. Кожим	р. Щугер
II. Цемент	Разнокристаллический кальцит базально-порового типа, неравномерно светлый из-за примеси пелитового материала	А. Разнокристаллический кальцит с примесью пелитового материала. Б. Чистый крупнокристаллический кальцит спаритового типа
III. Литотипы	А. Известняковые алевролитопесчаники. Б. Известняковые песчаники. В. Известняковые гравелитопесчаники. Г. Строматолитовый известняк.	А. Известняковые алевролитопесчаники. Б. Известняковые песчаники. В. Известняковые гравелитопесчаники. Г. Строматолитовый известняк. Д. Известняковый конглогравелит.
IV. Мощность	От 0,6 до 40 см	От 1 до 5 см
Размер	От 0,02 до 0,2 мм Редко до 1,5 мм	От 0,01 до 0,5 мм Редко 1-1,6 см
Состав обломков	А. Микрозернистые известняки. Б. Микрозернистые известняки с биокластовым материалом и оолитами. В. Строматолитовые известняки.	А. Микрозернистые известняки. Б. Микрозернистые известняки, с биокластовым материалом. В. Известняк пелоидно-биокластовый. Г. Пелитоморфный известняк. Д. Пелитоморфный известняк с фрагментами остракод
Окатанность	Окатанные, полуокатанные, угловатые	Окатанные, полуокатанные, угловатые
Форма	Вытянутая, круглая и овальная	Вытянутой, круглой, овальной, уплощенной
Ориентировка	Ориентированы по наслению Не ориентированы	Преобладают ориентированные Реже неориентированные
Аллохтонные	Не установлены	Разнообразный состав обломков, окатанности и форм - поступление материала из разных источников
Автохтонные	Сонахождение обломков, сходных с вмещающими отложениями, – образование синседиментационное	

снижение волновой деятельности, на уменьшение длительности транспортировки или продолжительности обработки обломочного материала. Наилучшая сортировка обломочного материала отмечается в верхней части венлока.

Образование этих пород происходило в синседиментационных обстановках, что подтверждается сонахождением обломочного материала и неразмытых слоев. Поверхности перерыва (ПП), наблюдаемые микроскопически, здесь представлены только двумя типами [4], сглажены в различной степени: в одних случаях обломки пород и оолиты по ней срезаны, а в других они выступают над поверхностью подстилающего слоя. Из микроскопического описания также видно, что цемент представлен чистым разнокристаллическим кальцитом, что характерно для мелководных обстановок с активной волновой деятельностью, где присутствовавший тонкий материал (микрит) вымывался, и как только компоненты механически фиксируются на месте, в межзерновых пространствах осаждается шпатовый кальцит.

Наличие грубообломочного материала, более или менее окатанность обломков, сглаженные ПП, а также знаки волновой ряби, отмечаемые на поверхности этих слоев, свидетельствуют об образовании отложений в зоне постоянной подвижноводной среды.

*Разрез р. Щугер.* Макроскопически обломочные разности можно выделить только в нижней части разреза, где они наблюдаются в виде прослоев известняковых гравелитов (5-6 см) среди микрозернистых известняков. Выше по разрезу обломочные карбонаты представлены более тонкозернистыми разностями и поэтому макроскопически распознаются как мелкозернистые и линзовидно-полосчатые известняки и определены при микроскопическом изучении. Они образуют линзочки среди микрозернистых, биокластовых и глинисто-доломитовых плитчатых известняков. Иногда в них встречается биокластовый материал, представленный в основном фрагментами мелких остракод, и мелкие ходы илоедов, заполненные глинистым материалом. Выявлено, что обломочный материал (см. рис. 1, А, Б) и в известняковых гравелитах, и в алевролитопесчаниках сложен как хорошо, так и плохо окатанными обломками известняков микрозернистых, биокластовых, слоистых с алевритовой кварцевой примесью. Обломки преимущественно имеют псаммитовую размерность (0,05-0,1 мм), реже достигая 1,6 см. Как правило, крупная галька характеризуется уплощенной формой, иногда включает более мелкие обломки псаммитовой размерности и биокластовый материал. Редко наблюдаются оолиты (0,05-0,1 мм в диаметре), аналогичные образованиям в разрезе р. Кожим. Сортировки кластов не наблюдается. Цемент базально-порового типа представлен разнокристаллическим кальцитом, цвет которого меняется от светлого до серого в зависимости от пелитоморфного вещества. В верхней части разреза обломочные разности не установлены, что может говорить о спокойноводных обстановках осадконакопления или об их крайне незначительном присутствии.

Выявлен только тип I ПП [4] – сглаженные неровные поверхности, на которых отчетливо видно обволакивание неровностей подстилающего слоя. Присутствие только этого типа ПП свидетельствует о более мелководных условиях и большей интенсивности размыва, чем формирование типа II ПП. В разрезе р. Кожим присутствуют оба типа ПП, но частота встречаемости обломочных разностей там выше.

При сопоставлении венлокских отложений разреза рек Щугер и Кожим можно сделать следующие выводы: на р. Кожим в нижней части разреза венлока осадконакопление происходило в более спокойноводных обстановках, которые выше сменились подвижноводными, что привело к образованию и накоплению значительного числа слоев обломочных карбонатов. Мощность известняковых кластолитов на р. Кожим составляет практически треть разреза – 8,94 м, тогда как на р. Щугер мощность этих образований незначительна. В целом мощность венлокских отложений на р. Щугер почти на 20 м больше. Такое сокращение мощности на р. Кожим можно объяснить интенсивностью процессов, приведших к увеличению числа обломочных разностей известняков, прежде всего активной гидродинамике среды и частым размывам осадков.

### Библиографический список

1. **Абушик А. Ф.** Остракоды стратотипа гердьюского надгоризонта (силур, лудлов) Севера Урала // Атлас эталонных комплексов палеозойской бентосной фауны северо-востока Европейской России. Остракоды, брахиоподы, ругозы. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 1997. С. 5-34.
2. **Безносова Т. М., Мянник П.** Граница лландовери и венлока на севере палеоконтинента Балтия // Доклады Академии наук. 2005. Т. 401, № 5. С. 655-658.
3. **Стратиграфические** схемы Урала (докембрий, палеозой) / Под. ред. Н. Я. Анцыгина, Б. А. Попова, Б. И. Чувашова. Екатеринбург, 1993.
4. **Шеболкин Д. Н.** Поверхности перерыва в верхневенлокских отложениях р. Кожим (Приполярный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Мат-лы 11-й научной конференции Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2002.
5. **Шеболкин Д. Н.** Характеристика обломочных карбонатов в венлокских отложениях Приполярного Урала // Проблемы геологии и освоения недр: Труды 7-го Междунар. науч. симп. Им. акад. М. А. Усова. Томск, 2003. С. 137-139.
6. **Шеболкин Д. Н.** Литолого-геохимическая характеристика пограничных венлокско-лудловских терригенных отложений Изъяю-Кожимского района // Литогенез и геохимия осадочных формаций



Тимано-Уральского региона. Сыктывкар, 2007. № 6. С. 55-62. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН. Вып. 121).

7. **Mannik P., Anfoshkina A. I., Beznosova T. M.** The Ilandoverly – wenlock boundary in the Russian Arctic // Proc. Estonian Acad. Sci. Geol. 2000 v. 49. P. 104-111.
8. **Mannik P., Martma T.** The Ilandoverly - wenlock boundary in Subporal Urals // Pan-Artic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Fauna: Ichthyolith Issue, Special Publication, 6 - Syktyvkar, 2000. P. 64-67.

## **Раздел II. ОСАДОЧНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ВОПРОСЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ЛИТОЛОГИИ**

УДК 552.54:552.14:551.7

**Н. К. Фортунатова**

Российский гос. геологоразведочный университет

### **ОТРАЖЕНИЕ СТРУКТУРЫ КАРБОНАТНЫХ ТЕЛ НАДПОРОДНОГО УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ В ИХ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ**

*Посвящается памяти  
Валентина Николаевича Шванова*

Изучение внутренней структуры формационных тел, которое вслед за В. И. Драгуновым В. Н. Шванов [3] выделил в самостоятельную науку формациологию, имеет большое научное и практическое значение, так как позволяет выявлять общие закономерности их формирования, разрабатывать модели строения как самостоятельных тел, так и осадочных бассейнов в целом. Модели строения осадочных формаций необходимы для интерпретации результатов геофизических и геохимических работ и, таким образом, являются геологической основой прогнозирования месторождений полезных ископаемых, в частности месторождений углеводородов. Одновременно формациология позволяет грамотно использовать для прогноза комплекс разнообразных методов, начиная с изучения пород и заканчивая исследованием строения осадочных комплексов, так как устанавливает закономерности сочетаний не только формаций, но и слагающих их осадочных тел различных иерархических уровней.

В той же работе В. Н. Шванов подчеркивает: «С позиций системного подхода каждое геологическое тело, обладающее целостностью и имеющее границы, может рассматриваться как самостоятельная система, поскольку оно: 1) состоит из компонентов горных пород; 2) обладает определенной структурой связей – пространственных (ниже, выше, рядом), временных (раньше, позже, одновременно) и корреляционных (за одной последует другая, но определенная в циклически построенных толщах); 3) имеет специфические свойства, не сводимые к сумме компонентов, поскольку является определенным геоисторическим образованием» [3, с. 27].

Система генетической организации структуры карбонатных тел различных иерархических уровней формируется в результате взаимодействия во времени процессов концентрации и дифференциации карбонатов [2]. Система охватывает восемь уровней карбонатных тел: структурный ком-

понент породы, литогенетический тип (порода), генетический тип отложений (линза, пласт), генетическая подгруппа (пачка), генетическая группа (свита, гилеация), подформация (серия), формация (геоформация). Каждому уровню соответствуют генетические ряды карбонатных тел, в которых происходит непрерывное последовательное изменение количественных соотношений и состава слагающих компонентов и соответственно структуры карбонатных тел. Изменение количественного соотношения компонентов отражает соотношение биогенной концентрации карбоната и дифференциации карбонатного обломочного материала. В структуре карбонатных тел надпородных уровней организации генетические ряды проявляются в виде седиментационных циклитов и фациальных последовательностей.

Моментам приостановок карбонатной седиментации соответствуют накопление осадков иного минерального состава (гипса, каменных солей, глин, пеплов и т. д.). Влияние приостановок карбонатонакопления на формирование структуры осадочных тел возрастает с увеличением их иерархических рангов.

В ранее опубликованных работах автором настоящей статьи приводилось описание методики формализованной характеристики структур литогенетических типов карбонатных пород, при которой используются формулы, отражающие процентное соотношение структурных компонентов. Работа с формулами структур удобна для использования компьютерных технологий при обработке больших объемов информации, а также для точной диагностики литогенетических типов пород и генетических типов отложений [1, 2]. Опыт работы с формулами показал значительное снижение влияния субъективных факторов при генетическом и петрографическом анализе, что намного облегчает установление связей между структурой, минеральным составом и физическими свойствами пород.

Установленные устойчивые зависимости между первичными структурами карбонатных пород, скоростью седиментации и их физическими свойствами свидетельствуют о том, что выделенные структурные типы соответствуют естественным генетическим подразделениям породного уровня организации вещества. Структурным типам были присвоены стандартные номера, которые использованы в дальнейшем анализе карбонатных тел надпородного уровня, в частности, при проведении анализа седиментационной цикличности. Не останавливаясь на истории развития этого анализа, следует отметить, что основными проблемами при выделении циклитов и их корреляции являются: разнопорядковость седиментационной цикличности, зависимость её от ряда факторов и как следствие этого – различные проявления цикличности одного порядка даже в соседних фациальных зонах, а также неоднозначность границ осадочных тел, т. е. отсутствие «точки начала отсчета».

Особенно сложно эти задачи решаются при изучении рифовых построек, в которых вертикальная изменчивость отложений соизмерима с ла-

теральной. Общие трансгрессивные и регрессивные этапы осадконакопления обычно хуже выражены, нежели стадии роста органогенных построек.

Выделению седиментационных циклитов одинаковых уровней в полифациальных отложениях мешает сам подход к выделению циклитов: от более высоких иерархических уровней к низким.

При выделении циклитов основной задачей является определение порядка (или иерархического уровня) циклита и его элемента. Решая эту задачу, надо учитывать, что выраженность циклита в мощности и структуре очень различается в зависимости от генезиса отложений и темпов погружения территории.

Так как автор в качестве элементарного генетического подразделения рассматривает структурный компонент породы, то и под элементарным циклитом понимает последовательности структурных компонентов в породах, выделяемых в качестве микрослоистых текстур (исключая массивные органогенные постройки). Этой цикличности присваивается I порядок, соответствующий I иерархическому уровню карбонатных тел [2].

В системе генетической организации структур карбонатных формаций выделяется четыре *уровня* седиментационной цикличности:

I – последовательности структурных компонентов (микрослоистость), обусловленные сезонными климатическими колебаниями, гравитационными процессами, стадиями развития экосистем;

II – последовательности литогенетических типов пород (слоистость), вызванные мелкими эвстатическими колебаниями уровня моря и климатическими изменениями;

III – последовательности генетических типов отложений, обусловленные, главным образом, эвстатическими колебаниями уровня моря;

IV – последовательности генетических групп отложений, отражающие изменение процессов концентрации вещества, причиной которого являлось взаимодействие эвстатических колебаний уровня моря и погружения морского дна.

Системный подход к выделению седиментационных циклитов позволяет выделять и ранжировать их *границы* от постепенных до резких.

Выделяются следующие типы границ:

- Границы постепенные, проявляющиеся в смене направленности последовательностей литогенетических типов пород или генетических типов отложений. Обычно они характерны для вертикальных последовательностей литогенетических типов карбонатных пород, отлагающихся в условиях открытого шельфа.

- Границы пластов или линз, сложенных одним литогенетическим типом, обусловленные регулярными приостановками карбонатной седиментации, определяющими проявление и размеры плитчатости карбонатных отложений.

- Границы резкие, непрослеживаемые, связанные с локальными

размывами верхних элементов последовательностей литогенетических типов. Они характерны для отложений барьерных и береговых рифовых систем, мелководных областей закрытого шельфа, прибрежных отложений.

- Границы резкие, непрослеживаемые, обусловленные локальными размывами верхних и нижних элементов последовательностей литогенетических типов в процессе переноса материала кратковременными высоко- и низкоплотностными склоновыми потоками; характерны для отложений верхней части палеосклонов и подводных конусов выноса.

- Границы резкие, прослеживаемые в пределах нескольких фациальных зон, проявляющиеся в отсутствии нескольких верхних элементов последовательностей литогенетических типов, обусловленном размывом. Размыв может достигать такой стадии, когда остается один, обычно нижний, элемент. Границы также выражены и в резких изменениях комплексов ископаемых организмов, что является следствием проявления регрессивных этапов седиментации. Такие границы характерны для зон развития барьерных рифовых систем, мелководных областей закрытого шельфа и прибрежных отложений.

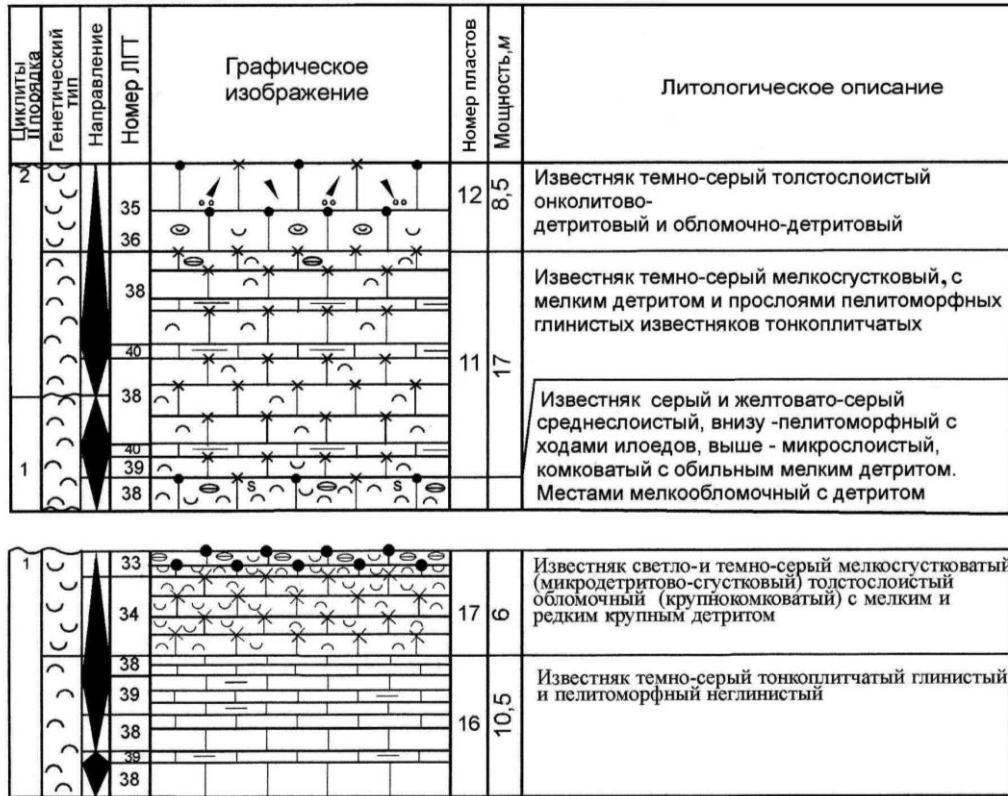
- Границы резкие, прослеживаемые в пределах крупных палеогеографических областей, фиксируются выпадением верхних элементов последовательностей генетических групп отложений, характерны для палеошельфов.

- Границы резкие, прослеживаемые в пределах всего бассейна, обусловленные размывами геологических формаций или их элементов.

Так же как и для характеристики структур карбонатных пород, для описания строения осадочных тел надпородного уровня организации использован формализованный подход.

Процентное соотношение и последовательность литогенетических типов в циклитах II порядка характеризует генетический тип отложений. В формуле циклита II порядка первым указывается литогенетический тип, соответствующий нижнему элементу циклита, последний – верхнему элементу.

В карбонатных бентогенных формациях выделяются различные типы циклитов II порядка. Полные, сложно построенные циклиты (от шести до десяти элементов) характеризуются постепенной нижней границей, т. е. наблюдается постепенное изменение номеров литотипов от размытой поверхности мелководных (обычно онколитово-детритовых или крупнодетритовых) известняков предыдущего циклита к более глубоководному глинистому, пелитоморфному известняку; затем последовательность меняется: наблюдается постепенный переход к мелководным карбонатам. Верхняя граница циклита резкая, наблюдается размыв отложений. Соотношение мощностей его элементов отражает регрессивную направленность (рис. 1). Второй тип обычно наблюдается в сокращенных малокомпонентных системах и характеризуется резкой нижней границей. Верхняя граница также резкая и соответствует размыву. Такие циклиты наиболее распространены в рифовых (рис. 2), баровых и приливно-отливных отложениях (рис. 3).



1 2

Рис. 1. Строение седиментационных циклитов II порядка в отложениях открытого шельфа:

1 – отложения мелкого шельфа; 2 – отложения глубокого шельфа



1 2

Рис. 2. Строение седиментационных циклитов II порядка в отложениях рифовой группы:

1 – баровые отложения; 2 - биогермные отложения

Циклиты II порядка Генетический тип	Направление	Номер ЛГТ	Графическое изображение	Номер пластов	Мощность, м	Литологическое описание
3	▲	28 31 37 36		6	15	Известняк серый и светло-серый мелкокомковатый и мелкосугустковый детритово-онколитовый и обломочный в верхней части
2	▲	31 37 36				
11	▲	37 31 37 36		5	8	Известняк серый толстослонстый мелкосугустководетритово-комковатый с обломками (в верхней части) онколитами и детритом

1     
 2

Рис. 3. Строение седиментационных циклитов II порядка в баровых отложениях: 1 – баровые отложения; 2 - отложения мелкого шельфа

Ниже приводятся формулы наиболее характерных генетических типов карбонатных отложений, полученные на основе анализа строения седиментационных циклитов II порядка.

Выборка для составления формул генетических типов карбонатных отложений сделана по результатам изучения фанерозойских карбонатных формаций Волго-Уральской, Тимано-Печорской, Аму-Дарьинской и Прикаспийской нефтегазоносных провинций и составила многие тысячи анализов. Поэтому их можно считать универсальными.

**Биогермные отложения** имеют формулы структур четырех типов:\*

1. ЛГТ № 12-№ 9(2-0) ЛГТ № 8(4-5) ЛГТ № 7(3) ЛГТ № 6-№ 5(1-2);
2. ЛГТ № 12-№ 9(4-1) ЛГТ № 8(1-2) ЛГТ № 7(2-4) ЛГТ № 5-№ 6(3);
3. ЛГТ № 7(4-5) ЛГТ № 2(3-1) ЛГТ № 1(3-6);
4. ЛГТ № 7, № 3(1) ЛГТ № 2(5) ЛГТ № 1(4),

где ЛГТ № 12-№ 9 – полная последовательность стандартных литогенетических типов карбонатных пород: ЛГТ № 12 → ЛГТ № 11 → → ЛГТ № 10 → ЛГТ № 9; характеристика стандартных литогенетических типов приведена в работах: «Атлас структурных компонентов карбонатных пород» [1], «Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов» [2]; в скобках цифры обозначают процентное содержание ЛГТ в условных единицах, например, (2-0), – изменение содержаний от 20 % до менее 5 %, в разрезе отложений данного генетического типа.

Использование формул необходимо для снятия субъективных факторов при интерпретации генетических типов отложений, разработки струк-

\* Ниже приводятся формулы только наиболее характерных генетических типов карбонатных отложений.

турно-вещественной классификации генетических типов, удобно при обработке большого объема информации и для составления баз данных.

Отложения **береговых баров** характеризуются наиболее простыми формулами, трех, реже четырехкомпонентными системами:

5. ЛГТ №29(1) ЛГТ №31(3-0) ЛГТ № 3 2(6-9);
6. ЛГТ№29(1) ЛГТ№ 30(6-9) ЛГТ№ 31(3-0);
7. ЛГТ№29(1) ЛГТ№ 28(6-9) ЛГТ№ 31(3-0);
8. ЛГТ№29(1) ЛГТ№3(1) ЛГТ№ 31(3-0) ЛГТ№ 32(5-8).

Последняя формула характеризует карбонатные бары в отложениях, перекрывающих рифовые постройки.

Отложения глубокого шельфа характеризуются наиболее сложной поликомпонентной структурой (от 8 до 10 компонентов), что определяет строение циклитов II порядка, а также постепенные их нижние и верхние границы. В то же время визуально: в обнажениях, в керне скважин и даже при беглом анализе каротажных диаграмм толщи кажутся однородными. Формула генетического типа выглядит следующим образом:

9. ЛГТ № 39-№ 38(4) ЛГТ № 37-№ 36(3) ЛГТ № 34(1) ЛГТ № 33(1-2) ЛГТ№30-№ 28(1-0).

Цикличность III порядка устанавливается на основании изучения последовательностей генетических типов отложений и наборов циклитов II порядка. Она наиболее точно соответствует эвстатической кривой и хорошо сопоставляется с этапами изменений комплексов органических остатков, особенно таких, как аммониты, конодонты, планктонные фораминиферы. Поэтому седиментационные циклиты III порядка возможно использовать в качестве стратиграфических подразделений, устанавливая соответствие их границ границам биостратиграфических зон, подъярусов и ярусов. Строение циклитов этого уровня отражает внутреннюю структуру генетических групп отложений. Таким образом, внутренняя структура генетических групп также может быть представлена формулой, в которой в числителе приводится процентное содержание характерных для данной группы генетических типов отложений, а в знаменателе – содержания сопутствующих генетических типов.

В качестве примера приводится формализованная характеристика внутренней структуры рифовой генетической группы.

10. **Б**<sub>(3-4)</sub>**Ш**<sub>(5-2)</sub>

**Ск**<sub>(1)</sub>**Гл**<sub>(0-2)</sub>**ЗШ**<sub>(1)</sub>, где Б – биогермные известняки и доломиты, Ш – шлейфовые обломочные карбонаты, Ск – шламовые известняки и доломиты склона, ЗШ – известняки и доломиты закрытого шельфа, Гл – пласти глинистых склоновых известняков.

Структурная формула карбонатной подформации выглядит следующим образом:

11. **Б**<sub>(2)</sub>**Ш**<sub>(2)</sub>**Спр**

**ОШ**<sub>(4)</sub>**Ск**<sub>(1)</sub>**ЗШ**<sub>(1)</sub>, где отложения: Б – биогермные, Ш – шлейфовые,



Спр – прибрежные (приливно-отливные карбонаты) < 5 %, ОШ – открытого шельфа, Ск – склоновые, ЗШ – закрытого шельфа.

## **Выводы**

Анализ карбонатных отложений различных регионов, возраста и генезиса позволил выявить иерархию структур карбонатных осадочных тел и разработать их классификацию на основе формализованного описания.

Структурно-генетический подход к изучению карбонатных отложений позволил разработать формулы структур литогенетических типов пород, генетических типов и групп отложений карбонатных подформаций, которые используются при выявлении и корреляции седиментационных циклитов разных уровней.

Формализованное представление структур карбонатных тел различных иерархических уровней при наличии четких петрофизических зависимостей удобно использовать при интерпретации данных геофизических исследований скважин и материалов сейсморазведки, а также для разработки тонко- и толстопластовых моделей формационных тел.

## **Библиографический список**

1. **Атлас** структурных компонентов карбонатных пород / Н. К. Фортунатова, О. А. Карцева, А. В. Баранова, Г. В. Агафонова, И. П. Офман. М.: ВНИГНИ, 2005. 440 с.
2. **Седиментологическое** моделирование карбонатных осадочных комплексов / Под редакцией Н. К. Фортунатовой. М.: НИИ-Природа, 2000. 249 с.
3. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.

**С. Б. Шишлов**

Санкт-Петербургский гос. горный институт (технический университет)

**ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЛИТОМЫ СЕРОЦВЕТНЫХ  
ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ**

В монографии «Структурно-вещественный анализ осадочных формаций» Валентин Николаевич Шванов показал, что в разрезах осадочных толщ практически всегда удается определить границу последовательности слоев, за которой следует такая же, близкая или иная (несхожая) слоевая ассоциация [11]. Эти реально наблюдаемые и повторяющиеся в разрезе минимальные по объему и неделимые без потери свойств сочетания слоев он предложил именовать «элементарными литомами» и рассматривал в качестве основных элементов структуры осадочных формаций [11]. На сейсмопрофилях, выполненных с высоким разрешением, элементарные литомы имеют вид клиноформ и именуются «сейсмопакетами», которые, по определению А. Е. Шлезингера (1998), ограничены динамически яркими отражениями, имеют внутреннюю упорядоченность и являются частью сейсмокомплекса. В секвенс-стратиграфии, возникшей как методика интерпретации результатов сейсмопрофилирования, элементарные литомы получили название «парасеквенсов». Это относительно согласные трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев, ограниченные поверхностями, при пересечении которых фиксируются признаки увеличения глубины бассейна [14]. Показано, что породно-слоевой состав парасеквенсов меняется по латерали. Их проксимальную часть образуют слои псефитов, псаммитов и пелитов, накопившихся у берега. Далее к центру бассейна появляются псаммиты морского мелководья. Дистальную часть парасеквенсов образуют глубоководные алевро-пелитовые слои [14].

Весьма продуктивным направлением исследования элементарных литом является выявление идеальных (полных) слоевых последовательностей и создание на актуалистической основе моделей их формирования, которые позволяют установить закономерности латеральных изменений структуры этих геологических тел. Пример реализации этого подхода дает история изучения флишевой формации. В 1962 г. А. Боума описал идеальный циклит, который стал общепринятым стандартом для флишевых формаций и получил название «цикл Боума». В 1978 г. Пайпер интерпретировал его как результат осаждения турбидитного потока, а Уокер показал закономерности изменения строения циклитов в глубоководном конусе выноса. Так были выявлены закономерности строения трехмерной флишевой

элементарной литомы, возникающей в седиментационной системе подводного конуса выноса при осаждении одного гравитационного потока.

Используя этот структурно-генетический подход, мы по материалам, собранным при изучении разрезов верхнего палеозоя Таймырского, Тунгусского и Печорского бассейнов, попытались описать основные типы литом терригенных сероцветных эпиконтинентальных формаций. Для этого были реализованы следующие операции:

а) выделены элементарные трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев – *циклотемы*, которые являются случайными вертикальными сечениями трехмерных элементарных литом;

б) проведен сравнительный анализ слоевой структуры циклотем и их объединение в близкие по морфологии группы;

в) для каждой морфологической группы установлена полная идеальная последовательность слоев, т. е. *идеальная циклотема*;

г) на актуалистической основе [4, 7, 9] разработаны седиментологические модели, описывающие механизмы формирования циклотем одной группы и обеспечивающие понимание основных закономерностей латеральных изменений их слоевой структуры;

д) построены структурные профили *элементарных литом* – геологических тел, которые образуются в течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла развития *седиментационной системы* – обстановки со специфическими чертами процессов поступления, сортировки, накопления и первичной переработки осадков.

В анализируемых разрезах удалось выделить несколько тысяч циклотем мощностью от 3 до 40 м. По особенностям слоевой структуры они были разделены на 7 групп. Привлечение материалов о современных процессах осадконакопления позволило показать, что выявленные группы являются результатом функционирования седиментационных систем глубоководного шельфа, открытого мелководья, изолируемого мелководья, лагуны, дельты и флювиального потока. Седиментационная система каждого типа, в течение трансгрессивно-регрессивного цикла эволюции, продуцирует особую элементарную литому.

***Элементарная литома глубоководного шельфа*** образуется в условиях нормальной солености и слабой аэрации придонных вод, ниже базы волнений, где основным способом осадконакопления является осаждение частиц из взвеси [7]. Полный набор слоев этого геологического тела отражает идеальная циклотема, представленная на рис. 1. В начале трансгрессии у подножья берегового склона мутьевые потоки формировали градационные псаммито-алевро-пелитовые циклиты, образующие слой 1. Характерное для него общее уменьшение гранулометрического состава снизу вверх, очевидно, является результатом сокращения объемов континентального стока вследствие увеличения глубины бассейна. При этом происходило расширение области накопления алевро-пелитовых осадков слоя 2.

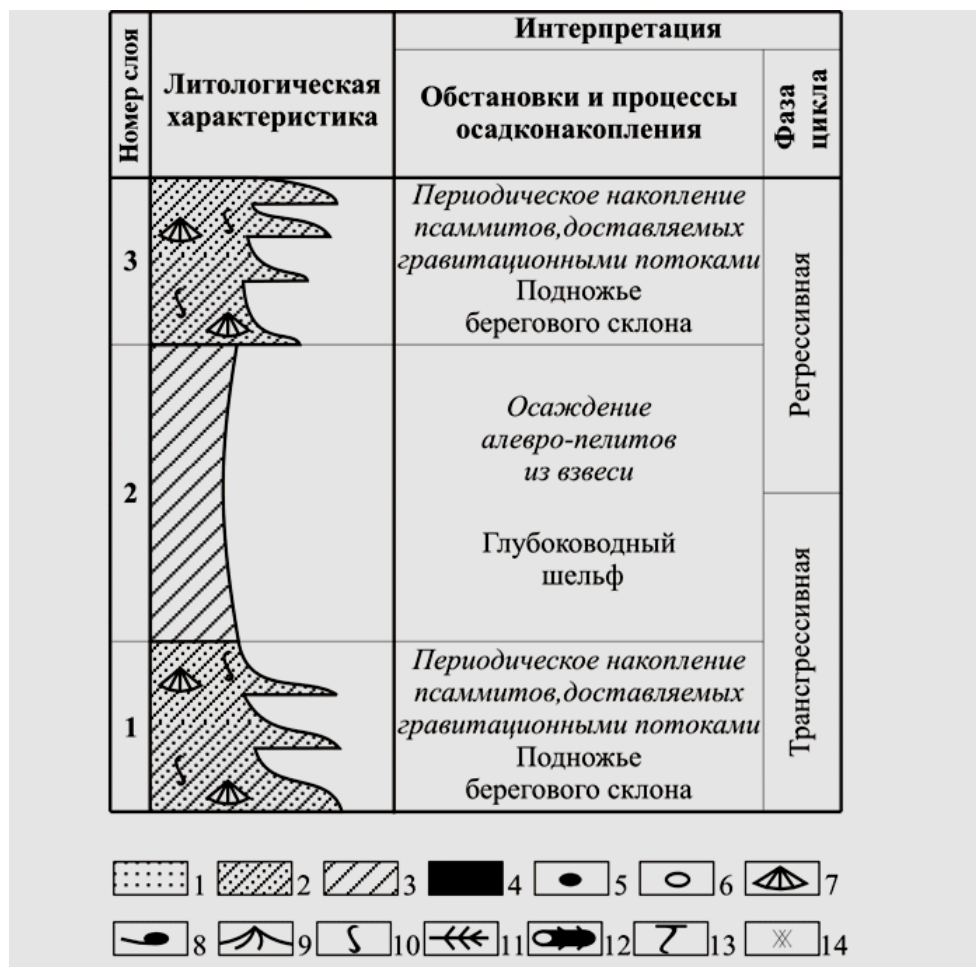


Рис. 1. Идеальная циклотема глубоководного шельфа:

1 – песчаники, 2 – чередование алевролитов и песчаников; 3 – аргиллиты и алевролиты; 4 – угли; 5 – галька местных пород; 6 – галька экзотических пород; 7 – морская фауна; 8 – солоноватоводная фауна; 9 – «постройки» типов *Zoophycos* и *Rhizocorallium*; 10 – следы илоедов; 11 – мелкие растительные остатки; 12 – остатки стволов; 13 – корневые системы; 14 – пестроцветность

Гранулометрический минимум в его средней части соответствует максимуму трансгрессии. За счет падения уровня моря континентальный сток возрастал, и у подножья прибрежного склона возобновлялось накопление градационных псаммито-алевро-пелитовых циклитов, образующих слой 3 с гранулометрическим максимумом у кровли. На структурном профиле (рис. 2) видно, что в проксимальной части элементарной литомы представлены слоевые последовательности, близкие к идеальной. По направлению к бровке шельфа слои 1, 3 выклиниваются, и трансгрессивно-регрессивному циклу осадконакопления соответствует только один алевро-пелитовый слой 2.

Литомы глубоководного шельфа образуют «монотонные» толщи, которые Н. Б. Вассоевич (1980) называет аспидными, Я. Э. Юдович и М. П. Кетрис (1988) – черносланцевыми, а Э. Н. Янов (1983) и В. М. Цейслер (1992) – глинистыми формациями.

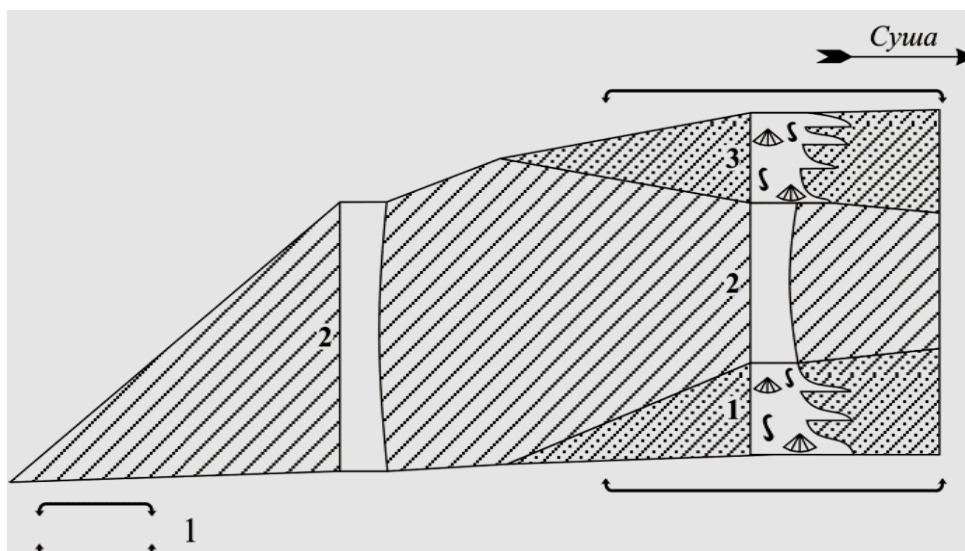


Рис. 2. Слоевая структура элементарной литомы глубоководного шельфа:  
 1 – пояс литомы с последовательностью слоев, в близкой к идеальной циклотеме.  
 Остальные условные обозначения на рис. 1

**Элементарная литома открытого мелководья.** Идеальная циклотема этой литомы (рис. 3) могла формироваться у приглубого берега или на фронте барового поля при значительном уклоне донного профиля. Ведущим фактором осадконакопления здесь являются возвратно-поступательные движения нормально соленых вод. Интенсивность их воздействия на дно и расположение зон накопления частиц различной гидравлической крупности контролирует глубина. При подъеме уровня моря у уреза воды из материала, мобилизуемого со стороны моря и перемещаемого волнениями вдоль берега, накапливались пески слоя 1, содержащие детрит морской фауны. Развитие трансгрессии приводило к сокращению континентального стока и возникновению дефицита обломочного материала. В результате скорость седиментации падала. Пески слоя 1 перерабатывал бентос, а в их кровле возникала поверхность ненакопления. Ниже базы волнений ее перекрывали пелиты слоя 2, область накопления которых расширялась от центра к периферии бассейна. С развитием регрессии увеличивался объем континентального стока. У подножья берегового склона ниже базы волнений накапливался материал, мобилизуемый штормами и перемещаемый вниз гравитационными потоками. При этом формировались серии градационных псаммито-алевро-пелитовых циклитов, образующие слой 3. В прибрежной зоне пески с детритом наземных растений (слой 4) формировали наращивающийся от берега пляж или островной бар. В результате полного трансгрессивно-регрессивного цикла развития седиментационной системы открытого мелководья накапливалась элементарная литома, слоевую структуру которой отражает профиль, представленный на рис. 4. Вертикальные сечения ее дистальной части близки идеальной циклотеме. По направлению к берегу последовательно выклиниваются

слои 2, 3, и проксимальную часть литомы образуют двучленные песчаные циклотемы, состоящие из слоев 1, 4.

Номер слоя	Литологическая характеристика	Интерпретация	
		Обстановки и процессы осадконакопления	Фаза цикла
4		Пляж Эрозионная поверхность Предфронтальный размыв	Регрессивная
3			
2		Глубоководный шельф Поверхность ненакопления	Трангрессивная
1			

Рис. 3. Идеальная циклотема открытого мелководья. Условные обозначения на рис. 1

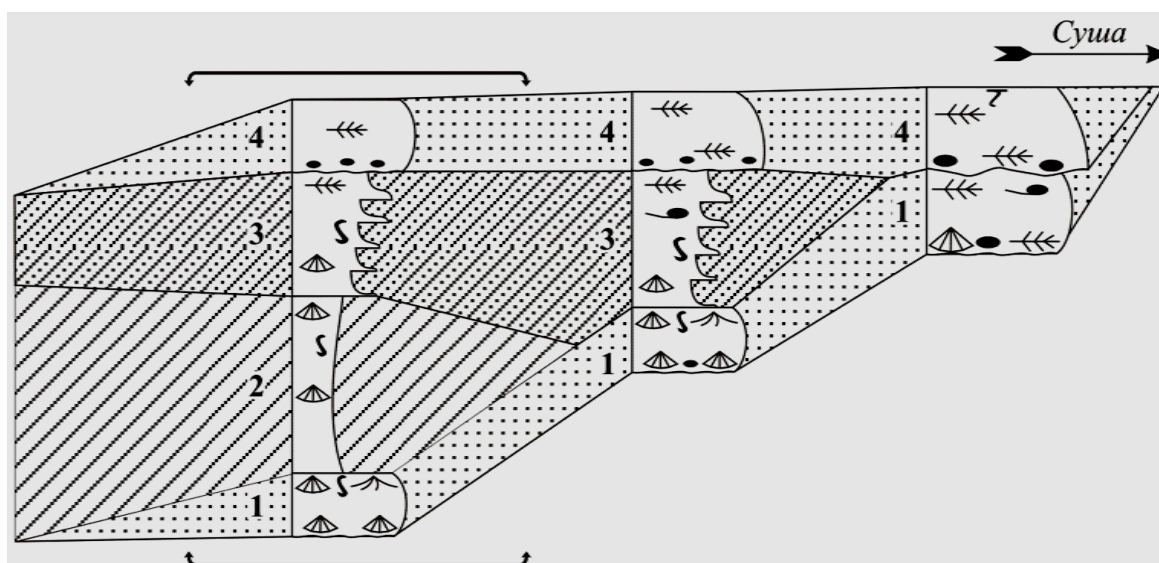


Рис. 4. Слоевая структура элементарной литомы открытого мелководья. Условные обозначения на рис. 1, 2

Циклотемы открытого мелководья описаны в разрезах современных пляжей безбарьерных побережий [7, 9], в верхнем мелу Пиренеев [12] и в мессинских отложениях бассейна Сорбас Испании [13].

*Элементарная литома изолируемого мелководья* характеризуется идеальной циклотемой, представленной на рис. 5. Ее особенности можно

Номер слоя	Литологическая характеристика	Интерпретация	
		Обстановки и процессы осадконакопления	Фаза цикла
8		Болото	Регрессивная
7		Почвообразование Берег лагуны	
6		Внутренняя область лагуны	
5		Тыловой склон бара Баровое поле Эрозионная поверхность	
4		Предфронтальный размыв Подножье берегового склона	
3		Глубоководный шельф	Трансгрессивная
2		Поверхность ненакопления Биотурбирование осадка Береговой склон Пляж Эрозионная поверхность	
1		Лагуна	

Рис. 5. Идеальная циклотема изолируемого мелководья. Условные обозначения на рис. 1

связать с таким наклоном поверхности дна, который оказывался достаточно пологим для формирования в течение регрессии побережий закрытого типа, но еще слишком крутым для их сохранения при трансгрессии. Близкие процессы могли происходить в пределах сложно построенного барового поля. В этой седиментационной системе регрессия приводила к образованию песчаного бара (слой 5), который изолировал небольшую лагуну. Здесь в условиях низкой гидродинамики и опреснения накапливались алевро-пелиты слоя 6. У берега, благодаря действию слабых волнений, концентрировался алевритовый и песчаный материал слоя 7, который становился субстратом гидроморфных почв и перекрывался торфяником (слой 8). Подъем уровня моря, начинавший следующий седиментационный цикл, приводил к затоплению и заиливанию торфяников пелитовым материалом слоя 1. Затем бар разрушался, и пески (слой 2) образовывали пляж

открытого побережья или островного бара. В течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла формировалась литома, изображенная на рис. 6. Вертикальные сечения ее дистальной части практически неотличимы от идеальной циклотемы открытого мелководья. В центре представлены слоевые последовательности, близкие идеальной циклотеме изолируемого мелководья. В «прибрежном» поясе циклотемы редуцированы и не содержат алевро-пелитовых осадков глубоководного шельфа.

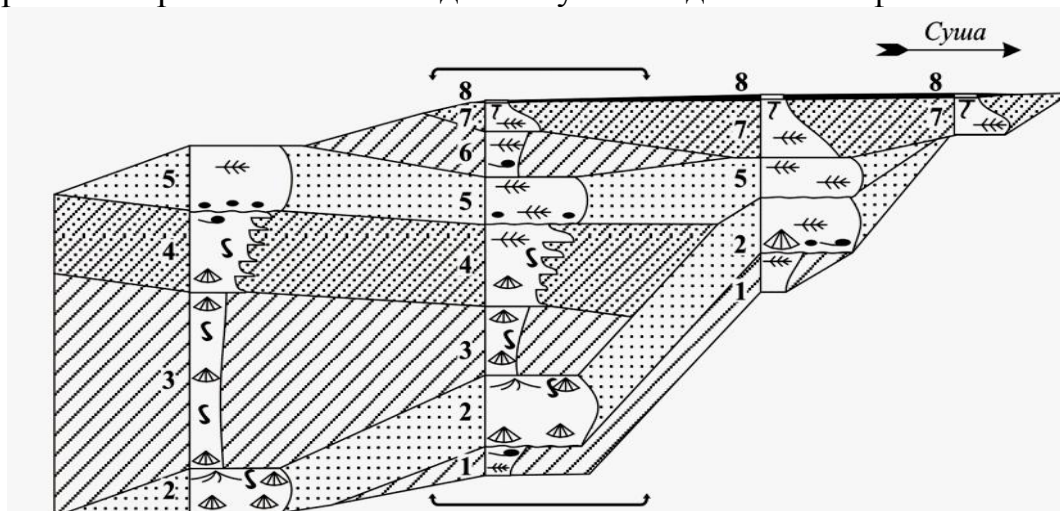


Рис. 6. Слоевая структура элементарной литомы изолируемого мелководья. Условные обозначения на рис. 1, 2

Кроме терригенных формаций, циклотемы изолируемого мелководья были установлены нами в терригенно-карбонатном разрезе нижнего карбона Калужской области, вскрытого карьером «Полотняный завод» [2]. Здесь слой 2 представлен не песчаником, а детритовым известняком, который, судя по его генетическим признакам, формировался при трансгрессии в условиях динамичного мелководья. Очевидно, вертикальными сечениями литом изолируемого мелководья являются карбонатно-терригенные циклотемы среднего карбона Донецкого бассейна [1, 5], нижнекаменноугольной формации Йоридейл Британских островов [10], пенсильванских формаций Иллинойса и Канзаса (Мидконтинента) Северной Америки [3, 15]. Часто они содержат пласты угля рабочей мощности (более 50 см), в то время как в циклотемах изолируемого мелководья перми Таймырского, Тунгусского и Печорского бассейнов присутствуют только пропластки мощностью менее 50 см. Вероятно, эти особенности связаны с климатическими различиями. Тропический климат времени формирования терригенно-карбонатных каменноугольных отложений обеспечивал высокую биопродуктивность морского бентоса, из остатков которого образовывались слои известняка, и континентальной флоры, формирующей мощные торфяные залежи. В условиях умеренно-теплого климата продуктивность пермских экосистем была ниже, и в море не образовывалось достаточного количества биогенного карбонатного материала для накопления известня-



ков, а у уреза воды за время низкого стояния уровня моря успевали накопиться только маломощные торфяники.

**Элементарная литома лагуны.** Идеальная циклотема лагуны (рис. 7) впервые описана А. В. Македоновым как обобщенная схема «элементарного цикла» продуктивноугленосных отложений Печорского, Кузнецкого, Тунгусского и Таймырского бассейнов [6]. Модель процесса

Номер слоя	Литологическая характеристика	Интерпретация	
		Обстановки и процессы осадконакопления	Фаза цикла
6		Болото	Регрессивная
5		Почвообразование Прибрежная зона лагуны	
4		Малоподвижная центральная зона лагуны	
3		Подвижная внешняя зона лагуны	
2		Подвижная внешняя зона лагуны	Трансгрессивная
1		Малоподвижная центральная зона лагуны Прибрежная зона лагуны Заиливание	

Рис. 7. Идеальная циклотема лагуны. Условные обозначения на рис. 1

формирования лагунной циклотемы за счет пространственного смещения обстановок осадконакопления в течение трансгрессивно-регрессивного седиментационного цикла разработана Г. А. Ивановым [5]. Такая седиментационная система возникает при очень пологом наклоне берегового профиля [6], который обеспечивает сохранение изолированного побережья во время трансгрессии. При этом бар затапливался и мигрировал в сторону берега, но не разрушался, продолжая защищать лагуну и ее заболоченные берега от действия вод открытого бассейна. Образовавшиеся ранее торфяники последовательно перекрывались пелитовыми (слой 1), псаммит-алевритовыми (слой 2) и псаммитовыми (слой 3) осадками. На регрессивной фазе лагуну последовательно заполнял псаммит-алевритовый (слой 4) и пелитовый (слой 5) материал, а площадь накопления торфяников (слой 6) расширялась в сторону бара. Схема строения элементарной литомы лагуны приведена на рис. 8. Ее дистальная часть сложена песчаниками слоя 3, ко-

торые накапливались в течение всего трансгрессивно-регрессивного цикла на тыловом склоне бара. В основании этого слоя фиксируется эрозионная поверхность – результат продвижения зоны приобоя во внутреннюю область лагуны при затоплении прежнего бара. Центральную часть образуют слоевые последовательности, близкие к идеальной. В проксимальной части представлены редуцированные слоевые последовательности, возникающие благодаря трансгрессивному затоплению и регрессивному осушению заболоченного берега.

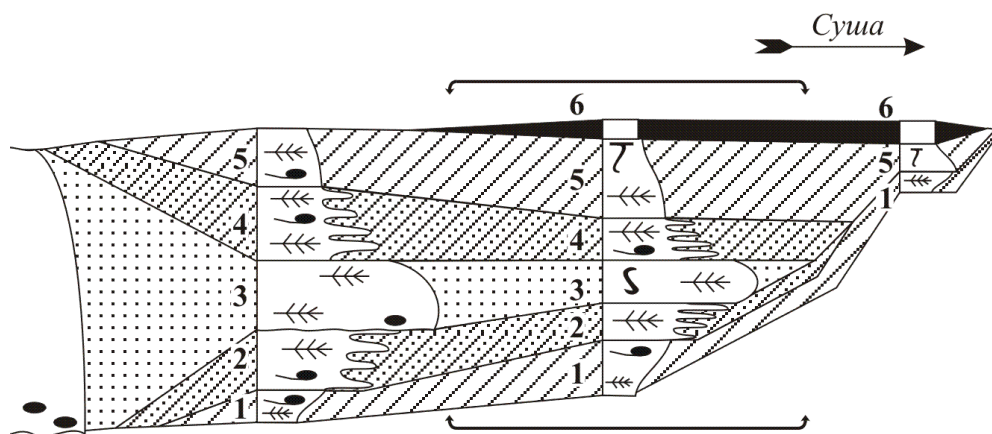


Рис. 8. Слойная структура элементарной литомы лагуны. Условные обозначения на рис. 1, 2

*Элементарная литома дельты* возникает в зоне взаимодействия флювиального потока с водами приемного бассейна (открытое море или лагуна). Ее слоевую структуру определяют миграция дельтовых проток при образовании энергетически выгодных путей стока, переработка поступающего материала волнениями и погружение дельтовых лопастей при уплотнении образующих их осадков [4, 7, 9]. Идеальная циклотема дельты открытого побережья представлена на рис. 9. Пески слоя 1, содержащие морскую фауну, накапливались при повышении уровня моря, за счет переработки волнениями отмершей дельтовой лопасти и образовывали у берега подводные валы и пляж. Более подвижный алевро-пелитовый материал осаждался на глубине, образуя нижнюю часть слоя 2. Прорыв речного потока на участке с максимальным уклоном поверхности начинал формирование регрессивной серии слоев новой дельтовой лопасти, выдвигавшейся в открытое море. По мере удаления от устья и увеличения глубины приемного бассейна последовательно осаждались псаммитовая, алевритовая и пелитовая фракции твердого стока. Алевро-пелиты накапливались ниже базы волнений, образуя авандельту (верхняя часть слоя 2). Ближе к берегу возникал склон фронта дельты, по которому плотностные потоки перемещали алевро-псаммитовый материал, формируя слой 3. За бровкой склона располагалась дельтовая платформа, сложенная переработанными волнениями песками с морской фауной (слой 4). По мере выдвигания лопасти

речной поток размывал подстилающие отложения, формируя русло, в котором концентрировался перлювиальный псефитовый материал, образующий основание слоя 5. За счет увеличения протяженности и уменьшения угла наклона скорость потока снижалась, и русло постепенно заполняло пески (средняя часть слоя 5), содержащие остатки континентальной флоры.

Номер слоя	Литологическая характеристика	Интерпретация	
		Обстановки и процессы осадконакопления	Фаза цикла
6		Болото	Регрессивная
5		Почвообразование Русло дельтовой протоки	
4		Эрозионная поверхность Дельтовая платформа	
3		Склон фронта дельты	
2		Авандельта Глубоководный открытый шельф	Трансгрессивная
1		Биотурбирование осадка Пляж	
		Эрозионная поверхность	

Рис. 9. Идеальная циклотема дельты открытого побережья. Условные обозначения на рис. 1

На завершающем этапе наращивания дельтовой лопасти под действием волнений из песчано-алевритовых наносов формировался приустьевой бар (верхняя часть слоя 5), который подпруживал протоку. В итоге водный поток находил новый, более энергетически выгодный путь стока, и дельтовая лопасть отмирала. Под действием волнений здесь формировалась поверхность с рельефом, близким к профилю равновесия. На хорошо аэрируемом дне поселялся морской бентос, который биотурбировал пески прикровельной части слоя 4. Примыкающая к берегу субаэральная часть дельты заболачивалась, и верхняя часть слоя 5 становилась субстратом гидроморфных почв, в верхнем горизонте которых накапливались торфя-

ники (слой 6). Уплотнение осадков приводило к погружению лопасти и началу нового цикла развития этой седиментационной системы. Так формировалась слоевая структура элементарной литомы дельты открытого побережья (рис. 10). В ее дистальной части представлены редуцированные слоевые последовательности, в составе которых отсутствуют отложения дельтовых протоков, приустьевых баров и прибрежных торфяников. Максимуму регрессии здесь соответствует поверхность ненакопления в кровле слоя 4, которую подстилают интенсивно биотурбированные и содержащие морскую фауну песчаники. Слоевая структура средней части близка идеальной циклотеме, а проксимальную часть литомы образуют песчаные слои наступающего на сушу пляжа и дельтовой протоки, местами перекрытые прибрежными торфяниками.

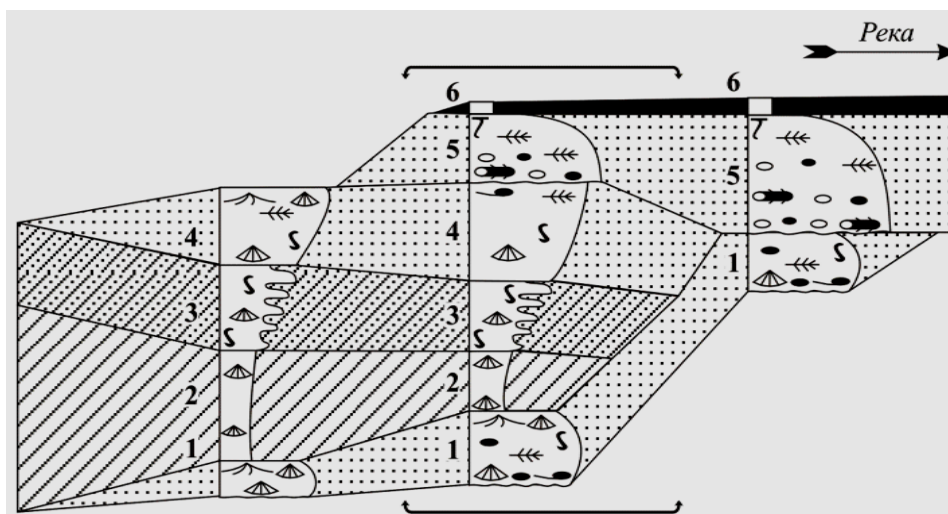


Рис. 10. Слоевая структура элементарной литомы дельты открытого побережья. Условные обозначения на рис. 1, 2

Подобные слоевые системы установлены Ж. Д. Колменом и Л. Д. Райтом в голоценовых разрезах дельт современных рек Миссисипи, Кланг, Сенегал и др. [4]. Множество аналогичных последовательностей выявлено в древних отложениях [1, 7]. Среди них циклотемы девона пачки Монтебелло красноцветной формации Махантанго в штате Пенсильвания [8] и каменноугольной сероцветной серии Йоридейл в Шотландии [9].

Если река впадает в лагуну, то образуется элементарная литома дельты изолированного побережья, которая по структуре близка литоме дельты открытого побережья, но отличается от нее пониженной долей или отсутствием псефитов и грубозернистых песчаных разностей, плохой сортировкой и повышенной глинистостью осадков, отсутствием морской фауны и обилием остатков флоры. Эти особенности связаны с опреснением и низкой динамикой вод лагуны, которые слабо перемещали и плохо сортировали принесенный рекой терригенный материал. Кроме того, поскольку формирование лагун происходит при незначительных уклонах поверхно-

сти, впадающие в них флювиальные потоки текут медленно и перемещают преимущественно «тонкие» частицы.

**Элементарная литома флювиального потока** представляет собой систему 2-3 слоев, залегают с размывом на подстилающих отложениях и характеризуется однонаправленным уменьшением гранулометрического состава пород снизу вверх. Ее особенности являются следствием миграции и изменения динамики однонаправленного пресноводного потока. Флювиальные (аллювиальные) циклотемы, подобные представленной на рис. 11, установлены в континентальных толщах разного возраста и описаны в многочисленных публикациях [1, 3, 7, 8, 9, 11]. Начало формирования этих геологических тел связано с падением уровня моря, которое стимулировало донную эрозию. При этом «тонкие» частицы уносились в приемный


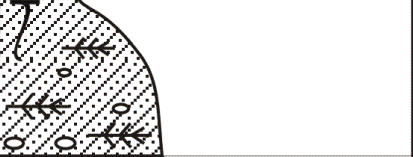
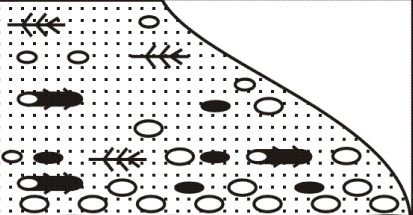
Номер слоя	Литологическая характеристика	Интерпретация	
		Обстановки и процессы осадконакопления	Фаза цикла
3		Болото	Регрессивная
2		Почвообразование Пойма	
1		Русло Формирование перлювия флювиальным потоком Эрозионная поверхность	

Рис. 11. Идеальная циклотема флювиального потока. Условные обозначения на рис. 1

бассейн, а гравийно-галечный материал образовывал перлювиальные скопления в нижней части слоя 1. Приближение уклона русла к профилю равновесия приводило к развитию боковой эрозии и формированию флювиальной долины. В пристрежневой части русла накапливались псаммиты верхней части слоя 1. Их перекрывали алевро-пелитовые отложения плесов и поймы (слой 2). На заболоченных участках долины осадки изменялись процессами гидроморфного почвообразования (прикровельная часть слоя 2) и перекрывались торфяниками (слой 3). На рис. 12 видно, что слоевая структура флювиальной элементарной литомы меняется не только в продольном сечении (см. рис. 12, А), но и вкрест простирания флювиальной долины (см. рис. 12, В, Г). В дистальной части литомы, формировавшейся у устья в условиях приповерхностного стояния грунтовых вод, представлены «гидроморфные» циклотемы. Здесь в осевой части долины

возникали слоевые последовательности, близкие идеальной циклотеме. К ее бортам (см. рис. 12, *Б*) уменьшаются гранулометрический состав и мощность осадков, выклиниваются русловые отложения и торфяная залежь. В проксимальной части литомы, образовавшейся выше по течению, представлены безугольные отложения, которые в связи с низким стоянием уровня грунтовых вод изменены процессами субэарального почвообразования. Породы имеют зеленоватый оттенок или пеструю (зеленую с сургучно-красными пятнами) окраску и не содержат углефицированных растительных остатков. В поперечном сечении (см. рис. 12, *В*) от центра к бортам долины последовательно выклиниваются псаммит-псефитовые и алевро-пелитовые отложения.

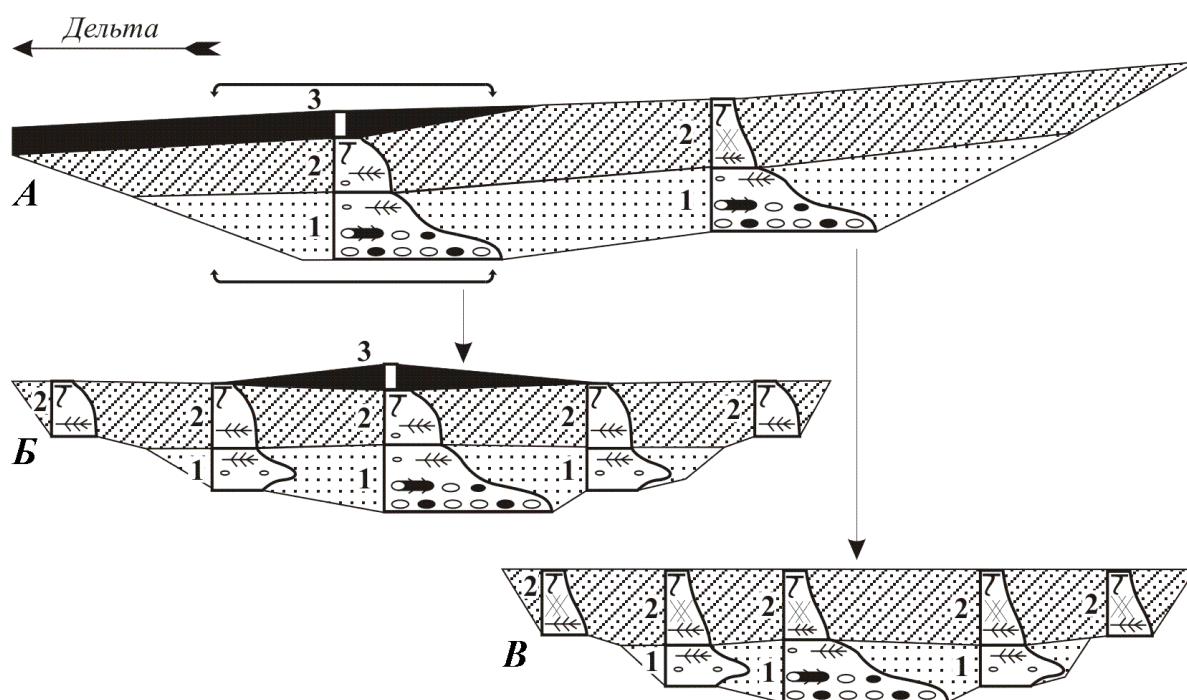


Рис. 12. Слойная структура элементарной литомы флювиального потока:  
*А* – продольное сечение; *Б, В* – поперечные сечения  
 Условные обозначения на рис. 1, 2

Результаты предпринятого исследования показывают, что терригенные формации Севера России являются сложно организованными множествами элементарных литом, основную массу которых продуцировали седиментационные системы глубоководного шельфа, открытого мелководья, изолируемого мелководья, лагуны, дельты и флювиального потока. Особенности строения элементарных литом каждого типа отражают идеальная циклотема (полная последовательность слоев) и профиль, показывающий основные закономерности латеральных изменений слоевой структуры циклотем одной группы. Мощность этих геологических тел не превышает первых десятков метров, а протяженность вкрест простирания береговой

линии, вероятно, может составлять десятки километров. Следует ожидать, что рассмотренные типы элементарных литом образуют закономерные латеральные ряды, поскольку теоретически формировавшие их седиментационные системы могли группироваться вкрест простираения береговой линии только пятью способами:

- 1) глубоководный шельф → открытое мелководье → берег;
- 2) глубоководный шельф → изолируемое мелководье → берег;
- 3) глубоководный шельф → дельта → флювиальный поток;
- 4) глубоководный шельф → бар (открытое или изолируемое мелководье) → лагуна → берег;
- 5) глубоководный шельф → бар (открытое или изолируемое мелководье) → лагуна → внутрिलाгунная дельта → флювиальный поток.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных обстановкам и цикличности осадконакопления, позволяет заключить, что представленные выше элементарные литомы отражают общие закономерности строения осадочных формаций, формировавшихся в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза вне зависимости от их возраста и региональной принадлежности. Это дает основание считать, что подобные структурно-генетические исследования осадочных толщ разного вещественного состава, строения и происхождения способны реализовать идею В. Н. Шванова о составлении атласа литом-эталонов [11], который заложит основу для классификации осадочных формаций и обнаружения их новых типов.

### Библиографический список

1. **Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П.** Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.
2. **Вевель Я. А., Шишлов С. Б., Журавлев А. В.** Фации и биостратиграфия визейско-серпуховских отложений в разрезе Полотняный Завод (Юго-Запад Московской синеклизы) // Материалы Всероссийской конференции «Верхний палеозой России: стратиграфия и палеогеография». Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2007. С. 51-54.
3. **Дафф П., Халлам А., Уолтон Э.** Цикличность осадконакопления: Пер. с англ. М.: Мир, 1971. 284 с.
4. **Дельты – модели для изучения / Под ред. М. Бруссарда:** пер. с англ. М.: Недра, 1979. 323 с.
5. **Иванов Г. А.** Угленосные формации. Л.: Наука, 1967. 408 с.
6. **Македонов А. В.** Формации Печорского бассейна и некоторые закономерности образования и развития угленосных формаций // Угленосные формации некоторых регионов СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 147-186.

7. **Обстановки** осадконакопления и фации: В 2-х т. / Под ред. Х. Рединга; пер. с англ. М.: Мир, 1990. Т. 1, 352 с., Т. 2, 384 с.
8. **Петтиджон Ф. Дж.** Осадочные породы: Пер. с англ. М.: Недра, 1981. 751 с.
9. **Селли Р. Ч.** Древние обстановки осадконакопления: Пер. с англ.— М.: Недра, 1989. 294 с.
10. **Уилсон Дж. Л.** Карбонатные фации в геологической истории: Пер. с англ., М.: Недра, 1984. 463 с.
11. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.
12. **Ghibaudo G., Mutti E., Rosell J.** Le spiagge fossili delle Arenarie di Aren (Cretacico superiore) nella valle Noguera-Ribagorzona (Pirenei centro-meridionall, Province di Lerida e Huesca, Spagna). // Mem. Soc. geol. ital., 1974, N 13. P. 497-537.
13. **Roep Th. B., Beets D. J., Dronkert H.** A prograding coastal sequence of wave-built structures of Messinian age, Sorbas, Almeria, Spain. // Sediment. Geol., 1979, v. 22, N 3-4. P. 135-163.
14. **Van Wagoner J. C., Mitchum R. M., Campion K. M., Rahmani V. D.** Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts of high-resolution correlation of time and facies // AAPG Methods in Exploration Series. 1990. N. 7. 55 p.
15. **Weller J. M.** Cyclical sedimentation in the Pennsylvanian period and its significance // Journal of Geology. 1930. Vol. 38. N. 2, p. 97-135.

УДК 551.311.6 (470.5)

**Г. А. Мизенс**

Институт геологии и геохимии УрО РАН

## **СРЕДНЕ- И ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ ЮГА УРАЛА КАК ИНДИКАТОРЫ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ И ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК**

Значительную часть объема осадочных формаций складчатых областей слагают обломочные породы, среди которых больше всего распространены песчаники. Нет сомнений, что на вещественный состав этих пород, наряду с географическими (геоморфологическими) и тектоническими условиями, определяющим образом влияют и геодинамические обстановки.



Тем не менее вопрос этот пока еще разработан недостаточно. Следует заметить, однако, что наши знания по этой проблеме в существенной мере связаны с работами В. Н. Шванова, который в течение всей своей творческой жизни интересовался расшифровкой результатов изучения петрографии песчаников [5-13 и др.]. В том числе им были разработаны вертикальные ряды петрографических видов песчаных пород – индикаторов геодинамических обстановок [12,13], с которыми знакомы многие специалисты-петрографы. В этом отношении (и не только в этом) В. Н. Шванов активно интересовался и уральским материалом. Следовательно, данная статья является своего рода продолжением исследований, запланированных и начатых еще при жизни Валентина Николаевича.

Средне- и верхнепалеозойские обломочные отложения на Урале характеризуются большим разнообразием и изменчивостью, что, в первую очередь, обусловлено разнообразием геодинамических и палеотектонических обстановок и их эволюцией во времени. Именно этот возрастной интервал знаменуется переходом от океанической стадии развития к орогенной [2, 4]. Изучение вещественного состава упомянутых отложений позволяет в значительной мере уточнить геологические процессы, имевшие место в девоне, карбоне и в перми.

Особенно большим разнообразием и изменчивостью характеризуются девонские комплексы в пределах Магнитогорской мегазоны. В ее западной части (Вознесенско-Присакмарская зона) в виде изолированных фрагментов разреза, чаще всего с тектоническими границами, известны отложения нижнего девона. Это преимущественно песчаники, кремнистые аргиллиты, кремни, реже известняки, субщелочные вулканиты (ильтабановская, мансуровская, рыскужинская, ускульская толщи). Несколько восточнее распространены отложения верхней части нижнего девона (эмс) и низов среднего девона (эйфель), иногда встречаются породы живетского возраста. В основном это вулканогенные и вулканогенно-обломочные, в меньшей степени кремнистые, образования актауской, ишкининской и туратской толщ. Еще дальше на восток (Западно-Магнитогорская зона) девонский разрез начинается с эйфельского яруса, в пределах которого наблюдается чередование вулканогенных, вулканогенно-обломочных, обломочных и кремниевых комплексов. Главной среди них является ирендыкская свита (верхи эмса-низы эйфеля), сложенная тефроидами и грубообломочными туфами, реже лавами основного состава. На востоке ирендыкские образования перекрыты вулканитами и яшмами, реже тефроидами и гиалокластитами карамалыташской свиты. Стратиграфически выше прослеживается горизонт яшм, возраст которых соответствует верхней части эйфеля. На протяжении живетского века и в начале франа на этой территории формировался флиш улутауской свиты. Средняя и верхняя части франского яруса сложены кремнистыми породами мукасовской свиты. Эти отложения распространены почти по всей Магнитогорской мегазоне (за

исключением восточных районов, где развиты вулканические комплексы). В верхах девонского разреза этой территории выделяется песчано-глинистая зилаирская серия, в составе которой различаются две свиты – западная (присакмарская) и восточная (большекизильская) [3].

Песчаники нижнедевонских ильтабановской и мансуровской толщ, как правило, представлены высокополевошпатовыми граувакками (рис.1). Кварца в их составе очень мало – не более 1 %, полевых шпатов – порядка 30-40 %, нередко много зерен клинопироксенов. Среди обломков пород преобладают основные, реже средние вулканиты, распространены кремнистые породы, иногда встречаются зерна известняков. Состав песчаников рыскужинской и ускульской толщ несколько отличается. Они почти не содержат обломки осадочных пород, а вулканиты более кислые, особенно в рыскужинской толще, где преобладают дациты и андезито-дациты, нередко с амфиболами. Встречаются и зерна пироксенов, хотя в гораздо меньших количествах, чем в составе ильтабановской и мансуровской толщ. Кварца тоже практически нет, а плагиоклазов много, в том числе распространены зональные разности. По формальным признакам это петрокластические полевошпатовые граувакки или тефроида.

Песчаники ирендыкской свиты достаточно неоднородны по составу. В некоторых разностях присутствуют обломки как кислых, так и основных вулканитов, много зерен плагиоклазов, присутствует кварц. В других случаях обломки вулканитов представлены средними по составу породами (андезитами, дацитами), нередко содержащими измененный амфибол. Здесь иногда очень много плагиоклазов (до 50 %), в небольших количествах присутствует кварц. Встречаются также песчаники более основного состава – с обильным клинопироксеном (местами до 40 %), без кварца, а плагиоклазов несколько меньше, чем в предыдущем случае. Обломки пород в них представлены базальтами или андезибазальтами. Осадочные породы во всех случаях встречаются в виде единичных зерен или отсутствуют. Песчаники ирендыкской свиты, возможно, являются тефроидами.

Породы, сходные по составу с ирендыкскими, распространены в актауской свите. Они преимущественно сложены обломками средних вулканитов (андезитов, дацитов), в меньшей степени кислых и основных. Среди них много зерен плагиоклазов, совсем мало кварца, но, в отличие от ирендыкских образований, присутствуют обломки кремней. По своим характеристикам это полевошпатовые граувакки или тефроиды. Породы, слагающие ишкининскую и туратскую толщи, характеризуются более сложным составом. Но в целом это тоже полевошпатовые граувакки, реже собственно граувакки, содержащие зерна плагиоклазов в количестве от 10-15 до 25-30 %, кварца – до 5-10 %, встречается разное количество зерен роговых обманок и клинопироксенов. Среди обломков пород распространены базальтоиды, основная масса кислых вулканитов, микрограниты, серпентиниты, кремни (нередко преобладают), встречаются единичные фрагменты кристаллических сланцев.

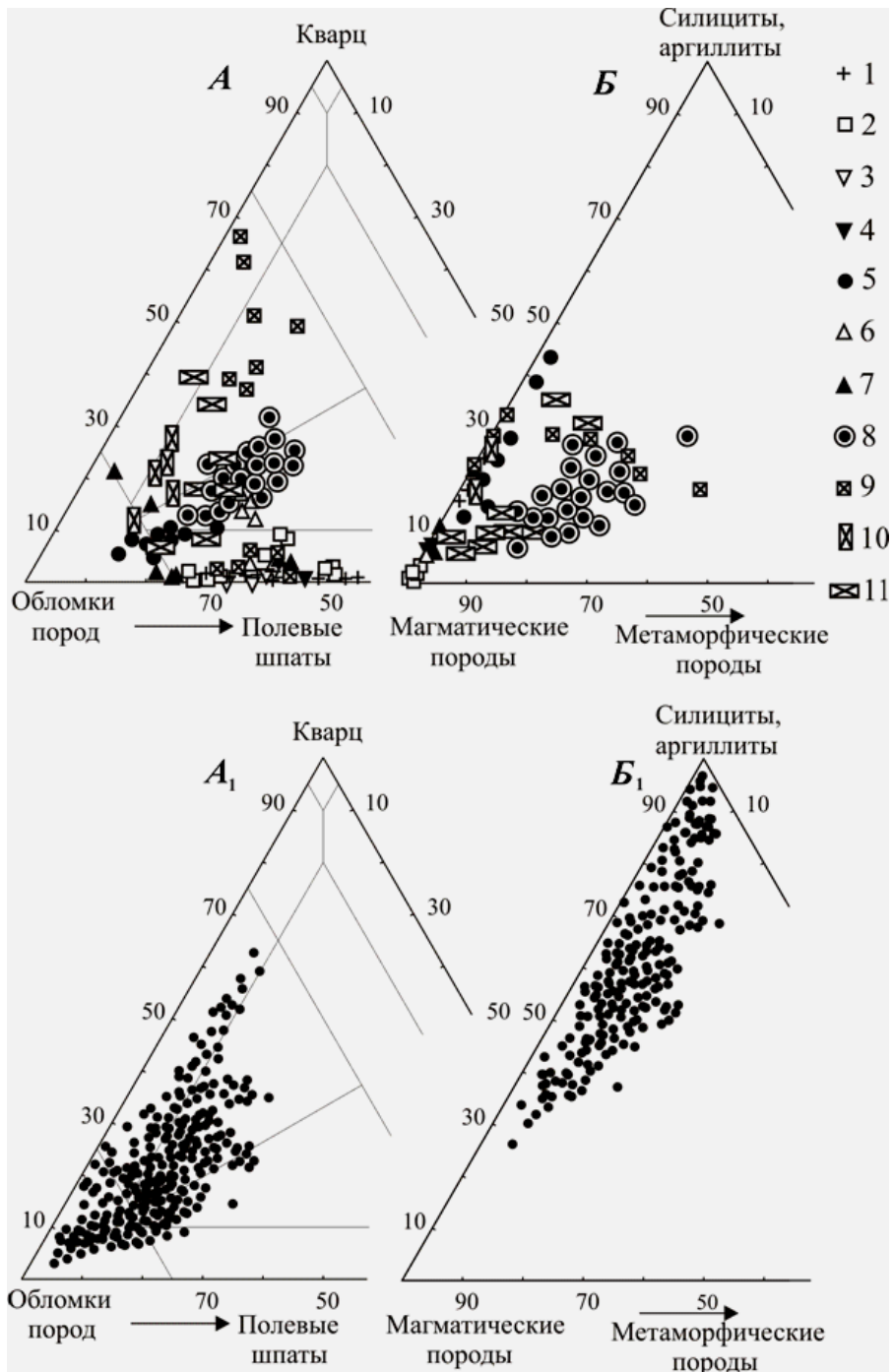


Рис. 1. Диаграммы состава песчаников среднего и верхнего палеозоя Южного и Среднего Урала:

*A, B* – девонские песчаники и карбоновые песчаники восточного склона Урала, *A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>* – песчаники карбона и нижней перми Предуральского прогиба.

*A, A<sub>1</sub>* – соотношение кварца, полевых шпатов и обломков пород; *B, B<sub>1</sub>* – соотношение обломков магматических, метаморфических и осадочных (кремней, аргиллитов, алевролитов, песчаников) пород. 1 – нижний девон (*D<sub>1</sub>*); 2 – ирендыкская (*D<sub>1e</sub>-D<sub>2ef</sub>*); 3 – карамалыташская (*D<sub>2ef</sub>*) и 4 – актауская (*D<sub>1e</sub>-D<sub>2ef</sub>*) свиты; 5 – ишкининская и туратская толщи (*D<sub>2ef</sub>*); 6 – улутауская (*D<sub>2g</sub>*); 7 – восточно-зилаирская (большекезильская) (*D<sub>3fm</sub>*) и 8 – западно-зилаирская (присакмарская) (*D<sub>3fm</sub>*) свиты; 9 – нижний карбон (*C<sub>1t-v</sub>*) Южного и 10 – Среднего Урала (жуковская свита); 11 – средний карбон (*C<sub>2m</sub>* и *C<sub>2m-C<sub>3</sub></sub>*) Южного и Среднего Урала

Песчаники в составе карамалыташской свиты представлены сильно измененными тефроидами и гиалокластитамы основного состава. Тефроиды здесь сложены обломками основных вулканитов, иногда среди них много плагиоклазов, встречаются зерна клинопироксенов.

Улутауская свита относительно неоднородна по петрографическому составу. Распространены главным образом две разновидности: песчаники, содержащие большое количество зерен плагиоклазов и кварца, обломков вулканических пород среднего и кислого состава, и песчаники, где кварца совсем мало, при высоком содержании плагиоклазов, а среди обломков вулканитов преобладают породы типа дацита и андезита, присутствуют (иногда в довольно больших количествах) базальтоиды.

Породы восточной провинции зилаирской серии (большекизильская свита) имеют более основной состав, чем таковые улутауской свиты. Песчаники здесь чаще всего сложены обломками базальтоидов, плагиоклазов, пироксенов (иногда многочисленными), почти всегда встречается то или иное количество зерен кремней. Кварц и кислые вулканиты обычно отсутствуют или наблюдаются в виде единичных зерен. Другой тип песчаников встречается реже. В их составе, наряду с базальтами, присутствуют обломки вулканитов кислого и среднего состава, много плагиоклазов, имеется кварц, роговая обманка, пироксен. В обоих типах песчаников можно встретить единичные зерна известняков, а также серпентинитов.

Песчаники присакмарской свиты зилаирской серии имеют относительно однородный, но довольно сложный состав. Это преимущественно кварц-полевошпатовые и полевошпат-кварцевые граувакки, содержащие, наряду с кварцем и плагиоклазами, обломки разнообразных вулканитов, гипабиссальных интрузивных образований, осадочных (кремней, аргиллитов, иногда кварцевых песчаников, местами известняков) и метаморфических (кристаллических сланцев, кварцитов) пород, серпентинитов. Всегда присутствует обломочный эпидот, пластинки биотита, стильпномелана, мусковита. Содержание кварца чаще всего находится в пределах 15-35 %, столько же полевых шпатов (плагиоклазов), обломков пород порядка 50-60 %.

Непосредственно подстилающая зилаирскую серию мукасовская свита в основном представлена кремнистыми породами. Песчаники в ее составе встречаются лишь локально. По составу среди них выделяются три существенно различающиеся группы пород. Это аналоги западнозилаирского комплекса, содержащие обломки разнообразных вулканитов, гипабиссальных гранитоидов, ультрабазитов, метаморфических пород. В меньшей степени развиты песчаники, которые обладают некоторым сходством с отложениями улутауской свиты. Это продукты размыва вулканических пород иногда с большим количеством кварца (до 60-70 %), обломками основной массы кислых вулканитов и кремнисто-глинистых пород. На севере Магнитогорской мегазоны (район г. Учалы) в мукасовской свите развиты песчаники, сходные по составу с восточнозилаирскими отложениями.

Таким образом, петрографический состав девонских песчаников Магнитогорской мегазоны довольно однообразный. Среди них абсолютно преобладают петрокластические полевошпатовые граувакки, состоящие преимущественно из неокатанных и слабо окатанных обломков базальтоидов и вулканитов среднего состава, плагиоклазов, клинопироксенов. Иногда присутствуют роговые обманки, а также осадочные силициты и известняки. Такие породы широко распространены как в нижнем, так и в среднем и верхнем девоне. В некоторых случаях песчаники содержат обломки серпентинитов (среднедевонские туратская и ишкининская толщи, отложения западной провинции верхнедевонской зилаирской серии). Обломки кислых вулканических пород играют существенную роль на юге восточной провинции зилаирской серии, присутствуют и в песчаниках западной провинции этой серии, и в составе улутауской и ирендикской свит, реже они встречаются в других толщах.

Западноуральская мегазона состоит из нескольких самостоятельных структур с принципиально различающимся характером формирования девонских отложений. В обрамлении Башкирского мегантиклинория в целом распространены карбонатные комплексы края Восточно-Европейского континента. В восточной части Зилаирского синклинория эмский ярус нижнего девона и средний девон представлены переслаивающимися песчаниками, кремнистыми и глинистыми сланцами, иногда с конгломератами и глыбами известняков [4]. В центральных районах синклинория эти слои глубоко погружены и не изучены. Верхний девон в Зилаирском синклинории представлен силицитами франа, сменяющимися флишем зилаирской серии (фамен-турне). К северу от Башкирского мегантиклинория, в пределах Уфимского амфитеатра, франский ярус и низы фаменского представлены известняками края платформы, средний и верхний фамен – песчаниками и аргиллитами (иногда с прослоями известняков) зилаирской свиты, которые, скорее всего, целиком находятся в аллохтонном залегании [2].

По вещественному составу ниже- и среднедевонские обломочные породы Зилаирского синклинория (кварцевые песчаники) резко отличаются от верхнедевонских (полимиктовые граувакки). Характерно при этом, что упомянутые фаменские песчаники почти не отличаются от западнозилаирских граувакк Магнитогорской мегазоны, что очевидно указывает на общий источник обломочного материала. В то же время на территории Уфимского амфитеатра верхнедевонские песчаники уже несколько другие. Там развиты типичные кварцевые граувакки с высоким содержанием кварца (45-50 %) и очень незначительным количеством полевых шпатов (плагиоклазов) – до 3-7 %. Среди обломков пород преобладают кремни (67-80 %), встречаются сильно измененные изверженные породы основного или среднего состава (10-15 %), в том числе базальты с метельчатой структурой, характерные для южных разрезов, а также кварцевые и кварцито-

видные алевролиты и песчаники, аргиллиты, на юге появляются кварциты и кристаллические сланцы (кварц-мусковитовые, кварц-серицитовые).

На Среднем Урале, в Тагильской мегазоне, нижнедевонские отложения представлены основными вулканитами, тефроидами и известняками верхов туринской свиты. Средний и верхний девон на западе сложены известняками, на востоке – наряду с известняками распространены основные и средние вулканиты, обломочные породы и кремни. Песчаники по составу здесь близки к вмещающим вулканическим образованиям. Преимущественно это тефроиды и петрокластические полевошпатовые граувакки.

В пределах Восточно-Уральской мегазоны на Среднем Урале выделяются два типа разрезов девонских отложений с тектоническими контактами – карбонатный и вулканогенный (базальты, андезиты, дациты, тефроиды разного состава, известняки и кремни), в верхнем девоне появляется еще и толща чередующихся песчаников и аргиллитов, реже конгломератов. Песчаники здесь чаще всего представлены кварц-полевошпатовыми и полевошпатовыми граувакками, в составе которых много фрагментов кислых вулканитов (до 30-50 % от суммы обломков пород). Присутствуют и обломки основных вулканических пород, но они обычно сильно изменены. Встречаются кристаллические сланцы и осадочные породы, чешуйки слюд (биотит, реже мусковит). На юге девонские обломочные породы Восточно-Уральской мегазоны практически не изучены в основном из-за крайне слабой обнаженности.

Каменноугольные отложения широко развиты как на Южном, так и на Среднем Урале. На западе Магнитогорской мегазоны (Вознесенско-Присакмарская зона) турнейский ярус и нижневизейский подъярус нижнего карбона представлены известняками, известняковыми песчаниками и аргиллитами. Восточнее (Западно-Магнитогорская зона) эти породы сменяются песчано-глинистыми образованиями, местами с участием вулканитов. Еще дальше на восток (Центрально-Магнитогорская зона) вулканиты уже играют значительную роль. Верхнее визе и серпуховский ярус повсеместно сложены известняками. Эти породы широко распространены также в башкирском ярусе. Московский ярус в восточной части мегазоны представлен гравитационными образованиями преимущественно карбонатного состава, которые западнее сменяются предположительно континентальными отложениями. В пределах Восточно-Уральской и Зауральской мегазон нижний карбон сложен неравномерно чередующимися терригенными породами (в том числе угленосными), известняками и вулканитами. В среднем карбоне здесь, как и на территории Магнитогорской мегазоны, развит флишевый комплекс, содержащий значительное количество обломков известняков, а также мелководные известняки и красноцветные отложения континентального генезиса. Последние представлены, по видимому, и в верхнем карбоне.

В Тагильской мегазоне каменноугольные отложения отсутствуют. На среднеуральской части Восточно-Уральской мегазоны на уровне нижнего карбона (турне – низы верхнего визе) выделяются несколько типов разрезов. Это терригенные образования, которые восточнее сменяются карбонатами, потом обломочным угленосным комплексом, а еще дальше на восток чередующимися известняками, обломочными породами и вулканитами. Верхи нижнего карбона и низы башкирского яруса, как и на Южном Урале, повсеместно сложены известняками. Верхняя часть башкирского яруса на Среднем Урале представлена преимущественно глинисто-песчаными флишевыми отложениями, московский ярус – красноцветными обломочными толщами.

Песчаники нижнего карбона (турне и нижнее визе), развитые в центральной части Магнитогорской мегазоны, несколько напоминают отложения восточной провинции зилаирской серии и другие вулканомиктовые комплексы. Здесь много плагиоклазов (до 30-45 %), мало кварца (чаще всего менее 5 %), присутствуют пластинки биотита, зерна амфиболов, среди обломков пород преобладают средние вулканиты, встречаются известняки, кремни. Западнее, в пределах Вознесенско-Присакмарской зоны, распространены песчаники другого состава – со значительным количеством зерен известняков. Силикатная часть этих песчаников напоминает породы западной провинции зилаирской серии, но обломков метаморфических пород и зерен кварца в целом больше. Чаще всего это полевошпат-кварцевые граувакки с содержанием кварца 45-60 % и плагиоклазов 17-25 %. Обломки пород представлены метаморфитами (30-50 %) и вулканитами (30-40 %), среди которых обычно преобладают кислые разности, а также кремнистыми породами, аргиллитами, серпентинитами. На территории Восточно-Уральской мегазоны визейские песчаники существенно кварцевые (кварцевые граувакки, иногда полевошпат-кварцевые), с содержанием кварца до 60-70 % и плагиоклазов порядка 10-20 %. Среди обломков пород в них распространены кварцевые и кварцитовидные песчаники, кремни, кислые и основные вулканиты. На Среднем Урале (жуковская свита) в силикатной части песчаников содержание кварца, как правило, несколько меньше (10-15 %), чем плагиоклазов (15-30 %), среди обломков пород распространены различные вулканиты (основные и кислые) и кремни, встречаются серпентиниты, обычно много зерен известняков, а метаморфические породы практически отсутствуют. В то же время угленосная серия (турне – нижнее визе) в значительной степени сложена обломками кислых вулканогенных пород и силицитов, присутствуют зерна сильно измененных основных вулканитов, нередко встречаются также компоненты сиалической коры (обломки кварцитов и кристаллических сланцев). В этих породах много зерен кварца, а полевых шпатов мало или совсем нет.

Среднекаменноугольные песчаники, особенно московского возраста, как на Южном, так и на Среднем Урале характеризуются высоким содер-

жанием обломков известняков, нередко превышающим 50 %. Особенно их много (до 80 %) в Восточно-Уральской мегазоне Южного Урала (район п. Бреды). Только в красноцветах, которые, возможно, относятся уже к верхнему карбону, известняков мало. Силикатная часть в существенно известняковых песчаниках по составу соответствует полевошпат-кварцевым и кварц-полевошпатовым грауваккам с большим количеством зерен разнообразных по составу вулканитов, а также гипабиссальных образований. Почти всегда присутствуют и обломки кристаллических сланцев, кремней, свежие пластинки биотита и мусковита, нередко серпентиниты. Очень мало обломков метаморфических пород в турбидитовых песчаниках востока Магнитогорской мегазоны. Красноцветные породы на Южном Урале (Восточно-Уральская мегазона) представлены кварцевыми и полевошпат-кварцевыми граувакками с содержанием кварца до 30-50 %. Среди обломков пород здесь преобладают кремни, много зерен различных вулканитов, нередко гранитоиды, кварцевые песчаники, кварциты. На Среднем Урале красноцветы сложены кварц-полевошпатовыми граувакками, в составе которых много обломков основных вулканитов.

Каменноугольные и нижнепермские отложения широко развиты в Предуральском прогибе. Главным образом это разнообразные обломочные породы и аргиллиты, представляющие флишевую формацию [1]. Песчаники этой территории представлены преимущественно полевошпат-кварцевыми и кварц-полевошпатовыми граувакками, в меньшей степени кварцевыми и собственно граувакками. Наиболее широко развиты образования с содержанием кварца 10-25 %, но в нижней части разреза в бассейне р. Уфы количество этого компонента нередко достигает до 50-55 %. Содержание полевых шпатов колеблется от 2-5 % в упомянутых кварцевых граувакках до 25-30 %. Обломки пород являются главной составляющей почти всех песчаников (30-70 %). Они представлены разными типами изверженных, осадочных и метаморфических пород в различных соотношениях, в том числе встречаются обломки серпентинитов. В отличие от большинства более древних песчаников, здесь чаще преобладают обломки осадочных пород, главным образом силициты. Почти всегда присутствуют слюды (биотит, мусковит).

Приведенные данные по петрографическому составу песчаных пород охватывают разнообразные палеогеографические и палеогеодинамические обстановки, которые в палеозойском интервале Урала довольно хорошо изучены. Они относятся к одному региону (Южный и Средний Урал), относительно большому стратиграфическому интервалу (средний и верхний палеозой) и получены одним человеком, что позволяет более или менее корректно оценить зависимость состава пород от характера геодинамических обстановок. Полученные таким образом выводы могут быть в дальнейшем использованы для уточнения этих обстановок.



Песчаники нижнего и среднего девона Магнитогорской мегазоны относятся к группе петрокластических полевошпатовых, редко кварц-полевошпатовых граувакк, содержащих большей частью обломки основных и средних вулканитов (рис. 2, поле 1). Аналогичный состав имеют верхнедевонские восточно-зилаирские песчаники. Согласно существующим реконструкциям [2, 4] все они формировались в пред- и задуговых бассейнах за счет материала океанической островной дуги. Лишь в редких случаях эти породы содержат небольшое количество сиалического материала (поле 2). Приведенные данные полностью совпадают с выводами В. Н. Шванова [12] о том, что для первично-океанических структур и структур активных континентальных окраин с океаническими островными дугами характерными являются высокополевошпатовые петрокластические граувакки.

Песчаники западнозилаирской (присакмарской) свиты, так же как и зилаирской серии западного склона Урала, представлены чаще всего полимиктовыми кварц-полевошпатовыми граувакками с обломками разнообразных вулканических и метаморфических пород (поле 3). Именно эти данные послужили основой для реконструкции источника сноса (сиалический микроконтинент с обдуцированными на него фрагментами океанической островной дуги) и бассейнов осадконакопления: задуговой бассейн и окраинное море [2]. Западнозилаирские песчаники также хорошо укладываются в схему В. Н. Шванова, согласно которой в бассейнах активных окраин, при наличии островных дуг на сиалическом основании и микроконтинентов, наряду с петрокластическими полевошпатовыми, формируются полимиктовые кварц-полевошпатовые и даже кварцевые граувакки, как на территории Уфимского амфитеатра.

Среди нижнекаменноугольных песчаников обнаруживаются несколько совершенно различных типов. В том числе в пределах центральных зон Магнитогорской мегазоны развиты песчаники (петрокластические полевошпатовые граувакки), сходные с таковыми девонских островодужных бассейнов. Они оказываются в том же поле 1. Согласно современной геодинамической модели, основанной на геохимии вулканитов, режим в раннем карбоне на этой территории отличался от девонского, в это время формировалась рифтовая структура (так называемый Богдановский грабен). Тем не менее общая палеотектоническая и палеогеографическая ситуация (глубокое море с вулканическими островами) сохранялась. Сохранился и состав песчаников. Следовательно, такие песчаники при определенном сочетании обстоятельств могут прослеживаться и после завершения островодужных обстановок.

Состав силикатной части песчаников в нижнем карбоне в основном сохранился (по сравнению с верхним девоном) и в западных районах мегазоны. Здесь он в общих чертах сопоставим с западнозилаирской (присакмарской) свитой. В то же время заметное увеличение количества зерен кварца и обломков метаморфических пород, свидетельствующее об углублении

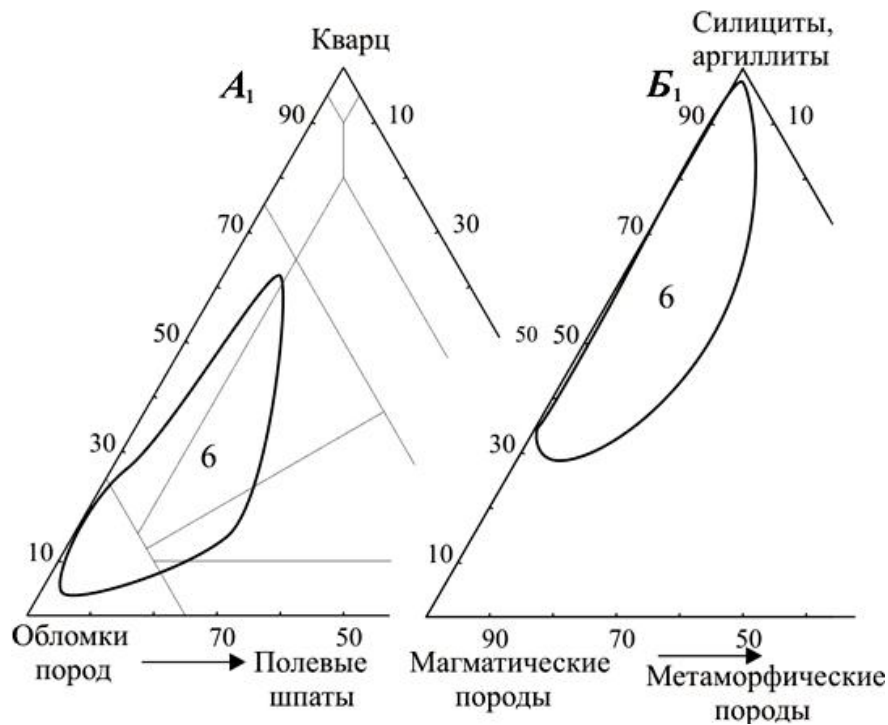
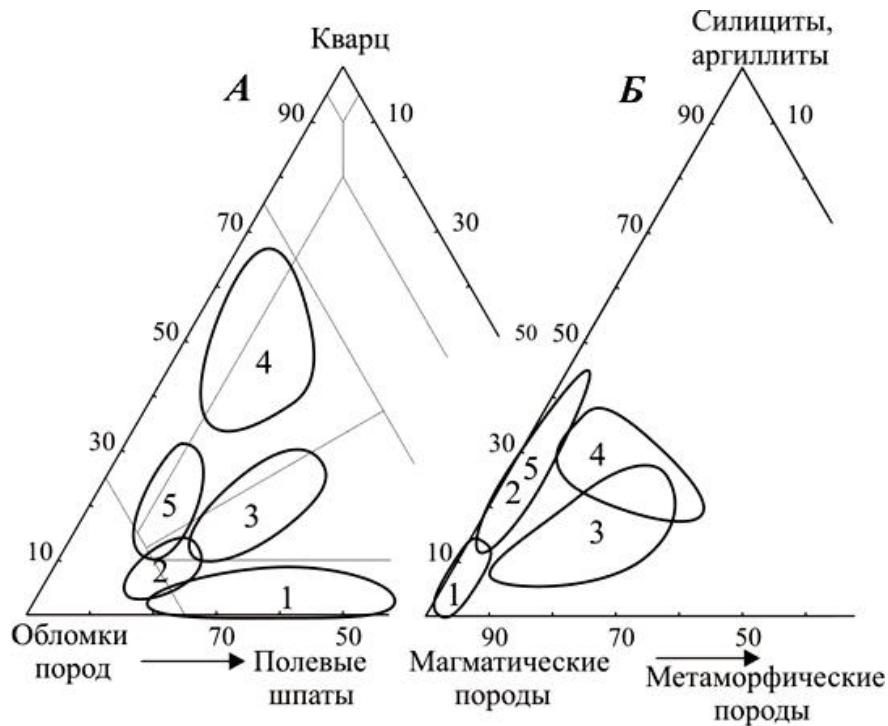


Рис. 2. Поля расположения фигуративных точек песчаников, относящихся к различным группам на диаграммах состава:

1 – петрокластические полевошпатовые граувакки девона и нижнего карбона; 2 – петрокластические и полимиктовые полевошпат-кварцевые граувакки девона; 3 – полимиктовые кварц-полевошпатовые граувакки верхнего девона; 4 – полимиктовые полевошпат-кварцевые граувакки нижнего карбона западной зоны Магнитогорской мегазоны; 5 – полимиктовые полевошпат-кварцевые граувакки нижнего карбона восточного склона Среднего Урала; 6 – полимиктовые и литокластические полевошпат-кварцевые, кварцевые и собственно граувакки Предуральяского прогиба

эрозионного среза в области сноса, образует отдельное поле фигуративных точек (поле 4), особенно на диаграмме А (полимиктовые полевошпат-кварцевые и кварцевые граувакки). Похожие по степени зрелости песчаники встречаются в среднем карбоне восточного склона Урала. Это полевошпат-кварцевые, иногда кварцевые, полимиктовые, реже петрокластические граувакки, отражающие возросшую гетерогенность областей размыва. Большая часть фигуративных точек этих пород попадают в поле западно-зилаирских песчаников (поле 3). Количество литокластических граувакк (если не считать известняковых) в этих толщах очень небольшое, они встречаются лишь эпизодически.

Обособленное поле (поле 5) на диаграмме А образуют полимиктовые полевошпат-кварцевые граувакки нижнего карбона восточного склона Среднего Урала, в то же время на диаграмме В фигуративные точки этих пород попадают в поле 2.

Таким образом, в восточных зонах Урала в среднем и верхнем палеозое наблюдается отчетливая эволюция состава песчаников от высокополевошпатовых петрокластических до полимиктовых полевошпат-кварцевых и кварцевых граувакк, что сопоставляется с эволюцией подвижной зоны до начальных стадий формирования складчатой системы. Выпадают из общей схемы лишь существенно кварцевые песчаники (кварцевые граувакки и мезомиктовые песчаники) нижнекаменноугольной угленосной серии, граничащие с описанными комплексами по тектоническому шву. Вероятно, они имеют другой, неуральский источник обломочного материала.

На Западном Урале, в Предуральском прогибе, развиты песчаники иного типа. Для этой структуры, для среднекаменноугольно-нижнепермского интервала, характерными являются полевошпат-кварцевые и собственно граувакки, встречаются кварцевые граувакки. Другие разности бывают эпизодически. Предуральские песчаники отличаются и по составу обломков пород. Здесь много осадочных компонентов силикатного состава, особенно кремней (полимиктовые и литокластические разности граувакк). Эти породы формировались уже при размыве складчато-надвигового орогена, следовательно, источники обломочного материала были более сложными, более многочисленными. В то же время это был ороген первого цикла [1], так как среди песчаников практически отсутствуют (или встречаются спорадически) разности, отражающие неоднократное переотложение обломочного материала, такие как высококварцевые граувакки, Каркозы, мезомиктовые песчаники.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 06-05-64041).*

### Библиографический список

1. **Мизенс Г. А.** Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 230 с.
2. **Мизенс Г. А.** Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне-ранней перми юга Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 190 с.
3. **Мизенс Г. А., Черных В. В., Мизенс Л. И.** Корреляция пограничных отложений франа и фамена в западных районах Магнитогорской мегазоны (восточный склон Южного Урала) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2004. Т. 12, № 1. С. 27-40.
4. **Пучков В. Н.** Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.
5. **Шванов В. Н.** О вещественном составе и условиях образования зилаирской сланцево-граувакковой формации Южного Урала // Вестник Ленинградского университета. 1964. № 18. С. 26-33.
6. **Шванов В. Н.** Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.
7. **Шванов В. Н.** Опыт классификации осадочных формаций по вещественным (литомологическим) признакам // Вестник ЛГУ. Серия геол. 1982. № 24. С. 42-52.
8. **Шванов В. Н.** Литоформационные корреляции терригенных и метаморфических толщ. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 216 с.
9. **Шванов В. Н.** Песчаный флиш Туркестанского хребта – формационный и литолого-палеогеографический анализ // Вестн. ЛГУ. Серия геол. 1985. № 7. С.11-12.
10. **Шванов В. Н.** Петрография песчаных пород. Л.: Недра, 1987. 270 с.
11. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.
12. **Шванов В. Н.** Общие закономерности распространения петрографических групп песчаных пород в структурно-тектонических элементах континентов и океанов // Бюлл. МОИП. Отдел геологии. 1998. Т. 73. Вып. 2. С. 34-42.
13. **Шванов В. Н., Трифионов Б. А.** Вертикальные ряды петрографических видов песчаных пород как индикаторы геодинамических обстановок // Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка. 1997. № 5. С. 42-50.

**МИНЕРАЛЬНО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ  
И ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
РАННЕСРЕДНЕКЕМБРИЙСКОГО ОСТРОВОДУЖНОГО  
КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО САЯНА (верховья р. Абакан)**

Детальное изучение минерально-петрографических и петрохимических особенностей терригенных образований в последние десятилетия приобретает все большее распространение. Оно позволяет реставрировать важные моменты палеогеографической обстановки седиментации и уточнить структурно-тектоническое положение бассейнов седиментации.

В результате целенаправленной работы многих исследователей получен большой материал, характеризующий минерально-петрографический состав современных и ископаемых осадков, накопившихся в различных ландшафтных и тектонических обстановках, соотношение в них главных породообразующих элементов, что позволило создать схемы генетической классификации современных и древних терригенных осадков, базирующейся на особенностях их минерального и химического состава. Значительный вклад в развитие этого направления внесли работы А. Г. Коссовской, П. В. Маркевича, В. Н. Шванова, В. Д. Шутова в нашей стране, М. Р. Бхатия, В. Р. Диккинсона, К. А. В. Крука, Ф. Дж. Петиджона – за рубежом.

В ходе комплексного изучения ранне- среднекембрийского терригенно-туфогенного комплекса в верховьях р. Абакан (Западный Саян) было уделено значительное внимание особенностям минерально-петрографического и химического состава терригенных осадков. Полевые исследования проводились автором совместно с В.В. Сыромятниковым в этом районе в конце 80-х годов прошлого столетия в составе Саянской экспедиции ГИН РАН. Были описаны разрезы вдоль р. Абакан ниже слияния рек Большой и Малый Абакан и по его правым притокам Она, Чехан, Карасибо, вдоль автомобильной дороги к югу от перевала Конжуль, по р. Большие Арбаты вблизи от устья, по ручьям Герасимова и Тербишева, притокам р. Большой Манок (рис. 1).

Анализ петрографического состава кластогенных компонентов пород, проведенный автором, включал микроскопическое изучение шлифов с подсчетом на интеграционном столике содержания главных породообразующих компонентов (кварца, полевых шпатов, обломков пород), а среди последних – их различных петрографических типов: основных и средних эффузивов, кислых эффузивов, гранитоидов, осадочных и метаморфических пород. Для зерен полевых шпатов оценивалась роль их минеральных разновидностей. Учитывались такие особенности кластогенных компонентов, как

степень окатанности зерен, степень их выветрелости, структура и состав цемента. Было просмотрено более 800 шлифов, подсчеты содержания отдельных компонентов осуществлены в 65 шлифах из обнажений в верховьях р. Абакан, по р. Большие Арбаты, ручьев Герасимов Ключ – Тербишева, перевал Конжуль. Химический анализ пород методами «мокрой химии» был проведен в химической лаборатории ГИН РАН для 30 образцов.

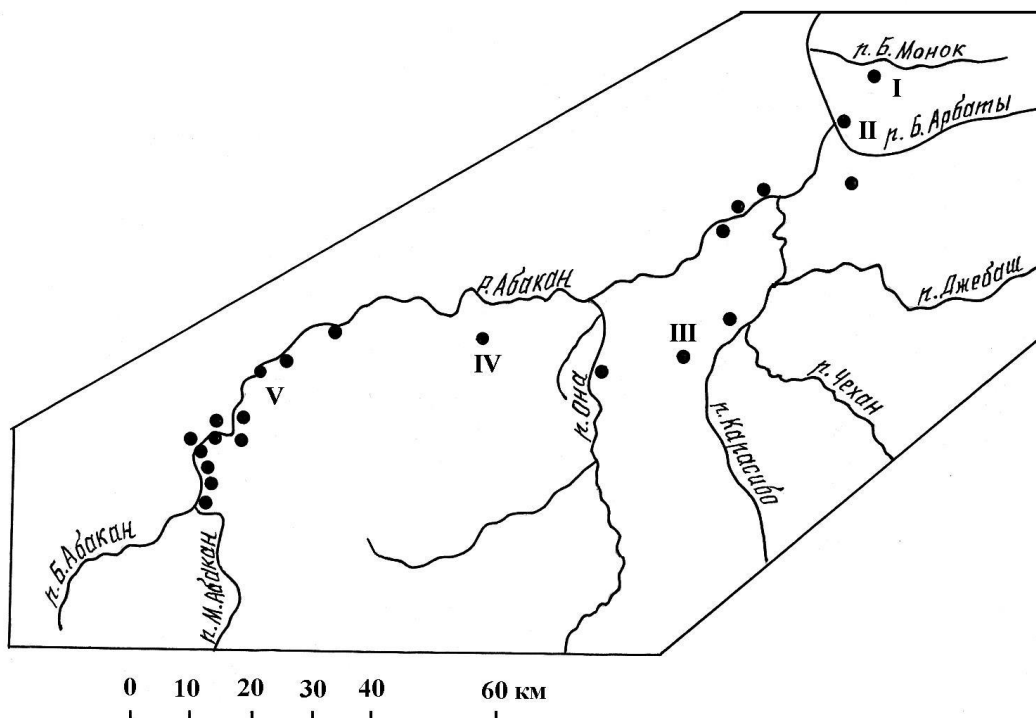


Рис. 1. Положение описанных разрезов в пределах района:  
 I – ручьи Герасимов и Тербишева; II – р. Большие Арбаты, III – перевал Конжуль; IV – хребет Хансын (южный склон); V – участок ниже слияния рек Большой и Малый Абакан – реки большой Каракол и Аба

Результаты подсчета содержания в породах трех указанных компонентов были использованы для выделения терригенно-минеральных ассоциаций. Они, как и данные о валовом химическом составе пород послужили основой для построения треугольных диаграмм, разработанных рядом исследователей на примере современных и древних осадочных толщ в районах разного структурно-тектонического положения.

В венд-среднекембрийское время изученный район являлся частью Палео-Азиатского океана с корой океанического типа, отделявшего Сибирский кратон от Восточно-Гондванского суперконтинента [2, 4]. В пределах обширного Палео-Азиатского океана существовал ряд глубоководных бассейнов (котловин), островных вулканических дуг, микроконтинентов и зон аккреции, где формировалась кора переходного типа. Микрокомпоненты представляли собой в основном фрагменты Восточногондванского суперконтинента, испытывавшего деструкцию в ходе рифтогенеза, они

постепенно смещались в направлении Сибирского кратона, по периферии которого развивались процессы субдукции и аккреции.

Западный Саян в конце венда составлял периферическую часть одного из глубоководных морских бассейнов, в котором в венде – начале кембрия на границе с Сибирским континентом возникла вулканическая островная дуга. В ее пределах сформировалась система подводных и надводных вулканических построек, разделенных глубокими впадинами [1]. Последние являлись местами накопления мощных толщ терригенного и тефрогенного материала, сносившегося с вулканических построек. В составе толщ присутствуют в разных соотношениях основные, средние и кислые эффузивы, кремни, туфы, разной мощности линзовидные прослои и тела известняков. Некоторые породы содержат остатки водорослей, трилобитов, археоциат нижнего и среднего кембрия.

Мощность этого комплекса достигает 12-15 тыс. м. Для него характерны значительные вариации в соотношении различных типов пород, прослеживаемые как по латерали, так и по вертикали. Особенности состава позволили выделить в нем следующие свиты: нижнемонокскую, чингинскую, верхнемонокскую, чеханскую и курчепскую [3].

Нижнемонокская свита сложена в основном вулканическими породами (толеитовыми и оливиновыми базальтами, андезитобазальтами, андезитами, дацитами, плагиолипаритами), составляющими спилит-кератофировую формацию. Среди них заключены редкие горизонты вулканических брекчий, маломощные прослои яшм, окремненных известняков, туфов, глинисто-кремнистых сланцев.

Преобладают основные разности эффузивов – 52 %, кислые разности составляют 32 % разреза, средние 13 %. Накопление свиты происходило в подводных условиях в глубоководной зоне моря, свидетельством чему являются в частности шаровая и подушечная отдельность лав; их излияние было связано главным образом с аппаратами трещинного типа, хотя есть указания на существование аппаратов центрального типа. На долю осадочных пород приходится не более 3 % разреза. Мощность свиты достигает 4 тыс. м. Ее возраст определяется как венд-раннекембрийский.

Чингинская свита включает комплекс вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных пород. Среди первых доминируют толеитовые базальты (30 % разреза) при ограниченной роли оливиновых базальтов (10 %); андезиты и кератофиры весьма редки. Вулканогенно-осадочные и осадочные породы представлены туфами, туффитами, углисто-кремнистыми, глинисто-кремнистыми сланцами и филлитами, микрокварцитами, фтаниитами, известняками; в верхних частях свиты присутствуют гравелиты, песчаники, конгломераты. Среди осадочных пород наибольшее распространение имеют обогащенные углеродом темно-серые и черные глинисто-кремнистые сланцы и фтанииты, составляющие 30-40 % разреза. Чингинская свита, как и нижнемонокская, накапливалась в глубоководных зонах

моря. На это указывает не только широкое распространение в ней глинистых и глинисто-кремнистых пород, но также частое присутствие в покровах эффузивов шаровой отдельности, излияния лав носили трещинный характер, хотя в верхних частях свиты наблюдались небольшие аппараты центрального типа. Время формирования свиты венд – ранний кембрий, мощность свиты оценивается цифрой порядка 5-6 тысяч метров.

Верхнемонокская свита сложена чередующимися горизонтами зеленых или сиреневых, несортированных и плохо сортированных конгломератов, гравелитов, песчаников, алевролитов, кремнистых сланцев с примесью туфогенного материала. Породы обнаруживают часто косую крупную или мелкую, горизонтальную, волнистую слоистость. В разрезе нередко линзовидно выклинивающиеся тела археоциатовых известняков мощностью от первых десятков или сотен метров до 1000 м, представляющих собой древние рифы. Встречаются разной мощности потоки зеленых плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых порфиритов, отвечающих по составу андезитам и андезито-базальтам.

Для свиты характерна резкая фациальная изменчивость на коротких расстояниях с замещением одних комплексов пород другими. Вместе с тем прослеживается постепенное изменение ее состава в направлении с запада на восток, при этом преимущественно терригенный тип разреза с линзовидными телами известняков и довольно редкими и маломощными потоками андезитов и андезито-базальтов на западе района замещаются туфогенными и вулканогенными типами вблизи его восточной окраины. Многочисленные остатки археоциат и трилобитов в известняках свиты позволяют сопоставлять ее с атдабанским ярусом нижнего кембрия. Мощность свиты колеблется от 750 до 2500 м. Накопление свиты происходило в условиях прибрежного морского мелководья по периферии островной суши, где участки с интенсивной волновой деятельностью чередовались с заливами и лагунами и где существовали известковые рифовые постройки.

Чеханская свита содержит разнообразный спектр терригенных и туфогенных пород; среди первых преобладают граувакковые крупно-мелкозернистые гравелиты и песчаники, грубозернистые алевролиты, подчиненную роль играют мелкозернистые алевролиты и аргиллиты. Туфогенные породы представлены туфами андезитов, туфоконгломератами, туфогравелитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами. В небольшом количестве присутствуют археоциатовые известняки, встречаются покровы андезитовых и андезит-базальтовых порфиритов. Туфогенные и терригенные породы окрашены в зеленый цвет. При значительной неоднородности размеров слагающего их материала часто наблюдается прямая и обратная градационная сортировка, иногда также неправильная косая, волнистая и горизонтальная слоистость. В разных частях района свита залегает на чингинской или нижнемонокской свитах; в первом случае переход между свитами постепенный, во втором – наблюдались как постепенный переход, так и



размыв нижнемонокской свиты. Постепенный переход чингинской свиты в чеханскую характерен, в частности, для разреза южнее перевала Конжунь.

Мощность свиты варьирует от 2200 до 3500 м. Наличие в ее составе остатков археоциат позволило отнести ее к верхам нижнего кембрия. Терригенные и туфогенные отложения свиты представляют собой типичные отложения гравитационных потоков. Они включают такие их фациальные типы, как несортированные галечные дебриты (грязекаменные потоки), гравийно-песчаные грейниты (гравийно-песчаные потоки), высоко- и низкоплотностные турбидиты (схема классификации И. В. Хворовой). На примере Камчатки и Малых Антильских островов показано, что в островных вулканических дугах зарождение подобных гравитационных потоков происходит на склонах наземных вулканов, а их осаждение захватывает зону шельфа, континентальный склон и абиссальную равнину. Наиболее вероятно, что подобные процессы развивались в раннем кембрии изученной территории.

Курчепская свита установлена в двух разобщенных частях региона: на северо-востоке в долинах рек Большие Арбаты, Джебаш, Чехан, Карасибо и на юго-западе – в верховьях р. Абакан. В основании разреза низовьев р. Б. Арбаты залегают разногалечные, несортированные конгломераты (150 м), выше которых располагается толща ритмически чередующихся субаркозовых мелкозернистых гравелитов, крупно-мелкозернистых песчаников, крупно-мелкозернистых алевролитов, присутствуют редкие прослои туфов и известняков, встречаются глыбы известняков до 2 – 3 м в диаметре (олистостромы). Песчаники и гравелиты окрашены в желтовато-серый или бледно-розовый цвет, алевролитам свойственная зеленовато-серая, розовая или сиреневая окраска. Слоистость обычно отсутствует, хотя иногда фиксируется неправильная горизонтальная и волнистая слоистость. На плоскостях наслаения алевролитов установлены следы ползания червей. В известняках найдены остатки трилобитов. Мощность вскрываемой в этом разрезе части свиты составляет 1350 м, а в долине р. Малые Арбаты она достигает 2500 м.

Основание разреза курчепской свиты в верховьях р. Абакан сложено альбит-олигоклазовыми порфиритами, заключающими горизонты туфов, туфопесчаников, конгломератов общей мощностью 500 м. Остальная часть свиты включает чередующиеся горизонты гравелитов, песчаников, алевролитов, заключающих прослои известняков, с фауной трилобитов. Мощность свиты в этой части района достигает 3200 м. Возраст свиты в обеих частях района благодаря находкам трилобитов датирован средним кембрием. Литологические особенности терригенных отложений свиты показывают, что они представляют собой комплекс гравитационных потоков, накапливавшихся в верхней части континентального склона или глубоководной части шельфа.

Как отмечалось, перечисленные свиты различаются составом присутствующих в них эффузивов, причем наблюдается отчетливое их раскисление в направлении снизу вверх по разрезу. В табл. 1 приведены данные о средних химических составах изверженных пород в изученном рай-

оне [3]. Им всем свойственны пониженные содержания  $TiO_2$  и  $K_2O$  и повышенные содержания  $Na_2O$ . Невысокие содержания первых двух оксидов – также характерная особенность вулканитов в островных дугах. Пониженные содержания  $K_2O$ , как и повышенные содержания  $Na_2O$  в вулканических породах данного района, могут быть отчасти связаны также с процессами альбитизации плагиоклазов, которые наблюдаются в породах и особенно в нижней части комплекса.

Таблица 1

Средний химический состав магматических нижнекембрийских пород северо-западной части Западного Саяна (%)

Компоненты	Типы пород						
	оливиновые базальты	толеитовые базальты	андезитобазальты	андезиты	дациты	плагиолипариты	трондьемиты
$SiO_2$	46,68	50,27	53,48	59,02	63,31	71,80	73,43
$TiO_2$	0,93	1,06	0,81	0,84	0,56	0,33	0,28
$Al_2O_3$	15,84	15,49	14,96	13,94	14,06	12,27	13,10
$Fe_2O_3$	4,41	3,70	4,19	4,85	4,37	1,63	1,76
$FeO$	7,98	8,77	7,37	5,45	3,39	4,00	2,39
$MnO$	0,23	0,20	0,14	0,04	0,09	0,09	0,08
$MgO$	5,77	5,74	4,24	2,97	2,39	1,31	0,07
$CaO$	7,78	7,24	6,25	5,65	2,90	1,46	2,23
$Na_2O$	3,64	3,72	4,29	4,04	5,04	4,63	4,15
$K_2O$	0,24	0,43	0,28	0,23	1,00	0,72	0,06
$P_2O_5$	0,16	1,14	0,16	0,62	0,17	0,16	0,06
П.п.п.	7,38	3,95	3,82	2,69	2,31	1,44	1,12
Количество анализов	5	19	11	4	10	39	15

Минерально-петрографический состав терригенных пород был изучен в верхнемонокской, чеханской и курчепской свитах. Все они имеют резко полимиктовый состав и включают обломки изверженных пород, полевые шпаты, кварц, хлорит, иногда биотит. Среди аксессуарных минералов установлены эпидот, цоизит, амфиболы, пироксены, апатит, некоторые рудные компоненты. Зерна пироксенов, амфиболов, эпидота, цоизита обычно частично замещены хлоритом, для зерен плагиоклаза характерна альбитизация, а зерен кварца – некоторая регенерация. Цемент терригенных пород представлен тонкодисперсным агрегатом хлорита. В курчепской свите наряду с хлоритом присутствует заметная примесь иллита.

Результаты подсчета содержания в песчано-гравийных породах кварца, полевых шпатов различных типов пород позволили выделить 4

терригенно-минеральные ассоциации, различающиеся их неодинаковым соотношением.

Породы I-й ассоциации содержат кварц в количестве 0-5 %, плагиоклазы 20-35 % и обломки пород 65-80 %. Кварц в этой ассоциации, как и в двух последующих, представлен эффузивной разностью – слабо катаклазированные, изометричные, неправильной формы зерна, с включением рудной пыли, пузырьков жидкости и газа. Среди обломков плагиоклазов преобладает андезин, а среди обломков пород – основные и средние эффузивы (базальты, андезиты). В них основную роль играет сильно хлоритизированная основная масса, заключающая микролиты плагиоклазов.

II-й ассоциации свойственны следующие вариации содержания компонентов: кварца от 0 до 9 %, плагиоклазов от 28 до 68 % и обломков пород от 25 до 65 %. Среди плагиоклазов преобладает андезин, а среди обломков пород – основные и средние эффузивы, хотя присутствует заметная примесь кислых эффузивов (фельзитов, фельзит-порфиров, дацитов). Среди обломков основных и средних эффузивов обычны зерна с многочисленными микролитами сильно выветрелых плагиоклазов, часто с отчетливой пилотакситовой структурой и редкими крупными кристаллами этого минерала. Подчиненное распространение имеют зерна с преобладанием нераскристаллизованного стекла. Редкие обломки кислых эффузивов сложены тонкоагрегатной кварц-полевошпатовой основной массой с выделениями кварца и плагиоклаза.

III-я ассоциация характеризуется следующими соотношениями компонентов: кварц – 10-30 %; полевые шпаты – 28-68 %, обломки пород – 18-56 %. Среди полевых шпатов наибольшее распространение имеют основной и кислый олигоклаз, а среди обломков пород – кислые эффузивы. В подчиненном, хотя и достаточно изменчивом количестве присутствуют основные и средние эффузивы.

IV-я ассоциация отличается максимальным содержанием кварца – 22-72 %, содержание полевых шпатов варьирует от 10 до 40 %. Кварц представлен главным образом зернами с мелкими выделениями кислых плагиоклазов (кварц гранитоидов); кислые плагиоклазы (альбит, кислый олигоклаз) доминируют среди плагиоклазов. Содержание обломков пород колеблется от 20 до 60 %; среди них содержание плагиогранитов, являющихся наиболее специфическим компонентом по сравнению с другими ассоциациями, изменяется от 25 до 90 %.

Породам всех четырех ассоциаций свойственно полное отсутствие переотложенного материала метаморфических образований (глинистых и слюдяных сланцев, гнейсов, кварцитов и т. д.), т. е. пород, характерных для блоков с корой континентального типа. Осадочные породы представлены в них редкими зернами алевролитов, мелко- и среднезернистых песчаников, аналогичных по составу вмещающим комплексам, реже перекристаллизованных известняков.

I-я ассоциация слагает верхнемонокскую свиту разреза ручья Герасимов ключ, отвечающего низам верхнемонокской и чеханской свит. II-я ассоциация, имеющая наибольшее распространение в районе, составляет среднюю и верхние части верхнемонокской и чеханской свит. III-я ассоциация присутствует в виде отдельных горизонтов мощностью в несколько десятков метров – 100 – 150 м в районах распространения пород II-ой ассоциации, а также в нижних горизонтах курчепской свиты разреза верховий р. Абакан, ниже слияния рек Большой и Малый Абакан. IV-я ассоциация локализована в нижней части курчепской свиты в нижнем течении р. Большие Арбаты.

На треугольной диаграмме, вершины которой отвечают 100 %-му содержанию кварца, полевых шпатов и обломков пород (рис. 2, А). Точки состава пород образуют серповидно изогнутую полосу, в пределах которой происходит последовательный и постепенный переход от точек I-ой ассоциации к точкам II-ой, III-ей и IV-ой ассоциаций. Точки I-ой и II-ой ассоциаций с минимальным содержанием кварца располагаются вблизи от основания треугольника. Точки I-ой охватывают интервал изменения содержания обломков пород от 95 до 65 %, а поле точек II-ой от 62 до 20 %. Точки состава III-ей и IV-ой ассоциаций, характеризующихся повышенным содержанием кварца, располагаются на возрастающем удалении от основания треугольника. Точки состава всех ассоциаций приурочены в основном к полям, отвечающим разным типам островных дуг схемы В. Р. Диккинсона [5]. Так I-я ассоциация приурочена к полю нерасчлененных, II-я переходных, III-я расчлененных глубоко эродированных, VI-я – смешанных островных дуг. Точки последней захватывают также части полей континентальных блоков и рециклированных орогенов.

На диаграмме I Б, иллюстрирующей соотношение среди обломков пород основных и средних эффузивов, кислых эффузивов и плагиогранитов, поля всех 4-х ассоциаций также дифференцированы: I-я ассоциация располагается в непосредственной близости от левой нижней вершины: в ней содержание основных и средних эффузивов близко к 100 %; II-я и III-я – вблизи от основания треугольника, но во II-ой преобладают в большинстве случаев основные и средние эффузивы, содержание которых составляет 90-45 %, в III-й – кислые эффузивы, составляющие 70-95 %, всех обломков пород, а в IV-й во все возрастающем количестве плагиограниты.

Табл. 2 содержит данные о средних содержаниях главных пороодообразующих элементов в породах всех четырех ассоциаций. Они свидетельствуют о достаточно четких различиях в содержании  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в каждой из них. При этом наблюдается достаточно постепенное изменение реальных содержаний элементов в последовательности от I-ой ассоциации к IV-ой. Это иллюстрирует фрагмент треугольной диаграммы, предложенной А. Г. Коссовской и М. И. Тучковой; её вершины отвечают 100 % содержаниям  $\text{SiO}_2$ , элементов группы М ( $\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO}$ ) и группы F ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} +$

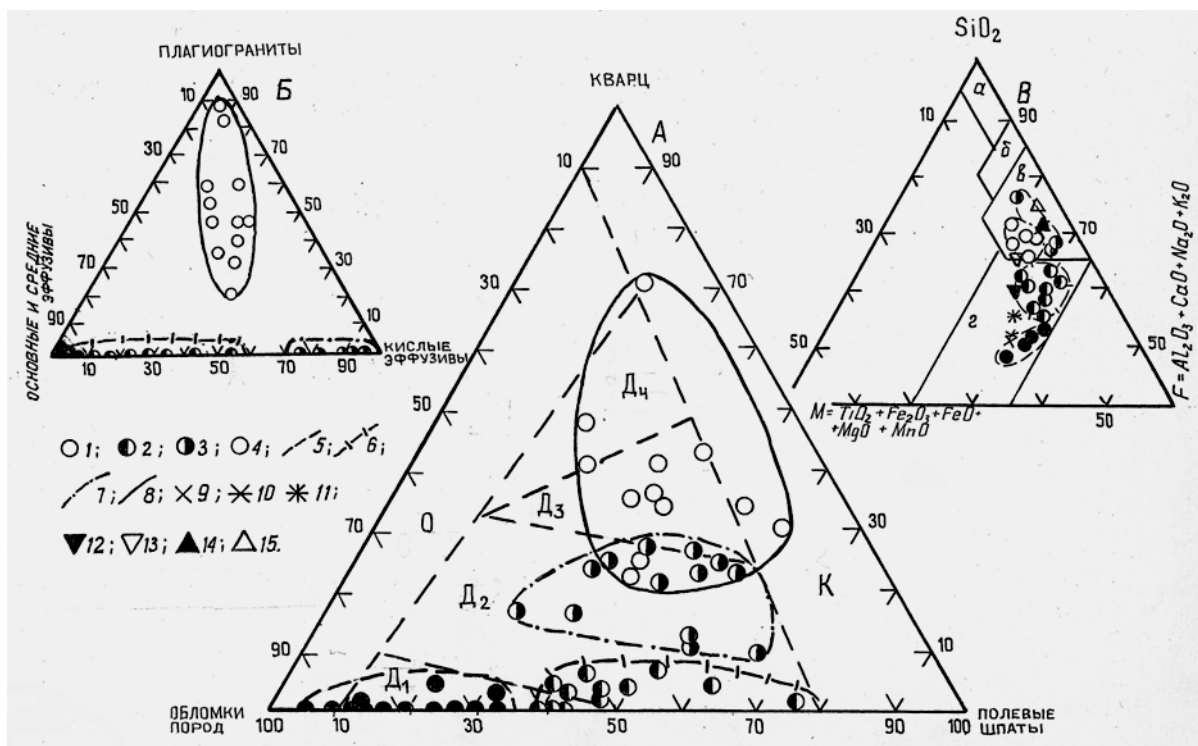


Рис. 2. Диаграммы соотношений породообразующих компонентов и оксидов элементов в песчаных породах:

соотношения: 2А – кварца, полевых шпатов, обломков пород в целом; 2Б – плагиогранитов, кислых эффузивов, основных и средних эффузивов; 2В – оксидов: поля разностей пород: а – кварцевых; б – олигомиктовых; в – полимиктовых (субаркозовых); г – вулканомиктовых. Точки состава пород по ассоциациям: 1 – I-ая; 2 – II-ая; 3 – III-ая; 4 – IV-ая. Точки среднего состава магматических пород: 9, 10 – базальтов (9 – оливиновых, 10 – толеитовых); 11 – андезитов-базальтов; 12 – андезитов; 13 – дацитов; 14 – плагиолипаритов; 15 – плагиогранитов (трондjemитов);

структурно-тектоническая природа бассейнов: К – континентальные блоки, О – ремобилизованные орогены; Д – островные дуги (Д<sub>1</sub> – нерасчлененные слабо эродированные, Д<sub>2</sub> – переходные, Д<sub>3</sub> – расчлененные глубокоэродированные, В<sub>4</sub> – смешанные)

+ MgO + MnO) (рис. 2, В). Точки состава всех четырех ассоциаций образуют практически непрерывную полосу в пределах полей вулканомиктовых граувакк (I-ая и II-ая ассоциации) и полимиктовых (субаркозовых) разностей. Данные о составе ранне-среднекембрийских магматических пород [3] показывают, что породы I-й и II-й ассоциаций по содержанию элементов близки соответственно средним содержаниям базальтов и андезитов. Точки состава III-й и IV-й ассоциаций весьма близки среднему составу плагиогранитов и плагиолипаритов.

Изложенные данные свидетельствуют, что ниже-среднекембрийские терригенные отложения верховой р. Абакан по своему минерально-петрографическому и химическому составу представляют собой типичный островодужный комплекс. Они сложены перемещенными продуктами вулканической деятельности, отлагавшимися между вулканами в участках

Таблица 2

Средний химический состав кластогенных нижнекембрийских пород северо-западной части Западного Саяна ( % )

Компоненты	Ассоциации			
	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	47,85	57,21	66,86	65,46
TiO <sub>2</sub>	0,94	0,87	0,56	0,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,60	16,6	13,43	12,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,61	2,31	1,56	2,48
FeO	3,99	3,92	1,74	3,51
MnO	0,18	0,07	0,07	0,13
MgO	3,72	2,77	0,85	2,04
CaO	12,31	7,98	4,64	4,25
Na <sub>2</sub> O	3,32	3,16	4,64	3,49
K <sub>2</sub> O	0,53	0,89	0,96	0,69
CO <sub>2</sub>	2,65	0,91	2,54	1,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,17	0,08	0,08
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,37	2,63	1,64	2,70
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,45	0,24	0,26	0,54
Сумма	99,74	99,73	99,83	100,10
Количество анализов	5	6	3	5

мелкого или глубокого моря. Состав таких отложений хорошо коррелирует с составом изливавшихся вулканитов. Общей особенностью эволюции их обоих во времени было постепенное возрастание роли кислого материала при снижении роли основного. Это свидетельствует о «старении» дуги и переходе её из стадии молодых нерасчлененных в стадию сильно расчлененных глубоко эродированных дуг и даже стадии смешанных дуг, близких по ряду признаков континентальным блокам.

### Библиографический список

1. **Копорулин В. И.** Фации и условия накопления раннесреднекембрийского островодужного комплекса в верховьях р. Абакан (Западный Саян) // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 1.
2. **Моссаковский А. А., Руженцев С. В., Самыгин С. Г., Хераскова Т. Н.** Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника. 1993. № 6. С. 3-32 .
3. **Херасков Н. Н.** Формации и начальные стадии геосинклинального развития Западного Саяна. М.: Наука, 1979.
4. **Хераскова Т. Н.** Венд-кембрийские формации каледонид Азии. М.: Наука, 1986. 245 с.
5. **Dickinson W. R.** Compositions of sandstones in Circum – pacific subduction complexes and fore – arc basins // *ibid.* 1982. V. 66, № 12. P. 121-137.

**М. А. Бирюкова**  
ОАО «Енисейгеофизика»

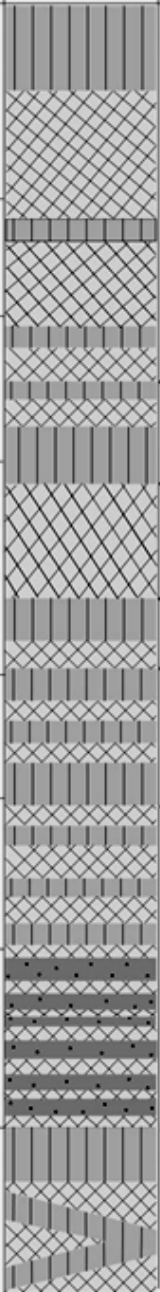
## **ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ВАНАВАРСКОЙ СВИТЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (Сибирская платформа)**

Сибирская платформа занимает большую часть территории Красноярского края. Байкитская антеклиз (надпорядковая структура) расположена в её юго-западной части, в бассейне р. Подкаменной Тунгуски и ее притоков – Вельмо, Камо, Енгида, Тычаны и Чуня. В составе антеклизы выделяется структурный элемент первого порядка – Камовский свод. Из структур второго порядка можно выделить Чадобецкое поднятие и два выступа – Огоньский и Оленчиминский. В структурно-тектоническом отношении исследуемая Оморинская площадь расположена на юго-западном склоне Камовского свода, в междуречье р. Подкаменной Тунгуски и Ангары, в 160 км к юго-западу от п. Байкит.

Оморинское газоконденсатное месторождение открыто в 1980 году, когда было начато параметрическое бурение на Оморинском поднятии кембрийских отложений. Бурение не подтвердило кембрийскую структуру, но из отложений оскобинской (Б-VIII) и катангской (Б-VII) свит венда был получен приток газа с конденсатом дебитом до 150 тыс. м<sup>3</sup>/сут на 6 мм шайбе. В 1982 году на месторождении было начато поисковое бурение.

По современным представлениям нефтегазогеологического районирования Сибирской платформы, площадь выполненных исследований располагается в пределах Оморинского НГР Байкитской НГО Лено-Тунгусской НГП. Главными объектами поисков нефти и газа с доказанной промышленной нефтегазоносностью в пределах Байкитской НГО являются: рифейский, венд-нижнекембрийский, нижне-среднекембрийский нефтегазоносные комплексы (НГК). К весьма перспективным относятся отложения осинского горизонта в нижней части усольской свиты нижне-среднекембрийского НГК (рис. 1).

В настоящее время инвесторы проявляют большой интерес к району и прилегающим территориям. Оморинский нефтегазоносный район обладает значительными потенциальными ресурсами углеводородов. Перспективы его освоения оцениваются весьма высоко еще и в связи с началом освоения Юрубчено-Тохомского месторождения, расположенного севернее Оморинской площади. В нём залежи нефти и газа приурочены к горизонтам-коллекторам каверно-трещинного типа рифейского возраста и к терригенным горизонтам-коллекторам вендского возраста. Месторождение имеет

Нефтегазоносные комплексы (НГК)	Байkitская Катангская НГО	Наименование горизонта-коллектора	Индекс горизонта пласта	Толщина (м)	Тип коллектора	Индексы отражающих горизонтов	
	стратиграфические подразделения						
Нижне-средне-кембрийский НГК	Литвинцевская $E_{2-lit}$ Ангарская $E_{1-2,an}$	Таначинский	А - I	90 - 92		H <sub>1-4</sub>	
	Булайская $E_{,bul}$	Сухо-Тунгусский	А - II	20			
	Бельская $E_{,bls}$	Подсолевой кочумдекский нижнетунгусский	А - III А - IV А - V	16 50 70			K <sub>2</sub>
	Усольская $E_{,us}$	Моктаконский осинский	А - VI Б - I	40 - 50			У А Б
Венд-нижне кембрийский НГК	Собинская $V_{,sb}$	Устькутский	Б - III Б - IV Б - V	80			
	Катангская $V_{ktg}$ Оскобинская $V_{osk}$		Б - VI Б - VII Б - VIII Б - IX	до 6.0 до 19.0		М	
	Ванаварская $V_{vn}$		V <sub>n</sub> - I V <sub>n</sub> - II V <sub>n</sub> - III V <sub>n</sub> - IV V <sub>n</sub> - V V <sub>n</sub> - VI	2.8 - 9.6 0.6 - 8.4 0.8 - 12.6 5.8 - 19.0 3.0 - 5.0 1.0 - 5.0			R <sub>0</sub>
Рифейский НГК	Рифей R	Ирэмэкенский юктенский, рассолкинский, вингольдинский юрубченский, долготинский, куюмбинский	P-10 P-11 P-12				

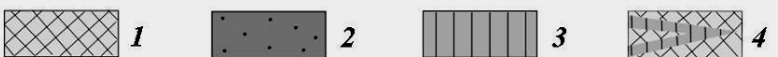


Рис. 1. Нефтегазоносность отложений Байkitской НГО (А. К. Битнер, В. А. Кригин и др., 1990 г) с уточнениями (Кашицин, 2003 г):

1 – каверновый и каверново-порový коллектор; 2 – порový и трещиновато-порový; 3 – флюидоупоры; 4 – возможные коллекторы внутри рифейской толщи



сложное геологическое строение и находится в стадии разведки. На юго-востоке Оморинский НГР граничит с Нижне-Ангарским НГР, где в вендских терригенных отложениях открыты газоконденсатные залежи. Изученность Оморинского НГР глубоким бурением крайне низкая, выделение ловушек в отложениях венда сейсмическими методами находится в начальной стадии.

В данной работе представлены результаты литолого-фациальных исследований, позволяющих оценить перспективность ванаварской свиты венд-нижнекембрийского НГК Оморинской площади. При этом основными задачами являются:

- корреляция разрезов ванаварской свиты венда на Оморинской площади;
- выделение пластов песчаников в её разрезе;
- прогноз их генезиса и палеогеографических обстановок формирования;
- составление схемы фациального районирования территории.

Для корреляции отложений ванаварской свиты в данной работе проведено сопоставление каротажа по 12 скважинам Оморинской площади. Сопоставление выполнялось по комплексу ГИС (ГК, НГК, БК, АК). Несмотря на относительно близкое расположение скважин, не удалось найти идеально сопоставимые разрезы ванаварской свиты. Но при этом были выделены группы скважин со схожими показаниями методов ГИС. Для более уверенной корреляции в этих группах по методике Карогодина Ю. Н. были выделены циклиты. Далее проведено сопоставление разрезов уже с использованием цикличности. В результате по низам ванаварской свиты выявлено два блока с подобными пачками в скважинах: кривые внутри блоков имеют схожий вид.

Нижняя часть разреза ванаварской свиты, вскрытая всеми скважинами на Оморинской площади, представлена мощной аргиллитовой толщей (от 44 до 12 м). Породы тонкозернистые, массивные, бурого цвета со светло-зелёными прослоями. Исключением является скв. Ом-3, в которой самая нижняя часть свиты представлена глинисто-алевролитовыми разностями и имеет увеличенную по сравнению с остальными мощность. Во всех скважинах по характеру каротажных кривых ГИС в пределах глинистой толщи выделяется две, вероятнее всего разновозрастные пачки (рис. 2). Это подтверждают сейсмические данные. Скважины Пл-1, Ом-5, 4, Км-2, и ВТг-1 вскрыли I пачку, которая характеризуется выдержанной монотонностью отложений, отсутствием выраженной направленности изменений на кривых ГИС. Средние показания ГК – 10,2 мкР/ч и НГК – 2,1 у. е., Кп = 4,9 %. Отложения являются самыми древними на территории Оморинской площади. Мощность отложений изменяется от 44 м (скв. Пл-1) до 12 м (скв. Ом-5 и ВТг-1). Вторая пачка II представлена в скважинах Ом-2, 3, 7, 8, 10. Она характеризуется наличием прослоев алевролитов в центре пачки монотонных

### Схема расположения скважин

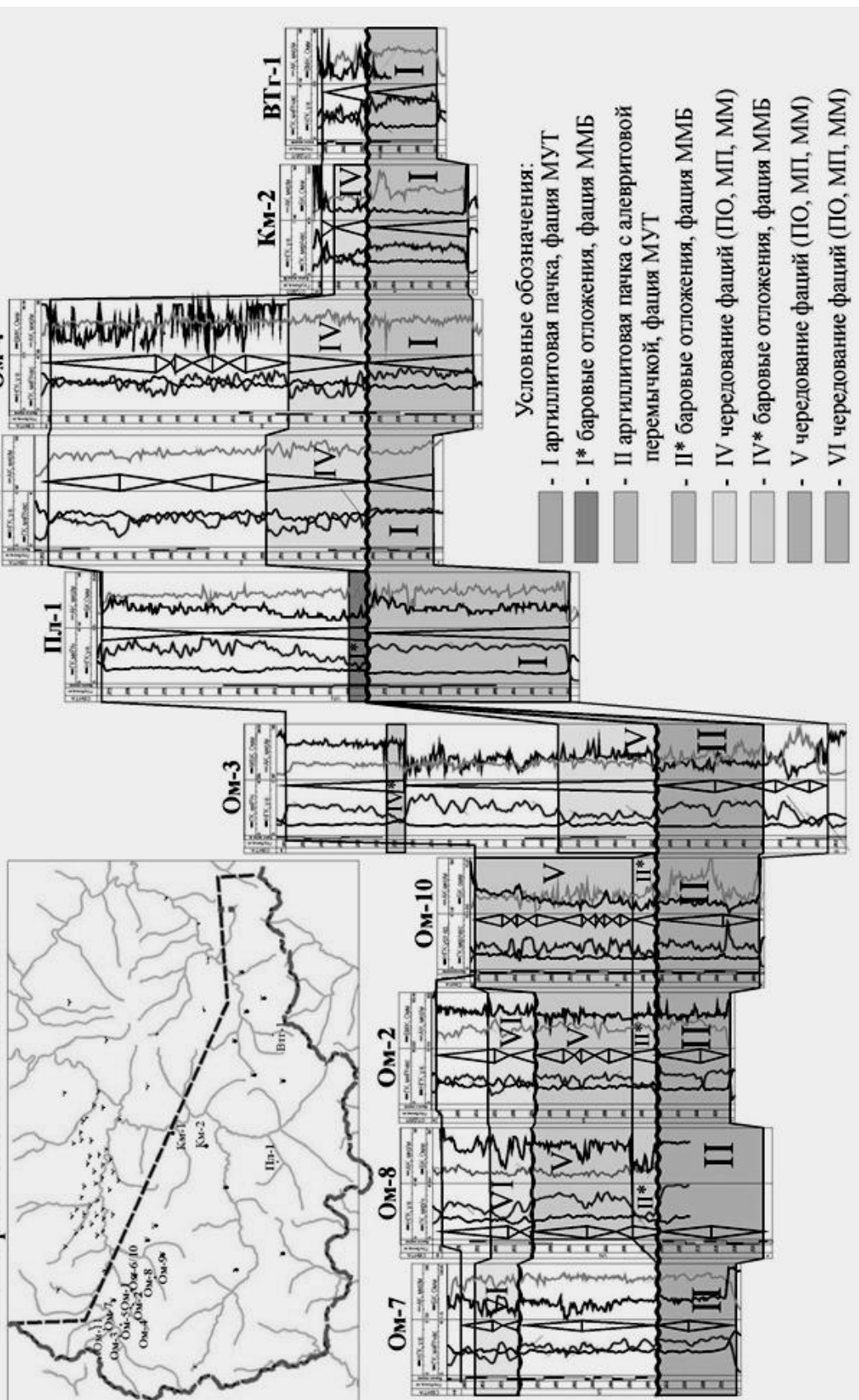


Рис. 2. Схема корреляции отложений ванаварской свиты на Оморинской площади

аргиллитовых отложений. Каротажные кривые ГИС имеют определенную направленность, свидетельствующую о трансгрессивно-регрессивных движениях. Средние показания ГК–8,5 мкР/ч и НГК–1,6 у.е. Мощность отложений изменяется от 16 м (скв. Ом-7) до 25 м (скв. Ом-3).

В территориальном отношении пачки как бы делят Оморинскую площадь на две части: в юго-западном направлении распространена более древняя пачка аргиллитов, а в северо-западном – более молодая. Нахождение двух разновозрастных пачек в основании ванаварской свиты связано, вероятнее всего, с различной тектонической активностью (прогибание либо воздымание части территории) и перемещением береговой линии.

В целом разделение на пачки отложений ванаварской свиты венда выполнено для удобства детальной корреляции, реконструкции генезиса и развития Оморинского палеобассейна, а также для выяснения временного соотношения разрезов по свите в целом. В основу разделения на пачки заложена их характеристика по соотношению содержания песчаника-алевролита-аргиллита, а также учтена динамика среды накопления, т. е. монотонность либо разнообразие фаций.

Использовались описания керн по всем скважинам и фото керн, имеющиеся в ограниченном количестве по двум скважинам: Ом-10 и Пл-1. За основу принята литолого-фациальная классификация, разработанная А. В. Масловым для карбонатно-терригенных отложений рифея Южного Урала [4] (см. таблицу). Выбор обоснован тем, что среди всех существующих, по мнению автора, она наиболее близка к изучаемым отложениям, отличается необходимой детальностью и подробным описанием пород. Помимо этого использовались не менее информативные классификации Алексеева В. П. [1, 2], Ежовой А. В. [3].

Прослой и слои аргиллитов относительно выдержанной мощности, которые в разрезе выполняют роль флюидоупоров, формировались на мелководном шельфе при удалении береговой линии и спокойном гидродинамическом режиме, в периоды максимального развития трансгрессии и относятся к финально-трансгрессивным отложениям (удалённые от побережья районы морского бассейна: фация МУТ – см. таблицу.). Накопление глинистых отложений происходило, главным образом, на слабо расчлененном морском дне ниже базиса действия. Верхняя граница толщи отчётливая и резкая и перекрывается фацией мелководного шельфа. Мощности отложений изменяются в пределах первых метров, реже десятков метров. Аргиллиты хорошо выдержаны по площади. В пределах изучаемой площади они залегают непосредственно на карбонатных отложениях рифея.

Далее вверх по разрезу сопоставление разрезов затрудняется, поскольку состав и мощность отложений ванаварской свиты невыдержаны по латерали. Так, в разных скважинах на одной и той же глинистой пачке залегают различные по составу и возрасту песчаные пласты.

Генетические типы осадков, макрофации и фации (по А. В. Маслову [4]),  
выделенные в ванаварской свите на Оморинской площади\*

Макрофации	Фации	Индекс	Краткая характеристика
Терригенных отложений открытого побережья морского бассейна (ПО)	Песчаных осадков пляжей (ПОП)	ПОП	Песчаники мелко-, иногда среднезернистые с пологими маломощными разнонаправленными взаимосрезающимися мультювидными или косыми клиновидными сериями, с наклоном слойков
Терригенных отложений прибрежного мелководья морского бассейна (МП)	Алеврито-песчаных осадков прибрежного слабоподвижного мелководья морского бассейна (МПС)	МПС	Песчаники мелкозернистые неслоистые массивные с редкими прослоями тонко-, горизонтально-слоистых алевролитов
	Алеврито-песчаных осадков прибрежного подвижного мелководья (МПП)	МПП	Переслаивание мелкозернистых песчаников и алевролитов с линзовидно-косой, горизонтальной и волнистой слоистостью
	Песчано-гравийных осадков прибрежного подвижного мелководья (МПГ)	МПГ	Песчаники крупнозернистые, с прослоями и линзами конгломератов и гравелитов, массивные или с неявно выраженной полосчатостью, иногда с крупной косой слоистостью. Ритмическая сортировка в слоях отсутствует
Терригенных отложений подвижного мелководья морского бассейна (ММ)	Глинисто-алеврито-песчаных осадков малоподвижного мелководья (МММ)	МММ	Переслаивание мелкозернистых песчаников и алевролитов с горизонтальной или пологоволнистой слоистостью. Для осадков рассматриваемой фации наиболее характерна слоистость двух порядков
	Песчаных осадков подвижного мелководья морского бассейна (ММП)	ММП	Песчаники средне-, иногда крупнозернистые, с косой средне- и мелкомасштабной прямолинейной или сходящейся слоистостью
	Песчаных осадков сильно подвижного мелководья морского бассейна (ММБ)	ММБ	Песчаники средне- и мелкозернистые с косой среднемасштабной разнонаправленной пологопадающей слоистостью, пластинками глинистых сланцев и линзовидными прослоями крупнозернистых песчаников
Терригенных отложений удалённых частей морского бассейна (МУ)	Глинисто-алевритовых осадков удалённых от побережья частей морского бассейна (МУТ)	МУТ	Глинистые сланцы тонко-, горизонтально- или прерывистослоистые, иногда с послойной примесью тонкого алевритового материала

\* В приведённой таблице перечислены те фации, которые хорошо идентифицируются в изучаемых толщах. Они составляют небольшую часть полной классификации, разработанной А. В. Масловым [4].

В скважинах Ом-3, 4, 5, Км-2 глинистая пачка сверху перекрывается IV пачкой чередующихся песчаников и алевролитов, с количественным преобладанием первых (см. рис. 2). В этих скважинах ванаварская свита имеет увеличенную мощность, возможно с этим связана и большая мощность песчаных пачек, от 20 м в скв. Ом-3 до 8 м в скв. Км-2. Она характеризуется пониженными показаниями ГК порядка 3 мкР/ч, повышенными показаниями НГК 3,5 у. е. В остальных скважинах подобных по мощности перспективных прослоев не выделено. Отложения пачки являются перспективными для поисков нефти и газа. Вероятно, перспективные песчаные отложения формировались в зоне низменных прибрежно-континентальных равнин полуизолированного и открытого побережья (ПО), фация ПОП (см. таблицу). В керне Платоновской скважины данная фация представлена песчаником мелко-среднезернистым, красно-коричневого цвета, хорошо сортированным (обр. на рис. 3). Текстура – полого-горизонтальная, косая, разнонаправленная с взаимосрезающей слоистостью. Растительных остатков нет.

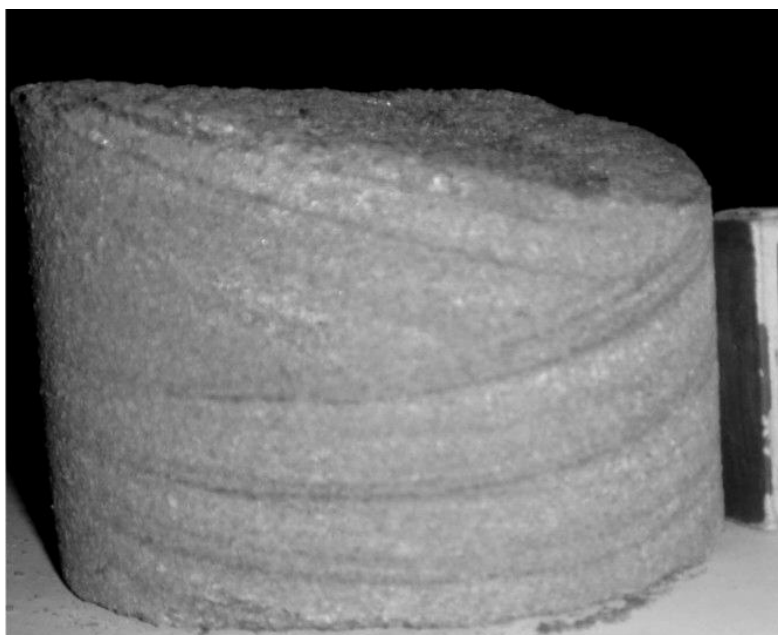


Рис. 3. Пляжевый песчаник, фация ПОП, скв. Пл-1, интервал 2812,4-2824,4

В скважинах Пл-1, Ом-2, 3, 8, 10 выше по разрезу на нижней глинистой части с перерывом залегают баровые отложения (пачки I\*, II\*, IV\*). Временное соотношение пачек в сводном разрезе на данный момент остаётся неясным. Они чётко выделяются по резкому понижению показаний ГК и небольшому увеличению показаний НГК (см. рис. 2).

При впадении реки в море скорость её течения резко падает, а влекомый ею грубый обломочный материал осаждается на обращённом к морю склоне, где существуют приливно-отливные течения. Таким образом, формируется аккумулятивная линза осадков, залегающая на морских от-

ложениях. Факторами, контролировавшими такое распределение осадков, были активная гидродинамика среды и механизм транспортировки и перераспределения частиц в осадке. Море не успевает разрушить эту линзу, а в следующий этап, при сниженной динамике воды, образуется песчаная отмель, которая, разрастаясь, достигает поверхности воды и превращается в баровую постройку. Эти песчаные образования мы относим к генетической группе песчаных отложений пересыпей, кос и баров (ландшафтная зона открытого, в различной степени подвижного мелководья – фация ММБ). Они представляют интерес как возможные коллекторы.

В скважинах Ом-2 (инт. 2584-2606 м), Ом-8 (инт. 2676-2698 м), Ом-10 (инт. 2543-2578 м), выше баровых построек (пачка V) идёт переслаивание фаций таких ландшафтных зон, как прибрежно-континентальные равнины-ПО, прибрежное в различной степени подвижное мелководье морского бассейна - МП, открытое подвижное мелководье-ММ (см. рис. 2).

В составе палеоландшафтной зоны низменных прибрежно-континентальных равнин полуизолированного и открытого побережья (ПО) выделяется фация ПОП (см. рис. 3). Она характеризуется преимущественным накоплением средне-мелкозернистых песчано-алевритовых осадков с наличием пологой косой, часто разнонаправленной или взаимосрезающейся слоистостью, что наряду с хорошей отсортированностью кластики свойственно пляжевым образованиям. Текстурно-структурные особенности осадков указывают на образование их в результате процессов естественного «шлихования», происходивших в зонах активной динамики водной среды – по-видимому, на пологих подводных площадках и фронтальных участках пляжей.

Ландшафтная зона прибрежного мелководья морского бассейна (МП) характеризовалась развитием терригенных осадков спокойного и подвижного мелководья (фации МПП, МПС и МПГ – см. таблицу). Накопление осадков в указанной зоне в значительной мере определялось влиянием придонных течений и активной динамикой водной среды. На отдельных участках бассейна существовали, по-видимому, приподнятые над дном возвышенности, где накопление осадков происходило под влиянием разнонаправленных сгонно-нагонных течений. Наиболее крупно-грубозернистый материал накапливался в приустьевых участках бассейна (фация МПГ), тогда как более тонкий перемещался в отдаленные участки акватории (фации МПС, МПП).

Для песчаных пластов фации МПС характерно отсутствие слоистости, но в ряде случаев в их верхних частях заметна прерывистая или косо-волнистая слоистость, пласты обладают хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Отложения могут находиться в ассоциации с отложениями морского, мелководно-морского и прибрежного генезиса (фации МПП и МММ).

Ландшафтная зона открытого, в различной степени подвижного мелководья (ММ) характеризовалась формированием широкого спектра фаций, в керновом материале нами выделены фации МММ, ММП, ММБ (см. таблицу). Для них характерны песчано-алевритовые и песчано-алевритоглинистые осадки, имевшие значительное распространение по площади бассейна и связанные как с прибрежными, так и с удалёнными зонами. Подавляющая часть поступавшей сюда кластики захоронилась после некоторой обработки течениями и волнениями выше базиса действия волн. Красноцветная окраска осадков, формировавшихся в ландшафтах этого типа, указывает на незначительные глубины бассейна, имевшего хорошую аэрацию.

Для отложений фации ММП характерна мелкая и среднемасштабная прямолинейная или сходящаяся косая слоистость. Ритмичная сортировка кластики в слойках отсутствует. Слоистость подчёркнута чередованием слойков различной гранулометрии, окраски или неравномерным ожелезнением. Особенно хорошо она проявлена в красноцветных разностях. Иногда среди косослоистых песчаников наблюдаются прослой горизонтально-слоистых разностей.

Относительно грубый состав пород фации ММБ, перекрёстная слоистость позволяют предполагать, что формирование осадков имело место в прибрежных высокоэнергетических обстановках, в зонах развития подводных аккумулятивных форм рельефа, выступавших в ряде случаев над поверхностью воды. Отложения могут рассматриваться как осадки сублиторальных зон, формирующиеся под действием приливов, или барровые отложения.

Чередование этих фаций с различным их набором и последовательностью (в том числе с отсутствием некоторых) по данным радиоактивного каротажа предполагается во всех скважинах Оморинской площади. Для V пачки характерно чередование меньшего набора фаций с преобладанием морских мелководных (см. рис. 2). Те интервалы, в которых при чередовании преобладают песчаные разности, относятся к перспективным и выделяются как коллектор (рис. 4). Интервалы с преобладанием алевритоглинистых пород являются бесперспективными. Так, в скв. Ом-3, этот интервал наблюдается выше баровой постройки (2570 м): состав пород становится более монотонным по свойствам и составу, преобладают морские мелководные отложения. Мощность и местоположение интервалов чередования в скважинах различаются. На каротажных кривых эти пачки имеют дифференцированную картину, что свидетельствует о частой смене обстановки осадконакопления и о нестабильности береговой линии (см. рис. 4).

В скважинах Ом 2, 7, 8 в VI пачке наблюдается чередование выше перечисленных фаций, но с преобладанием прибрежно-континентальных. Пачка по составу аналогична IV, но отличается от неё возрастом и небольшой мощностью отложений, порядка 6 м (см. рис. 2).

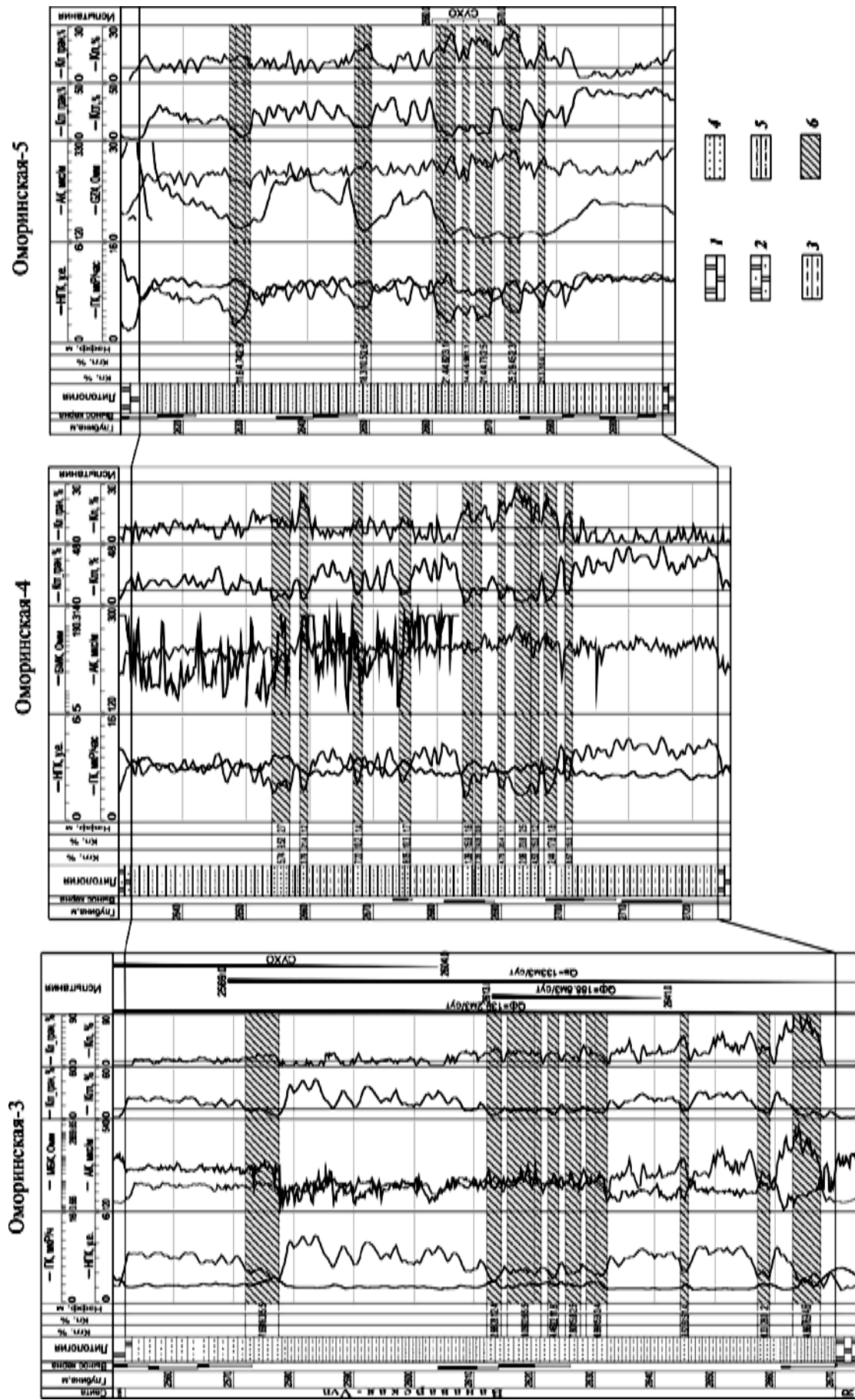


Рис. 4. Расположение коллекторов в разрезе ванаварской свиты (Оморинская площадь):  
 1 – доломит; 2 – доломит песчанистый; 3 – аргиллит; 4 – песчаник; 5 – алевролит; 6 – коллектор



В отложениях ванаварской свиты, не разбитых на пачки, корреляция не проведена из-за недостаточности информации. Несмотря на это, по описанию керн и характеристикам ГИС также предполагается чередование различного набора вышеперечисленных фаций в данных интервалах, и так же выделяются перспективные песчаные прослои небольшой мощности (см. рис. 2). Кроме того, обособились единичные скважины (ВТх-1, Ом-9) с резко отличными от остальных скважин характеристиками каротажа. Это позволяет предположительно отнести их к обособленным блокам (фациальным районам) осадочного чехла.

Уверенная корреляция проведена в скважинах при выделении непосредственно пачек. Выделенные пачки проиндексированы с I по VI, индексация не соответствует их залеганию по порядку в сводном разрезе, она соответствует фациальной принадлежности отложений. Несмотря на это взаиморасположение пачек в пространстве является не менее важным вопросом. На данный момент в связи с небольшим количеством скважин, крайне сложным строением ванаварской свиты и её изменчивостью по латерали однозначно определиться с последовательностью залегания пачек по всей площади представляется невозможным.

Точно удалось выявить соотношение I и II аргиллитовых пачек на Оморинской площади, залегающих в основании свиты. По сейсмическим материалам установлено, что I пачка является самой древней на данной территории, выше её залегает II пачка. Далее по разрезу отложения резко изменчивы, соотношение выделенных пачек, залегающих выше по разрезу с резким перерывом на аргиллитовых отложениях, пока остаётся неясным. Разрешающая способность сейсмического материала не позволяет решать подобные детальные задачи на данной территории.

Анализ распределения в разрезах и по площади фаций и фациальных комплексов даёт возможность перейти к рассмотрению палеогеографических особенностей накопления осадков ванаварской свиты венда.

Орогенная стадия формирования осадочного чехла платформы началась в рифее, но признаки геосинклинального этапа развития территории сохранились до ванаварского времени. Помимо этого платформа, формируясь, прошла ряд тектонических циклов, интенсивно протекавших в рядом расположенных геосинклиналях и значительно повлиявших на условия её осадконакопления. В результате отложения ванаварской свиты имеют сложную характеристику. Для них характерны признаки как терригенных континентальных формаций (наличие плохой сортировки, грубообломочных пород, красноцветность, обширное площадное распространение и т. д.), так и терригенных молассоидных и флишевых формаций (ритмичное переслаивание глин, алевроитов, песков и мелкого гравия, наличие обломков метаморфических минералов, постепенное уменьшение размера частиц вверх, т. е. градационная слоистость). Мощность отдельных ритмов может варьировать от нескольких сантиметров до нескольких дециметров.

Такое разнообразие формационных признаков объясняется тем, что осадки в какой-то один определённый этап времени формировались в орогенной стадии, в близких к континентальным условиям. В следующем этапе имели место дифференцированные тектонические движения и привнос осадочного материала со смежных платформ активизированных областей. Естественно, происходило перемешивание и переотложение осадков.

Перечисленные подтверждают исследования шлифов по скважинам Ом-2 и Ом-10. В минеральном составе шлифов в лёгкую фракцию входят такие минералы, как кварц, полевые шпаты, мусковит, хлорит, глауконит, кальцит. В тяжёлую фракцию входят циркон, турмалин, пироксены, пирит, биотит, лейкоксен, рутил, сфен, эффузивы, обломки кристаллических сланцев и т. д. Хотя большинство акцессорных минералов в шлифах имеют магматическое происхождение (силикаты), часть является продуктами метаморфизма (хлорит, турмалин), реже имеет гидротермальное происхождение (рутил, пирит). Метаморфические породы в шлифах в основном находятся в виде обломков различной степени окатанности, от хорошей до средней. Обломочный материал присутствует в шлифах в различном соотношении (от 20 до 75 %).

Изменчивость мощности ванаварской свиты по площади также является результатом влияния нестабильной тектонической обстановки и отражает воздействие эволюции смежных складчатых зон на развитие территории.

Начало формирования орогенной стадии знаменовалось наступлением моря (трансгрессией), что отражено накоплением морских отложений в нижней части ванаварской свиты (нижневанаварская свита) Собинской площади, располагающейся вблизи Оморинской. В это время формировались глинистые отложения, которые являются флюидоупорами для рифейских залежей. На Оморинской площади сохранилась лишь небольшая часть этих глин в самом её основании. Основная часть всего разреза ванаварской свиты, представленного на Оморинской площади, песчано-алевролитовая. Эта верхняя часть в большей степени соответствует регрессии береговой линии, т. е. верхней части полного разреза ванаварской свиты (верхневанаварская). Песчаные пласты, содержащиеся в этой части разреза, являются коллекторами.

Судя по результатам геохимических исследований, отложения, вскрытые скважинами Ом-2 и Ом-10, формировались в пресном бассейне с восстановительной обстановкой, а отложения скважины Ом-8 – в морском бассейне. Это свидетельствует о расположении данных скважин либо в прибрежной части палеоморя, либо о непосредственной близости от опресняющего фронта дельты [5]. Для условий формирования отложений во всех скважинах характерна повышенная тектоническая активность. Изменение режима рек наряду с тектоническими движениями обуславливает непостоянство конфигураций этих бассейнов, о чём свидетельствует частое чередование прибрежных и прибрежно-мелководных фаций во всех

скважинах. Древние мелководные моря, в прибрежных зонах которых формировались отложения ванаварской свиты Оморинской площади, существовали при условии впадения в них крупных рек. Солёность воды в этих водоёмах может колебаться в широких пределах. Во влажном климате внутриконтинентальные бассейны почти пресные, в жарком засушливом обычно солоноватоводные. Располагавшиеся по соседству с большими массивами суши, они часто опреснялись в своей прибрежной части.

### Выводы

✓ Отложения ванаварской свиты имеют весьма сложное строение, что связано с орогенным этапом осадконакопления. Для них характерны признаки как континентальных формаций, так и формаций складчатых областей (флишоидных и молассоидных). Разрез в целом изменчив и не выдержан по простиранию.

✓ Всего в разрезе ванаварской свиты венда для изученной площади установлено 8 фаций, неравномерно распределённых по разрезу. К подошве свиты приурочены морские отложения наиболее удалённых участков. Выше по разрезу идёт неравномерное переслаивание прибрежно-морских фаций с различным порядком их чередования. Преобладания какой-либо из них не наблюдается. Для каждой скважины характерны свои особенности в сочетании фаций.

✓ Наибольший нефтегазопромысловый интерес представляют интервалы, содержащие песчаники с хорошими коллекторскими свойствами. Это баровые отложения (ММБ), пляжевые песчаники (ПОП) либо песчаники слабо подвижного прибрежного мелководья морского бассейна (МПС).

✓ Морские фации преимущественно аргиллитового состава (МУТ) могут являться флюидоупором для залежей УВ в карбонатном коллекторе рифейского НГК.

### Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология». Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 147 с.
2. **Алексеев В. П.** Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2006. 149 с.
3. **Ежова А. В.** Литология: Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2005. 353 с.
4. **Маслов А. В.** Литология верхнерифейских отложений Башкирского мегантиклинория. М.: Наука, 1988. 133 с.
5. **Рухин Л. Б.** Основы общей палеогеографии. Л.: Гостоптехиздат, 1962. 628 с.

**А. И. Кудаманов**  
ООО «КогалымНИПИнефть»

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ВАЛАНЖИНЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ СУРГУТСКОГО СВОДА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ**

Территория исследований расположена в 160 км севернее г. Сургут, на площади Тевлинско-Русскинского месторождения. Комплекс осадочно-го чехла (до 3 500 м) представлен терригенными отложениями юрской и меловой систем и породами кайнозойской группы. В кровле сортымской свиты нижнего мела залегают пласт  $BC_{10}^2$  и перекрывающая его чеускинская пачка аргиллитов. На основании фораминифер, аммонитов и пелеципод возраст сортымской свиты (мощностью до 400 м) определен как берриас-валанжинский. На тектонической карте Западно-Сибирской плиты под редакцией В. И. Шпильмана и др. (1998) Тевлинско-Русскинское месторождение расположено в пределах Когалымской вершины – структуры II порядка.

Ярко выраженное клиноформное строение берриас-валанжинских отложений Сургутского свода отражает условия лавинной седиментации [1]. Песчаные линзы различаются по их приуроченности к трем основным зонам развития морских бассейнов: глубоководной части, склону шельфа и самому шельфу. Седиментация пласта  $BC_{10}^2$  происходила преимущественно в обстановках прибрежно-морского комплекса шельфовой зоны. В принципиальной модели строения неокома Северного Приобья Западной Сибири [1] горизонт  $BC_{10}$  относится к субрегиональному покачевскому (савуйскому) клиноциклиту (КЦ). Его трансгрессивная покачевская (савуйская) пачка глин (15-40 м), залегающая в основании КЦ, служит покрывкой для горизонта  $BC_{11}$ .

В пределах ряда изученных месторождений (Северо-Конитлорское, Северо-Кочевское и др.) пласт  $BC_{10}^2$  (мощностью до 40-60 м) представлен песчано-алевритовыми линзами (сиквенсами) подобного строения, полого перекрывающими друг друга в западном направлении по схеме кровельного прилегания. Разделение песчаных тел-коллекторов обусловлено глинистыми пачками, залегающими в основании каждой линзы (сиквенса). В плане линзы имеют вытянутую в субмеридиональном направлении форму и отражают простираание береговой линии. Размеры песчаных пляжей, наступающих в сторону бассейна, указывают, что они являлись частью дельты волнового типа, так как маловероятно достижение такой степени наступания

без речного приноса осадка [3]. К тому же на картах эффективных толщин по серии песчаных пластов неокома в пределах Среднего Приобья выделен ряд крупных палеодельт [4]. Осевая линия одной из них проходит в центральной части Нижневартовского и Сургутского сводов в северо-западном направлении, заканчиваясь в пределах площади исследований.

В результате изучения кернa порядка 90 скважин составлено описание обобщенного разреза каждой линзы. В нижней части (мощностью 20-30 м) расположены отложения переходной зоны (ПЗ), реже предфронтальной зоны пляжа (ПФЗ), представленные преимущественно глинистыми алевролитами, реже мелкозернистыми глинистыми песчаниками с редкими прослоями штормовых песчаников. Текстуры массивные, реже горизонтальные и волнистые слойчатые. Отмечаются следы биотурбации, редкий раковинный детрит. Средняя часть (мощностью 20-25 м) сложена осадками нижней зоны пляжа (НЗ) и представлена мелкозернистыми слабоглинистыми песчаниками. Текстура косая однонаправленная и разнонаправленная слойчатая или массивная, иногда со следами биотурбации. Невыдержанный по площади комплекс осадков (участками мощностью до 5-10 м) предфронтальной, нижней и верхней зоны пляжа (ВЗ), залегающий выше, представлен средне-мелкозернистыми песчаниками вдольбереговых валов, баров и барьерных островов и глинистыми алевролитами лагунных фаций. Преобладают массивные текстуры. Для всех отложений пласта (кроме верхнего комплекса) характерны повышенные содержания растительного детрита и слюд. В породах ПЗ, ПФЗ и НЗ нередко отмечаются следы пластической деформации.

В кровле пласта  $BC_{10}^2$  отмечается выдержанная пачка мощностью 0,2-0,6 м серых плохо сортированных глинистых мелкозернистых песчаников и глинистых алевролитов, с текстурой биотурбации. Отложения накапливались в условиях ПФЗ и перекрыты глинистыми отложениями чеускинской пачки переходной и дальней зоны (ДЗ).

В результате реконструкций была построена схема размещения фациальных зон на начало накопления «чеускинских» глин. При ширине НЗ (4-8 км) и ПФЗ (10-11 км), высоте прилива 2-4 м и глубине штормового воздействия 35-36 м [3] поверхность пляжа имела наклон 1-3 м на 1 км, т. е. менее  $0,2^\circ$ , что соответствует наклону большинства сейсмических горизонтов в неокоме [1].

Режим лавинной седиментации исследуемых отложений приводил к накоплению в мелководной зоне осадков, глинистая часть которых вследствие быстрого захоронения находилась в состоянии недоуплотнения. Угла наклона  $0,2-2,0^\circ$  на участках повышенного давления и недоуплотнения при усилении волнения достаточно для образования оползней [3]. Угол наклона поверхности, разделяющей соседние линзы (до  $1,5^\circ$ ), делает маловероятным их происхождение без участия конседиментационных процессов деформации. Широко представлены текстуры пластической деформации

также свидетельствуют о широком развитии оползневых процессов. Таким образом, осадконакопление отложений пласта БС<sub>10</sub><sup>2</sup> характеризуется несовпадением колебаний водной разгрузки и режима бассейна, что нашло отражение в чередовании периодов выдвигания дельты и периодов частичной переработки осадков волновыми процессами. Общие закономерности для крупных клиноформ и для линз пласта БС<sub>10</sub><sup>2</sup> указывают на существование в неокме колебаний уровня моря различной амплитуды и периодичности.

Завершение «савуйской» регрессии и начало «чеускинской» трансгрессии знаменуются разрушением («срезанием» под углом менее 0,2°) верхней части дельты и переотложением осадков на эрозионной поверхности в виде вдольбереговых валов, баров и барьерных островов. К востоку от барьерных островов формировались лагуны.

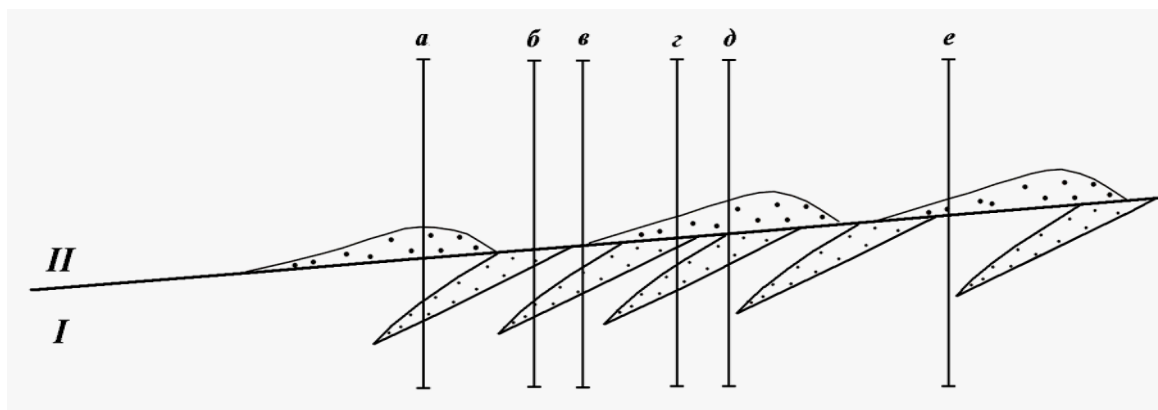


Рис. 1. Схематичное строение пласта БС<sub>10</sub><sup>2</sup>:

*I* – регрессивная серия; *II* – трансгрессивная; *а, б, в, г, д, е, ж* – возможные типы разрезов скважин

Следовательно, в строении пласта можно выделить две серии отложений, отвечающие двум этапам развития побережья (дельты волнового типа). Нижняя большая часть пласта накапливалась ритмично в условиях лавинной седиментации и преобладания потоковой гидродинамики над волновой на фоне регрессии моря. Условия седиментации верхней части пласта характеризуются подавляющим преобладанием волновых процессов над потоковыми в начальный период трансгрессии (рис. 1).

Детальными гранулометрическими исследованиями (2-4 образца на 1 м) массивных песчаных слоев (мощностью до 8-10 м) были выявлены преобладающие два типа (А и Б) цикличности (рис. 2) в виде ритмично повторяющихся интервалов мощностью от 0,3-0,4 до 1,5 м, характеризующихся закономерным изменением снизу вверх медианного диаметра ( $M_d$ ) и коэффициента сортировки ( $S_o$ ). Проциклиты типа А представлены преимущественно в отложениях регрессивной серии осадков, рециклиты типа Б характерны для осадков трансгрессивной серии. Очень редкий третий тип

(В) отмечается эпизодически среди обстановок верхнего пляжа в виде пачек небольшой мощности (не более 1,5-2,0 м) и с учетом текстурно-структурных особенностей условно отнесен к эоловым фациям.

Для выявления характера влияния обстановок седиментации на коллекторские свойства пород рассмотрим взаимосвязности некоторых фильтрационно-емкостных и литологических параметров на примере двух скважин (9731 и 9778) Тевлинско-Русскинского месторождения. Выбор скважин обусловлен разнообразием фаций, представленных керном и степенью его изученности. С учетом подобного строения линейных побережий и дельт волнового типа для характеристики разреза использована «Схема геоморфологических единиц береговой зоны» [3].

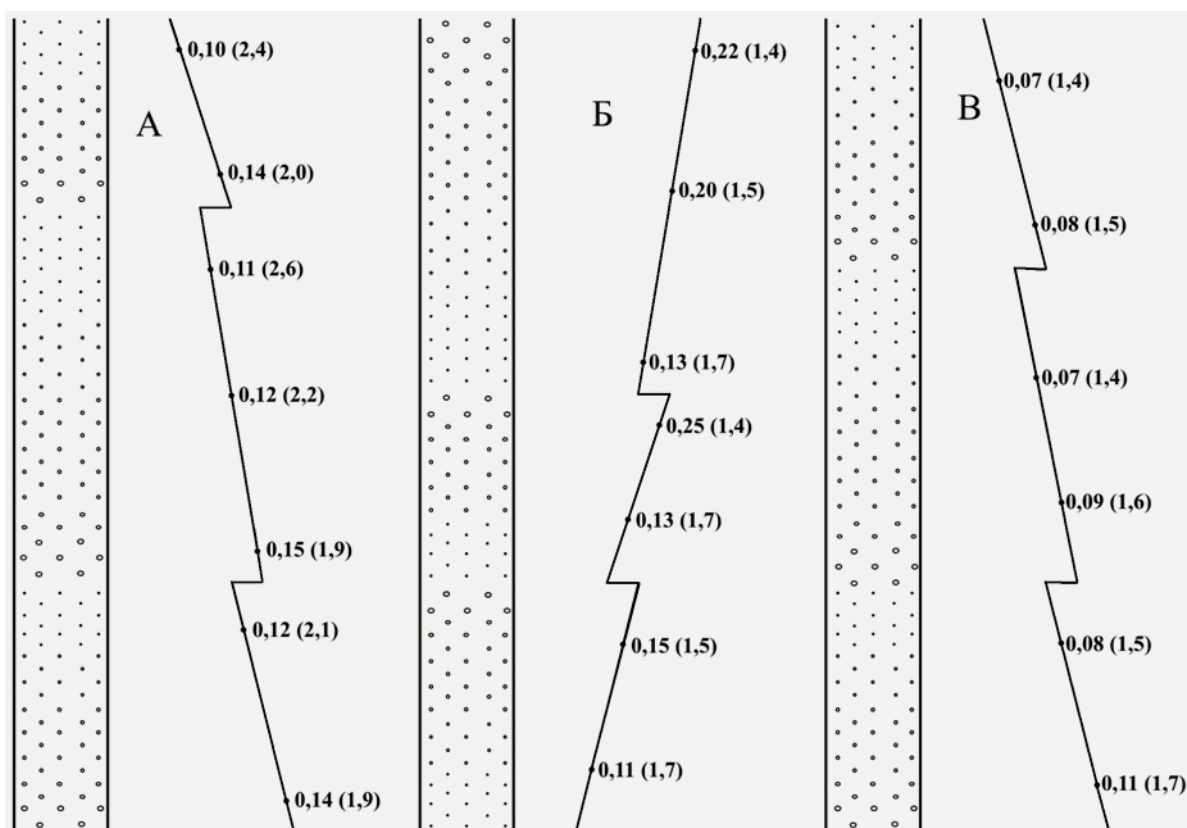


Рис. 2. Типы цикличности в песчаниках и крупнозернистых алевролитах в зависимости от условий седиментации:

А – проциклиты потокового типа; Б – рециклиты волнового типа; В – процикли-ты эолового (?) типа; точками обозначены места отбора проб, цифрами – медианный диаметр  $M_d$ , в скобках – коэффициент сортировки  $S_o$ .

Разрез скважины 9731 соответствует типу «Ж» (см. рис. 1). По керну в нижней части пласта  $BC_{10}^2$  выделяется 5 ритмично построенных пачек регрессивной серии (мощностью 15,96 м), представленных фациями ПЗ, редко ПФЗ побережья. Песчано-алевритовые породы-коллекторы слагают преимущественно конусы выноса штормовых нагонов, значительно реже вдольбереговые регрессивные валы. Выше залегающая трансгрессивная

Таблица 1

Усредненные значения параметров для скв. 9731

№ пачки	М- ть, м	Медианный диаметр Md, мкм	Коэфф. сортировки S <sub>0</sub>	Пористость, %	Проницаемость, мД	Водоудерживающая способность K <sub>вс</sub> , %
IX (пз)	0,29	<b>284,9</b> (1)	<b>1,70</b> (1)	<b>17,5</b> (1)	<b>4,85</b> (1)	<b>46,9</b> (1)
VIII (вз)	6,51	94,3-284,9/ <b>185,2</b> (16)	1,5-3,0/ <b>1,84</b> (16)	18,2-29,1/ <b>22,83</b> (30)	2,40-2091,0/ <b>458,88</b> (30)	12,8-32,5/ <b>20,9</b> (22)
VII (вз)*	1,75	99,9-116,1/ <b>108,2</b> (3)	1,7-2,1/ <b>1,87</b> (3)	18,2-26,7/ <b>21,58</b> (5)	16,52-558,47/ <b>148,41</b> (5)	26,1-32,3/ <b>29,2</b> (4)
VI (вз)	1,19	218,5-224,4/ <b>221,2</b> (4)	1,4-1,6/ <b>1,45</b> (4)	26,2-27,6/ <b>27,0</b> (3)	969,8-1507,0/ <b>1313,6</b> (3)	12,0-14,9,0/ <b>13,5</b> (2)
Итого транс.	<b>9,74</b>	<b>199,9</b> (24)	<b>1,72</b> (24)	<b>22,23</b> (39)	<b>481,44</b> (39)	<b>27,6</b> (29)
V (пз)	1,86	68,8-125,0/ <b>96,9</b> (2)	2,0-2,5/ <b>2,25</b> (2)	13,0-20,8/ <b>18,08</b> (5)	0,11-97,13/ <b>20,32</b> (5)	36,8-84,1/ <b>60,7</b> (5)
IV (пз)	4,83	<b>60,6</b> (1)	<b>2,8</b> (1)	13,5-17,2/ <b>15,35</b> (2)	0,14-0,15/ <b>0,15</b> (2)	80,0-89,2/ <b>84,6</b> (2)
III (пфз)	3,43	58,0-89,7/ <b>74,0</b> (5)	1,9-3,2/ <b>2,56</b> (5)	9,4-19,3/ <b>14,33</b> (8)	0,05-1,44/ <b>0,30</b> (8)	55,2-87,3/ <b>72,8</b> (8)
II (пз)	4,89	47,7-141,8/ <b>91,0</b> (3)	1,9-3,4/ <b>2,4</b> (3)	<b>11,2</b> (1)	<b>2,91</b> (1)	<b>48,6</b> (1)
I (пз)	0,95	<b>113,7</b> (1)	<b>1,90</b> (1)	18,0-19,9/ <b>18,95</b> (2)	6,12-6,30/ <b>6,21</b> (2)	40,3-41,1/ <b>40,7</b> (2)
Итого регресс.	<b>15,96</b>	<b>87,2</b> (12)	<b>2,38</b> (12)	<b>15,58</b> (17)	<b>5,99</b> (18)	<b>61,5</b> (18)



Таблица 2

## Усредненные значения параметров для скв. 9778

№ пачки	Мощность, м	Медианный диаметр Md, мкм	Коэфф. сортировки $S_o$	Пористость, %	Проницаемость, мД	Водоудерживающая способность $K_{вс}$ , %
XVIII (пфз)	1,03	108,1-186,7/162,4 (6)	1,4-3,3/2,27 (6)	7,9-19,8/13,72 (6)	0,01-176,46/36,76 (6)	32,5-88,8/68,6 (6)
XVII (нз)	0,65	195,5-224,5/212,8 (4)	1,3-1,5/1,4 (4)	19,9-20,5/20,2 (2)	232,48-700,69/466,59 (2)	21,0-30,0/25,5 (2)
XVI (пфз)	0,37	87,7-138,4/113,1 (2)	1,6-1,7/1,65 (2)	17,2-19,5/18,35 (2)	6,81-80,5/43,66 (2)	26,5-41,3/33,9 (2)
XV (нз)	1,50	112,7-148,7/136,6 (6)	1,4-1,5/1,48 (6)	17,7-20,2/18,44 (9)	18,78-110,6/48,57 (9)	26,3-43,2/33,0 (8)
XIV (нз)	1,20	119,2-134,8/128,2 (3)	1,5-1,7/1,6 (3)	16,9-19,3/17,96 (8)	15,31-70,4/41,63 (8)	27,7-35,5/32,5 (7)
XIII (вз)	0,80	94,7 (1)	1,6 (1)	16,0 (1)	6,35 (1)	43,7 (1)
XII (вз)	4,10	132,5-155,5/158,3 (9)	1,4-1,5/1,47 (9)	16,9-22,1/19,04 (22)	12,5-274,0/73,18 (22)	19,2-40,7/29,4 (22)
XI (нз)	1,70	133,4-141,3/138,2 (3)	1,4-1,5/1,43 (3)	16,3-18,4/17,01 (8)	6,79-24,24/12,21 (8)	34,7-43,6/39,1 (8)
X (нз)	6,50	102,1-139,0/125,3 (13)	1,4-1,6/1,48 (13)	6,6-21,3/17,71 (29)	3,03-69,98/14,56 (29)	31,0-54,3/41,6 (29)
IX (пфз)	2,10	109,7-136,5/122,2 (5)	1,4-1,6/1,5 (5)	14,4-22,0/18,95 (13)	6,5-153,01/52,95 (13)	24,6-43,6/32,5 (11)
VIII (пфз)	2,71	122,8-140,7/133,4 (5)	1,4-1,5/1,44 (5)	18,3-19,5/18,9 (2)	20,77-32,23/26,50 (2)	32,6-35,4/34,0 (2)
Итого транс.	22,66	138,7 (57)	1,57 (57)	17,84 (102)	74,81 (102)	37,6 (98)
VII (пфз)	5,60	88,1-129,5/116,2 (9)	1,4-1,8/1,5 (9)	13,9-21,3/19,45 (23)	3,91-94,71/32,80 (23)	27,2-55,9/36,1 (20)
VI (пфз)	1,82	97,0-111,3/102,7 (3)	1,5-1,7/1,57 (3)	18,7-21,4/20,65 (6)	10,84-58,31/35,24 (6)	33,3-49,2/37,0 (6)
V (пфз)	0,40	110,2 (1)	1,5 (1)	21,2 (1)	51,31 (1)	34,0 (1)
IV (пфз)	1,85	107,9-121,8/114,6 (3)	1,5-1,5/1,5 (3)	19,3-20,5/20,01 (7)	12,12-41,55/22,00 (7)	33,4-40,6/32,0 (7)
III (пфз)	4,16	94,9-122,1/108,4 (7)	1,4-1,6/1,49 (7)	18,4-20,9/19,97 (12)	6,56-44,64/23,22 (12)	33,5-50,1/39,0 (11)
II (пфз)	6,84	51,8-96,0/79,2 (10)	1,6-2,9/1,92 (10)	10,1-20,2/16,59 (13)	0,08-69,14/12,20 (13)	29,1-86,6/53,3 (13)
I (пфз)	2,05	94,7-110,2/102,5 (2)	1,6-1,7/1,65 (2)	12,9-18,9/16,46 (5)	2,74-23,74/13,72 (5)	40,6-54,9/46,9 (5)
Итого регресс.	22,72	104,8 (35)	1,59 (35)	19,19 (67)	27,21 (67)	39,8 (63)

серия (мощностью 9,74 м) представлена 4 пачками осадков преимущественно ВЗ и НЗ, реже ПФЗ. Породы-коллекторы слагают невыдержанные по латерали вдольбереговые валы, бары и барьерные острова. Разброс значительный и усредненные показатели  $Md$ ,  $S_o$ , пористости, проницаемости и коэффициента водоудерживающей способности  $K_{вс}$  для каждой пачки и серий приведены в табл. 1, в скобках проставлено количество образцов.

Отмечаются резко повышенные усредненные значения всех параметров отложений трансгрессивной серии относительно регрессивной, что является следствием, в первую очередь, резкого различия фациальных обстановок их накопления.  $Md$  возрастает более чем в 2 раза,  $S_o$  уменьшается на 25 %, пористость увеличивается более чем на 30 %, проницаемость повышается на два порядка,  $K_{вс}$  уменьшается более чем в 2 раза. Снижение коллекторских свойств в верхней части разреза (пачка IX) объясняется интенсивными процессами биотурбации осадка.

Разрез скважины 9778 относится к типу «Д» (см. рис. 1). В строении пласта  $BC_{10}^2$  по керну выделяется 7 ритмично построенных пачек регрессивной серии (22,72 м), представленных фациями ПФЗ побережья (табл. 2). Породы-коллекторы слагают конусы выноса и вдольбереговые регрессивные валы. Выше залегающая трансгрессивная серия (22,66 м) представлена 11 пачками осадков вдольбереговых валов и баров ПФЗ, ВЗ и НЗ пляжа, в том числе и барьерных островов. Различия усредненных значений параметров не столь ярко выражены, как в предыдущем случае (см. табл. 1). Отложения трансгрессивной серии, при близких значениях  $S_o$  характеризуются слабым понижением пористости (17,84 % против 19,19 %) и  $K_{вс}$  (37,6 % против 39,8 %), и в то же время  $Md$  увеличивается на 30 %, а проницаемость – почти в 3 раза относительно осадков регрессивной серии. То есть и в этом случае устанавливается прямая зависимость проницаемости от  $Md$  отложений.

Меньшая контрастность значений параметров разных фаций в разрезе скважины 9778 вызвана близким пространственным положением обстановок осадконакопления. Сохранение же тенденции в изменении свойств обусловлено значительным усилением волновой гидродинамики в период завершения регрессии и начала трансгрессии.

### Библиографический список

1. **Карогодин Ю. Н., Казаненков В.А., и др.** Северное Приобье Западной Сибири: Геология и нефтегазоносность неокома. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. 252 с.
2. **Лисицын А. П.** Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 306 с.
3. **Обстановки осадконакопления и фации / Под редакцией Х. Рединга.** М.: Мир, 1990. 352 с.

4. Плавник Г. И., Судат Л. Г., Ясович Г. С. Особенности размещения ловушек в дельтовых отложениях (на примере неокома Западной Сибири) // Физико-литологические особенности и коллекторские свойства продуктивных пород глубоких горизонтов Западной Сибири. Тюмень: Изд. ЗапСибНИГНИ, 1988. С. 77-82.

УДК 552.5 (571.1)

**А. И. Сухарев**  
ООО «КогалымНИПИнефть»

## **МЕТАСОМАТИТЫ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА БОЛЬШЕХЕТСКОЙ МЕГАСИНЕКЛИЗЫ**

Большехетская мегасинеклиза находится на севере Западно-Сибирской плиты. Толщина осадочного чехла, сложенного терригенными отложениями, составляет 12–14 км. Самые древние отложения, вскрытые скважиной № 2099 на Хальмерпаютинской площади на глубине 4480,0 м, датируются батским–байосским ярусом средней юры. Особенностью строения осадочного чехла являются так называемые погребенные кольцевые депрессии (ПКД) и венчающие их инверсионные кольцевые структуры (ИКС) [2]. На фоне слоистой структуры временного разреза палеозой-триас-юрских отложений выделяются вертикальные зоны деструкции, представляющие собой локальные участки резкого падения волновых скоростей. На севере Западно-Сибирской плиты выявлено более десятка крупных структур подобного типа. Закономерностей в их распространении не выявлено. Природа данного «феномена» вызывает оживленные дискуссии, но остается бесспорным, что причина падения скоростей в изменении физико-механических свойств пород, слагающих разрез, в сторону их разуплотнения.

В разрезе структуры типа ПКД-ИКС имеют штокверкообразную форму (рис. 1, 2) диаметром до 10 км [1, 2, 3]. Локальность структуры, секций характер ее развития от пород фундамента до верхних горизонтов осадочного чехла трудно связать с седиментационными процессами. Наиболее вероятно, что ПКД образуются в результате развития глубинных тектоно-магматических процессов, приводящих к образованию зон разломов, по которым возможно проникновение газово-жидкостных флюидов, что в целом и приводит к разуплотнению пород осадочного чехла.

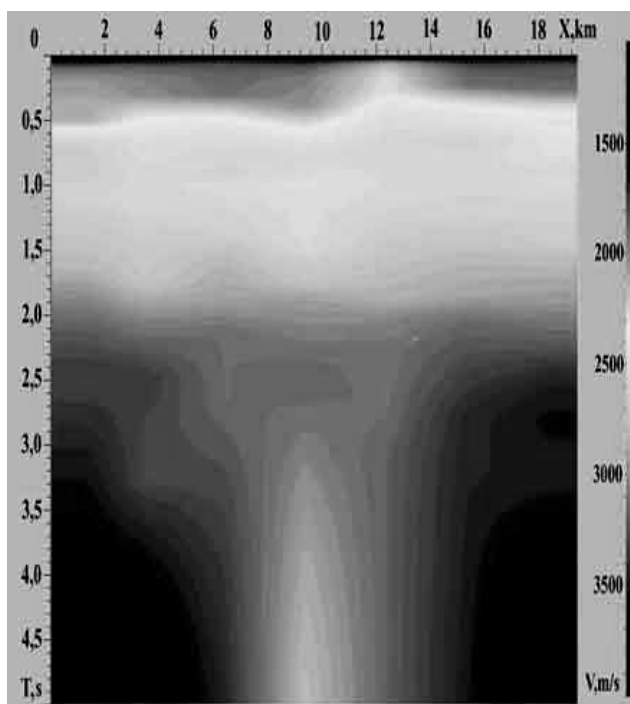


Рис. 1. Разрез скоростей суммирования.  
Ямбурская ИКС. Профиль 37

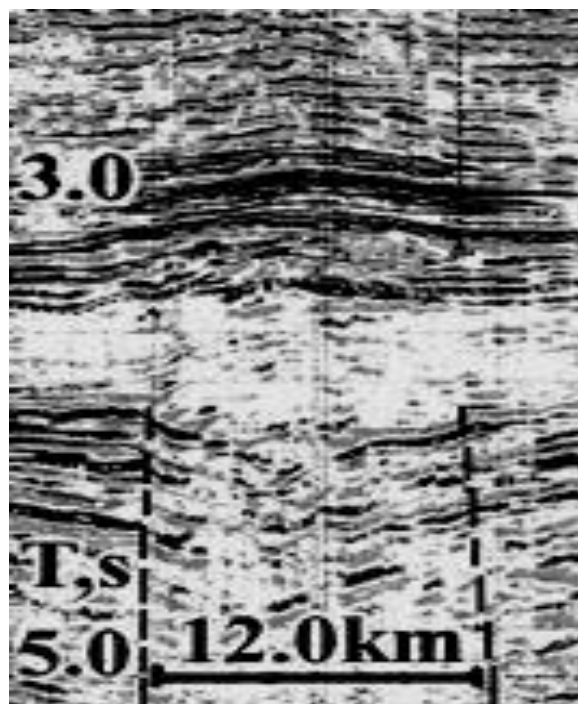


Рис. 2. Пякяхинская ИКС

В нижней части разреза скоростей суммирования на примере Ямбурской ИКС (см. рис. 1) видно, что ПКД развивалась по сформировавшимся отложениям, прошедшим определенную стадию литификации, из чего следует, что структура значительно моложе отложений, ее вмещающих. Этот факт свидетельствует о ее неседиментационной природе.

Результаты бурения второго ствола скважины 2020 в контуре Пякяхинской ИКС возможно позволят приблизить решение вопроса о природе структур типа ПКД-ИКС Большехетской мегасинеклизы. На глубине 2,5-3,5 км были вскрыты зоны интенсивного метасоматоза с полной ликвидацией первичных признаков седиментационной природы отложений осадочного чехла. Следует отметить, что в отложениях, вскрытых первым стволом, несмотря на развитие процессов низкотемпературной пропилитизации, сохранились структурно-текстурные признаки их осадочной природы. Расстояние между стволами скважины составляет не более 150 м. Вероятно, скважина вторым стволом вскрыла субвертикальные зоны гидротермальной проработки, развивающиеся по разломам. Тектоническая активность имела место и по завершении активной фазы гидротермального процесса, что зафиксировано в виде расщепления метасоматитов.

Наиболее интенсивно процессам метасоматоза были подвержены пласты БУ от 6-го до 16-го. По результатам исследования шлама из второго ствола выделены зоны развития глинистых аргиллизитов, представленные неразбухающими и разбухающими глинистыми минералами. Следует отметить, что неразбухающие аргиллизиты доминируют над разбухающими в верхних частях вскрытого скважиной разреза. Подобная зональность

уже отмечалась на о. Кунашир, где установлена инверсия в распределении глинистых минералов по разрезу, т. е. выше могут находиться менее разбухающие по сравнению с нижележащими [5]. Между зонами интенсивного метасоматоза выделяются интервалы, где породы чехла сохранили свои первичные структурно-текстурные признаки терригенно-осадочных отложений.

По результатам литолого-петрографических исследований песчаников, вскрытых в первом стволе скважины из отложений пластов БУ<sub>5</sub>, БУ<sub>6</sub> и БУ<sub>16</sub>, метасоматиты классифицируются как низкотемпературные пропилиты. Выделение эпидота в песчаниках пласта БУ<sub>16</sub> позволяет выделять локальные зоны развития среднетемпературных пропилитов. Основными вторичными минералами являются минералы из групп цеолитов (ломонтит), каолинита, монтмориллонита, хлоритов. Отдельную парагенетическую ассоциацию образуют карбонаты (кальцит, сидерит, анкерит). Между цеолитовой и карбонатной ассоциациями существует переходный ряд через цеолит-карбонатную и карбонатно-цеолитовую ассоциации. Отмечается полная перекристаллизация осадочного цемента и образование вторичных минеральных ассоциаций в виде микродрузовых образований на стенках пор вплоть до полной их ликвидации.

На снимках (рис. 3) выделяются новообразованные минеральные агрегаты, имеющие четкие кристаллографические формы.

Возникающие при этом парагенетические ассоциации минералов могут выступать как индикаторы проницаемых, так и непроницаемых зон. Цеолитовые пропилиты фиксируют зоны повышенной проницаемости (рис. 4). Карбонаты – застойные зоны и вторичные флюидоупоры. При низкотемпературной пропилитизации ломонтит является минералом-индикатором коллекторов, а кальцит – флюидоупоров или участков слабой гидродинамической активности растворов. Это было доказано на примере действующих гидротермальных систем Камчатки (Коробов и др., 1993) и подтверждается результатами петрофизических исследований ядра скважины. На последнем этапе развивается щелочной метасоматоз, что фиксируется выщелачиванием цеолитов и развитием серицита. Проявление наложенного щелочного метасоматоза с активным привнесением К<sub>2</sub>О отмечалось и на СГ6. Метасоматическая аргиллизация также выражена повышенными значениями <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr (0,70714-0,71781). Радиоогенный стронций имеет коровый источник, что свидетельствует о глубинной природе гидротермальных растворов.

Большехетская мегасинеклиза находится на северном продолжении Колтогорско-Уренгойского рифта. Результаты бурения Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6, пробуренной в его контуре в районе пос. Уренгой, подтверждают широкое развитие процессов метасоматоза на рубеже туронского яруса верхнего мела. Возраст развития метасоматических процессов определялся методом Rb-Sr изохронного датирования и составил 90-91 млн лет [6]. Метасоматиты были вскрыты на глубине 7,2 -6,5 км и

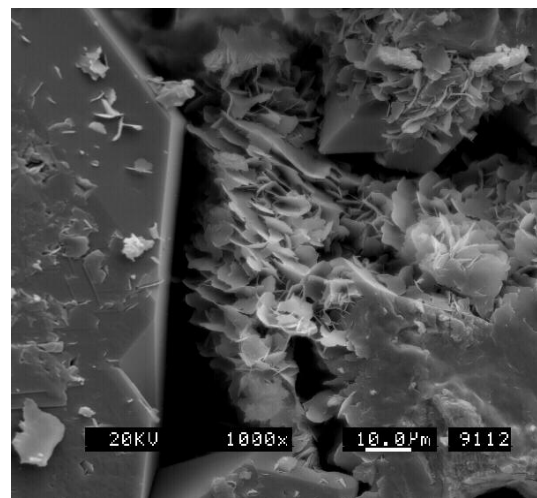
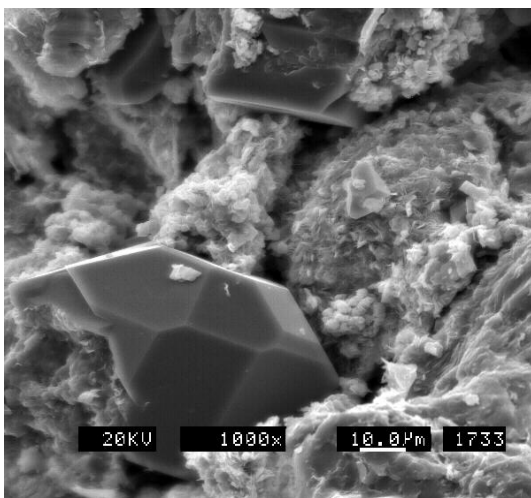
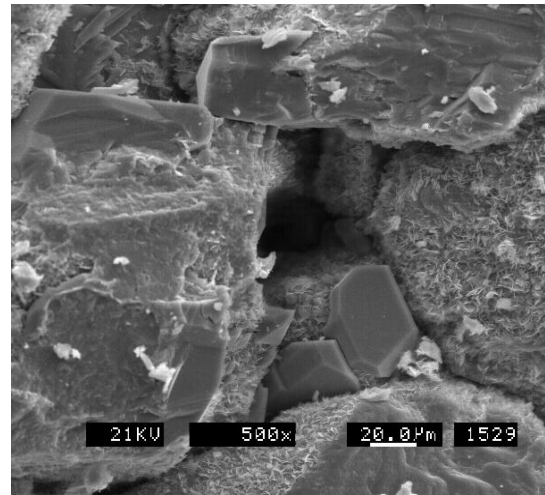
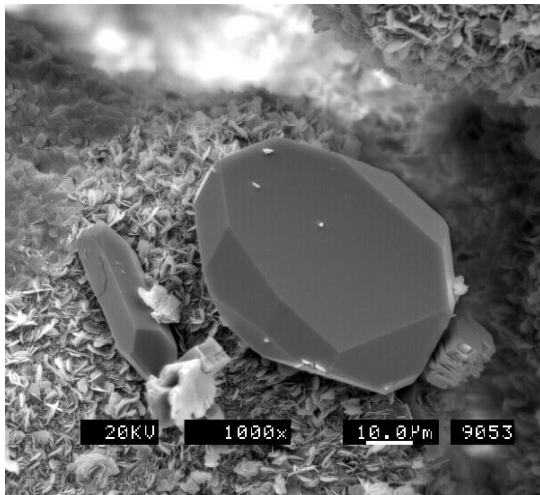


Рис. 3. Микродрузовые образования на стенках пор песчаников, Пякяхинское месторождение

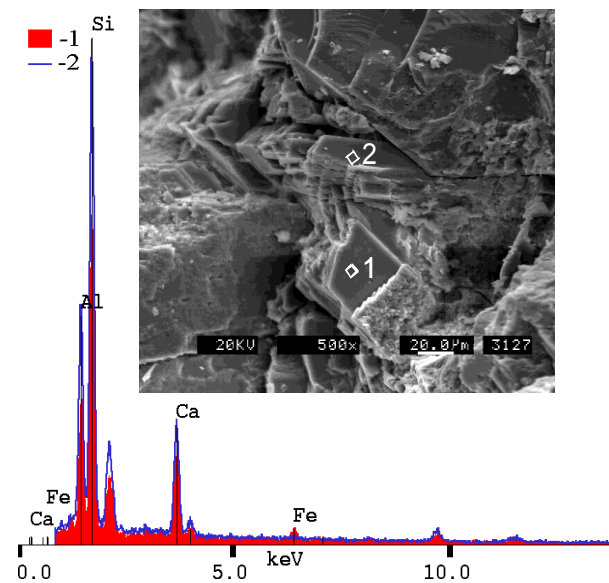
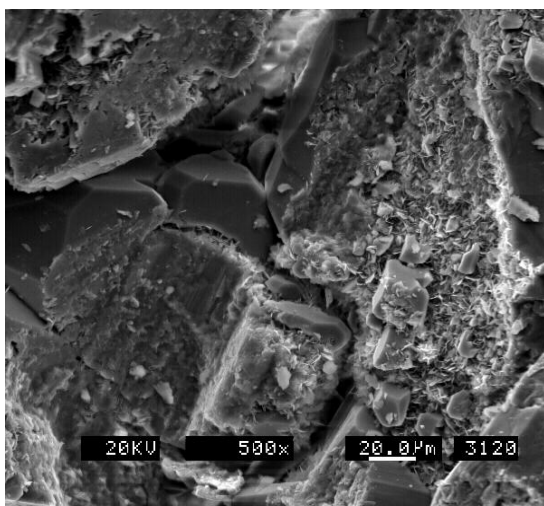


Рис. 4. Цеолитизированные песчаники, скв. 34р Южно-Мессояхского месторождения

развивались по триасовым базальтам. В результате воздействия процессов метасоматоза отмечалось увеличение пористости, уменьшение объемной плотности и скорости продольных и упругих волн. На Пякяхинском месторождении зоны метасоматоза были вскрыты в отложениях аптальбского яруса нижнего мела, что позволяет рассматривать развитие метасоматических процессов как следствие единого этапа глубинной тектоно-магматической позднеальпийской активизации. Результаты исследования шлама по другим скважинам, в частности, на Северо-Мантойской, Западно-Хальмерпаютинской, Хальмерпаютинской, Западно-Вадинской и Южно-Мессояхской площадях, указывают на широкое распространение процессов метасоматоза. Вторичные изменения фиксируются аномально низкими значениями скоростей, что было подтверждено в процессе исследования керна СГ6, где скорость прохождения волны изменялась от 5,3-5,7 км/с в относительно слабо измененных разностях до 2,4-3,6 км/с в нацело измененных базальтах [6]. Зоны падения скоростей отображаются на временных разрезах в виде структур типа ПКД-ИКС.

Связь между гидротермально-метасоматическими процессами и образованием структур типа ПКД-ИКС дает основание считать, что термин «погребенная» кольцевая депрессия в данном случае не корректен, поскольку эта структура наложена на уже сформировавшийся осадочный чехол, в частности, Большехетской мегасинеклизы.

### Библиографический список

1. **Гиршгорн Л. Ш. и др.** Внутричехольные структурные ловушки – спутники Ямбургского месторождения // Геология нефти и газа. 1987. № 2. С. 36-40.
2. **Гиршгорн Л. Ш.** Дисгармоничные поднятия в осадочном чехле севера Западной Сибирской плиты // Советская геология. 1987. № 4. С. 63-71.
3. **Гиршгорн Л. Ш. и др.** Поднятия чехла над глубинными кольцевыми депрессиями на севере Западной Сибири // Советская геология. 1990. № 1. С. 57-63.
4. **Деев Е. В. Зиновьев С. В.** Морфотектоника кровли нижнего структурного яруса чехла Западно-Сибирской плиты в Надым-Тазовском междуречье // Геология нефти и газа. 1999. № 7-8. С. 2-9.
5. **Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н.** Условия образования и эволюция цеолитов в осадочном чехле земной коры // Геология и разведка. 2004. № 4. С. 19-24.
6. **Кременецкий А. А., Алексеева А. К.** Глубинное строение и перспективы нефтегазоносности севера Западно-Сибирской платформы по данным Тюменской сверхглубокой скважины СГ6 / Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. Москва, [krem@imgre.iitr.ru](mailto:krem@imgre.iitr.ru).

**В. А. Серков, В. П. Алексеев, Т. М. Кузьмина, В. А. Пироженко**  
Уральский государственный горный университет

## **НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Основной целью любых геолого-геофизических исследований является получение новых (ранее неизвестных) знаний о природе, происхождении и структуре изучаемых геологических объектов. Решение этих задач реализуется на основе анализа и интерпретации результатов лабораторных и полевых наблюдений признаков объекта, которые могут быть задокументированы (зафиксированы на носителях информации).

В общем виде процесс решения любой задачи может быть представлен в виде абстрактного выражения.

$$Y = F(X), \quad (1)$$

где  $X$  – вектор исходных данных, компонентами которого являются результаты наблюдений;

$Y$  – вектор, компонентами которого являются ранее неизвестные параметры объекта (решение задачи);

$F$  – целевая функция, которая определяет зависимость результата решения от конкретных значений исходных данных.

Если целевая функция  $F$  может быть представлена в аналитическом виде, то решение задачи не представляет особых трудностей (реализуется детерминированный подход). В некоторых случаях неизвестную целевую функцию заменяют (аппроксимируют) более простым математическим выражением на основе корреляционных связей между исходными данными и результатами решения (корреляционно-регрессионный анализ). Но в большинстве случаев вид и характер целевой функции неизвестен или достаточно сложен для реализации (такие задачи называют неформализуемыми). В решении неформализуемых задач преобладают эвристические приемы, основанные на уровне квалификации, интуиции и опыте специалистов, выполняющих эту работу. По этой причине в геолого-геофизической среде чаще используется термин «искусство интерпретации», нежели термин «технология интерпретации», как совокупность методов и приемов преобразования исходных данных в результаты решения геологических задач. Переход от «искусства» к «технологии» интерпретации, по мнению авторов, лежит в плоскости использования нейронных сетей, которые хорошо зарекомендовали себя при решении подобных задач в других областях человеческой деятельности [5]. Эти системы наиболее эффективны для решения задач распознавания образов, поэтому использование их для решения задач интерпретации геолого-геофизических данных представляется весьма пер-



спективным, о чем, например, свидетельствует работа [3]. В концептуальном плане, с позиций получения и обработки геолого-геофизической информации, перечисленное можно представить следующим образом [2].

**Классическая парадигма: Субъект ↔ Средства ↔ (Объект).** В фокусе рассмотрения – объект. В нефтегазовой литологии и геофизике это, как правило, гранулометрический (даже не литологический!) тип породы, устанавливаемый по одному или нескольким методам геофизических исследований скважин (ГИС).

**Неклассическая парадигма: Субъект ↔ (Средства ↔ Объект).** В новом, «объективируемом» смысле, не вещь наблюдается сама по себе, но «вещь + контекст = новая вещь» [2]. Здесь заложены основы сравнительно-литологических (читай: генетических) исследований, в геологии напрямую не проверяемых, ввиду необратимости эволюции и специфически бесконечного «геологического» времени.

**Постнеклассическая парадигма: (Субъект ↔ Средства ↔ Объект).** Именно этот подход позволяет вести диалог с природой, «замкнуть информационную ... петлю через сознание субъекта в реальном времени» [2, с. 46]. Тут полностью востребованы синергетические идеи, а инструментом, средством познания как раз и выступают нейронные сети.

Авторы данной работы исследовали возможность использования нейронных сетей для решения задачи фациального анализа на основе изучения керн скважин и их геофизических исследований (ГИС). Хотя методика решения таких задач известна и достаточно подробно описана [1], результаты решения и их достоверность во многом определяются опытом и интуицией исполнителя работ («неклассика»: см. выше).

В качестве исходных данных использовались результаты исследований угольных и нефтяных месторождений. Частично результаты опубликованы в работе [4], в данной статье более подробно рассматриваются вопросы технологии реализации нейросетевого анализа данных.

Основные принципы решения задачи распознавания рассмотрим на примере однослойной сети (рис. 1). Сеть состоит из  $m$  нейронов, каждый из которых связан с  $n$  входами через весовые коэффициенты  $w_{i,j}$  [5]. Каждый нейрон представляет собой суммирующий элемент ( $S$ ) и активационную функцию ( $A$ ). Количество входов зависит от объема информации, на основе которой производится решение задачи, а количество нейронов равно количеству возможных вариантов решения.

Функционирование элементов однослойной сети определяется следующими формулами:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_{i,j} x_i; \quad (2)$$
$$j = 1, 2, 3, \dots, m,$$

где  $x_i$  – компоненты вектора исходных данных ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ).

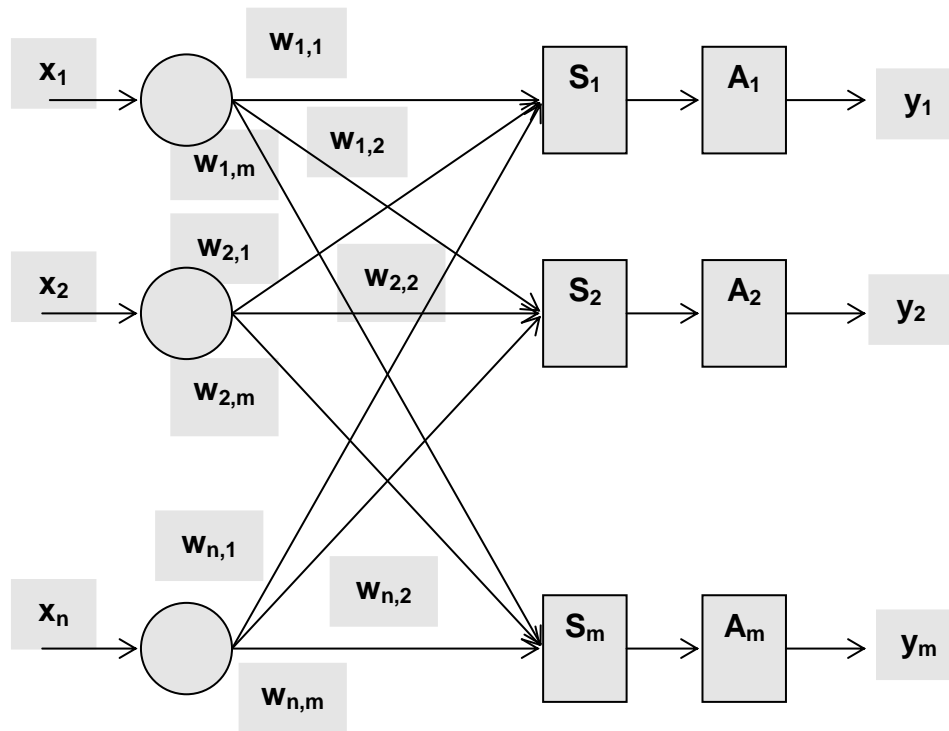


Рис.1. Схема однослойной нейронной сети

Активационная функция определяет значение соответствующего выхода сети на основе порогового значения  $T$ .

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{если } S_j > T, \\ 0 & \text{если } S_j \leq T. \end{cases} \quad (3)$$

Весовые коэффициенты подбираются таким образом, что при подаче на вход сети некоторого набора значений  $x_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) только на одном выходе значение  $y_j$  будет равно единице, а на остальных будут присутствовать нулевые значения. Таким образом, сеть определяет - какой из  $m$  вариантов решений более соответствует исходному набору параметров  $x$ . При этом для одного и того же варианта решения исходные данные могут иметь некоторые различия.

На первой стадии реализации нейросетевой технологии осуществляется обучение сети, в процессе которого ей предъявляются наборы исходных данных с известными вариантами решения. Производится настройка параметров (весовых коэффициентов и пороговых значений) таким образом, чтобы при определенных значениях исходных данных сеть выдавала нужный ответ (вариант решения). Исходные данные должны быть представлены в виде либо бинарных векторов ( $x_i$  принимают значения 0 или 1), либо биполярных векторов ( $x_i$  принимают значения -1 или +1). Каждому вектору исходных данных соответствует вектор значений  $y_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), в котором только одно значение  $y$  равно 1, а остальные равны нулю. Результатом «обучения» сети является матрица весовых коэффициентов.

$$W = \begin{pmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,m} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_{n,1} & w_{n,2} & \dots & w_{n,m} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

На второй стадии производится распознавание объектов. При этом значения весовых коэффициентов матрицы  $W$  используются для выбора вариантов решения на предъявляемые наборы исходных данных, для которых эти решения априорно неизвестны.

Надежность распознавания при использовании нейросетевых технологий полностью зависит от качества проведения работ на первой стадии, которая включает в себя 5 этапов:

- определение объекта и задачи распознавания;
- разработка модели представления исходных данных и результатов распознавания;
- формирование обучающей выборки (данных для обучения сети);
- обучение сети;
- контроль качества «обучения» сети.

Для нейросетевого анализа задача распознавания должна быть конкретизирована на формальном уровне. Прежде всего, это касается определения объекта распознавания (точка, интервал, участок площади, геологический объект). Например, для решения задачи фациального анализа в качестве объекта распознавания целесообразно использовать однородный в геологическом плане слой [1]. Формализация самой задачи распознавания заключается в определении классов, к которым могут принадлежать распознаваемые объекты. Классы представляют собой группы одинаковых, в контексте поставленной задачи, объектов. Количество классов соответствует количеству вариантов решения задачи. При фациальном анализе класс – это группа слоев, принадлежащих к одной фации. Количество возможных фаций равняется количеству классов.

При разработке модели представления исходных данных необходимо определить, какие виды геологической и геофизической информации являются необходимыми и достаточными для решения поставленной задачи распознавания. Безусловно, нейросетевые технологии должны использовать те виды информации, на основании которых выполняется решение специалистом - экспертом. Определив набор исходных данных, необходимо разработать способы формализации данных для представления в сети. Как уже указывалось выше, большинство сетей оперирует с данными, представленными в двоичной форме. Применительно к геологическим данным, которые в большинстве случаев представлены номинальными переменными, формализацию данных рекомендуется выполнять следующим образом.

Каждый геологический признак характеризуется двоичным числом, количество разрядов которого соответствует количеству состояний (значе-

ний) этого признака. Таким образом, код признака будет представлять собой двоичный код, в котором только один разряд равен единице, а остальные имеют нулевые значения. При определении назначения разрядов двоичного кода следует руководствоваться правилом: соседние разряды кода должны соответствовать близким в геологическом отношении объектам. Последнее обстоятельство важно для обеспечения устойчивости сети. На рис. 2 приведен пример формализации геологических данных по осадочному комплексу пород, распределенных по пяти признакам (гранулометрический состав, сортированность, текстура, вид растительных остатков, количество растительных остатков). Геологические данные будут присутствовать в такой сети в виде двоичного кода размером 33 разряда.

Геофизическая информация по скважинам, в отличие от геологических данных, представлена в числовой форме (в виде диаграмм каротажа или дискретных значений физических параметров при цифровой регистрации). Эти данные имеют различный диапазон изменения и различные единицы измерений. Для решения задачи формализации геофизических данных авторами использовалась процедура нормализации результатов каротажа. Исходные данные (результаты скважинных измерений) подвергались преобразованию:

$$z_i = \frac{\gamma_i - \gamma_{\text{ср}}}{S}, \quad (5),$$

где  $\gamma_i$  – измеренные по скважине значения физического параметра;

$\gamma_{\text{ср}}$  – среднее значение параметра по всей скважине;

$S$  – среднеквадратическое отклонение значений параметра от среднего.

Нетрудно видеть, что после такой трансформации данные ГИС становятся безразмерными, что дает возможность сопоставлять результаты разных методов каротажа. Дисперсия величины  $z_i$  и величина среднеквадратического отклонения равны единице. При использовании в качестве распознаваемых объектов слоев, выделенных в разрезе скважины, необходимо для каждого слоя определить эффективное значение параметра  $z$  по каждому методу ГИС ( $p_k$ , где  $k$  – номер слоя). Завершает процедуру формализации геофизических данных определение диапазона, к которому принадлежит значение параметра  $p_k$  для каждого слоя (см. рис. 2). Таким образом, результаты каждого метода ГИС представляют собой восьмиразрядный двоичный код.

Результаты распознавания представляют собой двоичный код, в котором единственный единичный разряд определяет вариант решения задачи. При формализации результатов решения определяется соответствие между номером разряда и содержанием решения задачи. На рис. 2 приведен пример формального описания исходных данных и результатов решения задачи фациального анализа.

Наиболее ответственным этапом является формирование обучающей выборки на основе решения задачи распознавания, выполненной экспертом.

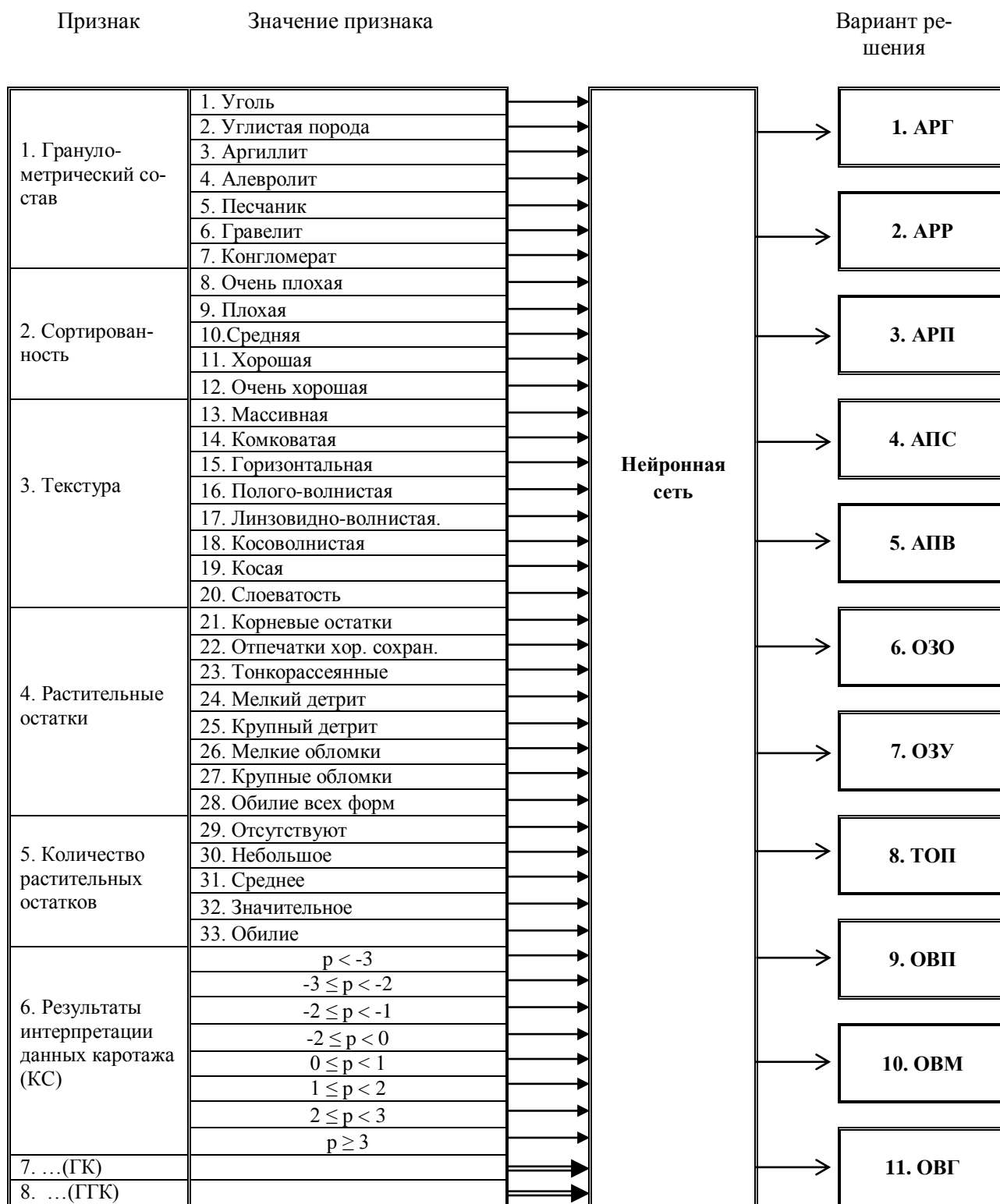


Рис. 2. Решение задачи выделения фаций:

варианты решения - в виде трехбуквенных аббревиатур, обозначающих (последовательно):

- первая буква – группа отложений: А – аллювиальная, О – озерная, Т – болотная (торфяная);
- вторая буква – макрофация: Р – русловая, П – пойменная, З – застойных, В – волновых (открытых) озерных водоемов;
- третья буква – «ключевое» слово в названии фации. Например, Г – горных рек, Р – равнинных рек, и т. д.

По результатам распознавания для каждого типа объекта (варианта решения задачи) строятся две матрицы:

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,l} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,l} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,l} \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Матрица  $X$  характеризует группу объектов, принадлежащих к одному классу образов. Столбцы матрицы содержат параметры объектов, относящихся к одному классу образов. Матрица  $Y$  представляет собой вектор, соответствующий двоичному коду класса, к которому принадлежат объекты матрицы  $X$ . Такие пары матриц называют эталонами, их количество должно соответствовать количеству классов.

Немаловажное значение имеет количество эталонных объектов в пределах одного класса (количество столбцов матрицы  $X$ ). При решении задачи распознавания нейронными сетями оптимальным является наличие идеального образа эталонного объекта (например, при распознавании символов можно построить идеальные образы каждого символа). В этом случае можно ограничиться наличием одного эталона для каждого класса. При распознавании природных геологических объектов построение идеального образа весьма проблематично. Границы значений исходных признаков могут быть достаточно широкими [1]. По этой причине необходимо иметь несколько наиболее характерных для данного класса эталонов. При формировании матрицы эталонов следует отбраковывать объекты с аномальными отклонениями значений признаков и объекты, принадлежность которых к определенному классу вызывает у эксперта сомнения. Оптимальное количество эталонов в матрице  $X$  составляет 5-10.

Как уже отмечалось выше, обучение сети производится путем предъявления сети исходных данных с заведомо известным решением, для чего используются матрицы эталонов (6). В процессе обучения производится определение параметров сети (весовых коэффициентов, пороговых значений и т. п.). Алгоритм обучения определяется топологией сети (однослойная, многослойная, сеть с обратными связями). Рекомендуется использовать несколько типов сетей для выбора оптимального варианта. Авторы использовали однослойную сеть, сеть Хопфилда, сеть Кохонена и сеть Хемминга, алгоритмы обучения этих сетей описаны в литературе [5]. Реализация алгоритмов выполнена с помощью авторского программного обеспечения.

Заключительным этапом подготовки сети к работе является оценка качества распознавания. Эта задача решается путем предъявления обученной сети образов с известным классом, но которые не вошли в состав эталонов на этапе обучения. На основе сопоставления результатов распознавания и контрольных данных производится определение надежности сети как доли правильно найденных решений в общем объеме предъявленных образов.

Авторами выполнено решение задачи фациального анализа для двух районов: Канско-Ачинского бурогольного бассейна (Абанское месторождение) и Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). На этих территориях выбраны по две скважины, по которым выполнено решение задачи традиционными методами. Затем одна из скважин каждого района была использована для формирования обучающих матриц, а данные по второй скважине использовались для оценки надежности решения задачи. Обобщенные результаты контроля (процент правильно распознанных объектов по разрезам контрольных скважин) приведены в таблице.

Вид информации, использованный для обучения и распознавания	Тип нейронной сети			
	однослойная	Хопфилда	Хемминга	Кохонена
Только результаты изучения образцов керна	80	80	85	85
Результаты изучения образцов керна + результаты ГИС	90	90	95	92

Результаты контроля показывают, что наиболее эффективно задача решается с помощью сети Хэмминга. Повышение качества распознавания с привлечением геофизической информации объясняется ограничением информационной емкости сети. При использовании только геологических данных размер входного вектора составляет 33. При предельном отношении ( $m < 0,2n$ ) [5] сеть уверенно распознает толь 6 классов объектов. Увеличение размерности входного вектора за счет привлечения геофизических данных увеличивает информационную емкость почти в два раза.

### Выводы

- Результаты исследования возможности нейронных сетей для решения задач фациального анализа показывают достаточно высокий процент правильного распознавания типа фаций по геолого-геофизическим признакам.
- Основой для успешного использования нейросетевых технологий является наличие эталонных объектов, полученных в результате решения задачи квалифицированным специалистом-экспертом. Чем выше качество экспертных решений, тем надежнее работа сети.
- Параметры нейронной сети, полученные для конкретной геологической ситуации, имеют локальный характер и могут быть успешно использованы для близкой палеогеографической обстановки.
- Качество распознавания находится в прямой зависимости от объема используемых данных, размер вектора исходных данных должен как минимум в 5 раз превосходить количество вариантов решения задачи.

## Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология». Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 147 с.
2. **Буданов В. Г.** Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 232 с.
3. **Гафуров Д. О., Ефимов А. С., Конторович А. А., Красильникова Н. Б., Пономаренко З. Ф., Гафуров О. М.** Литологическое расчленение разреза и построение литолого-фациальной модели месторождения на основе комплексирования данных ГИС и сейсморазведки обучаемыми нейронными сетями // Материалы 7-го Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 306-308.
4. **Серков В. А., Трубина Н. С., Алексеев В. П.** Использование нейронных сетей для фациального анализа результатов геолого-геофизических исследований скважин // Доклады VIII международной конференции "Новые идеи в науках о Земле". М., 2007. С. 243-246.
5. **Ясницкий Л. Н.** Введение в искусственный интеллект: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 176 с.



## **Раздел III. ОСАДОЧНЫЕ БАССЕЙНЫ И ГОРЮЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ (от локализации до утилизации)**

УДК 662.276.04

**Н. П. Запивалов**

Институт нефтегазовой геологии геофизики СО РАН,  
Новосибирский гос. университет

### **МОРСКАЯ НЕФТЬ – НОВАЯ ВЕХА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

#### **1. История и тенденции изучения перспективных морских акваторий**

Месторождения, разрабатываемые в море, стали в наши дни важнейшей частью нефтегазового комплекса мира. К настоящему времени в мире известно более 1 000 морских месторождений нефти и газа. Интенсивная добыча нефти и газа ведется в акваториях 35 стран, примерно на 700 морских месторождениях, 160 из них находятся в Северном море, 150 – на шельфе Западной Африки, 115 – в Юго-Восточной Азии. Объемы добываемой морской нефти составляют 40 % всей мировой добычи, а газа – 30 %. С акваторией Мирового океана связаны основные перспективы дальнейшего развития добычи углеводородов и других полезных ископаемых.

Именно на акваториях в последние десятилетия отмечается наибольший прирост запасов и открываются крупные и уникальные месторождения (шельфы Бразилии, Анголы, Нигерии, Вьетнама, Индии и других стран, в России – шельфы морей Баренцева, Карского, о-в Сахалин). При этом важнейшей мировой тенденцией последних лет является смещение поисковых работ и добычи нефти в глубоководные области морей и океанов на континентальный склон. В Бразилии около 70 % общей добычи нефти обеспечивается глубоководными (400-2000 м) морскими месторождениями Марлин, Ронкадор и другими с суммарными запасами более 1 млрд т. Объектами поисковых работ становятся районы с глубинами моря до 3000 м. За счет высоких дебитов и качества нефти себестоимость добычи на глубоководных месторождениях составляет около 6-8 дол. / баррель.

Общие потенциальные ресурсы нефти и газа в Мировом океане оцениваются в 1,8-2,1 трлн т условного топлива, что намного превышает разведанные запасы углеводородного сырья на суше.

Напомним, что впервые добыча морской нефти началась в России около 180 лет назад, когда в 20-30 м от берега, в Бакинской бухте, использовались специально вырытые колодцы. В 20-х гг. XX в. также впервые в мире морская добыча нефти в России велась в Биби-Эйбатской бухте Кас-

пийского моря с использованием намывных оснований и специальных сооружений – эстакад, отстоящих далеко от берега.

В настоящее время исследования и инженерные работы интенсивно ведутся в разных странах и регионах. Освоение глубоководных месторождений обуславливает изменения в технике и технологии бурения и нефтепромысловых работ.

Особо следует отметить морские успехи Индии. Как известно, нефтегазовая промышленность в этой стране получила развитие при непосредственном участии Советского Союза только после завоевания независимости в 1947 г.

В 1955 г. началось активное советско-индийское сотрудничество по нефти и газу, по своей результативности не имеющее аналогов в международной практике. Большая нефть в Индии была найдена благодаря бескорыстной помощи Советского Союза, которая охватывала весь спектр проблем: финансовых, технических и кадровых. В кратчайшие сроки Индия была поставлена на нефтяную карту мира. Это было сделано вопреки заключениям и мнениям авторитетных иностранных экспертов, которые отвергали возможность открытия большой нефти в Индии [4].

Особое место в этом сотрудничестве занимали морские геофизические работы в Аравийском море западнее г. Бомбея. В 1956-1957 гг. на специально оборудованном судне «Академик Архангельский» (рис. 1) в сложных морских условиях были проведены сейсмические работы, которые позволили выявить и подготовить под глубокое бурение гигантскую структуру, которую советские специалисты называли «Бомбей-Хай».

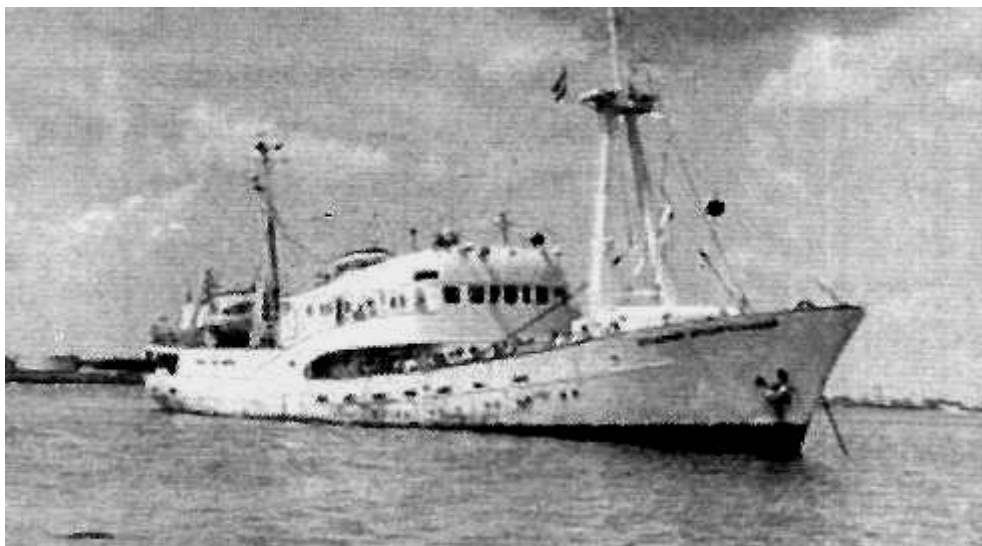


Рис. 1. Судно «Академик Архангельский»

Это было первое крупное месторождение на шельфе Индии. В последующие годы в этом районе были открыты несколько десятков месторождений, которые обеспечивают основной объем добычи нефти и газа в

Индии. Так, в 2005 г. из 27 млн т индийской нефти в море было добыто 18 млн т. Примерно такое же соотношение и по газу. Масштабы и объемы морских работ весьма впечатляющие: более 150 буровых и промысловых платформ, 50 судов разного назначения, протяженность морской трубопроводной сети составляет 3500 км.

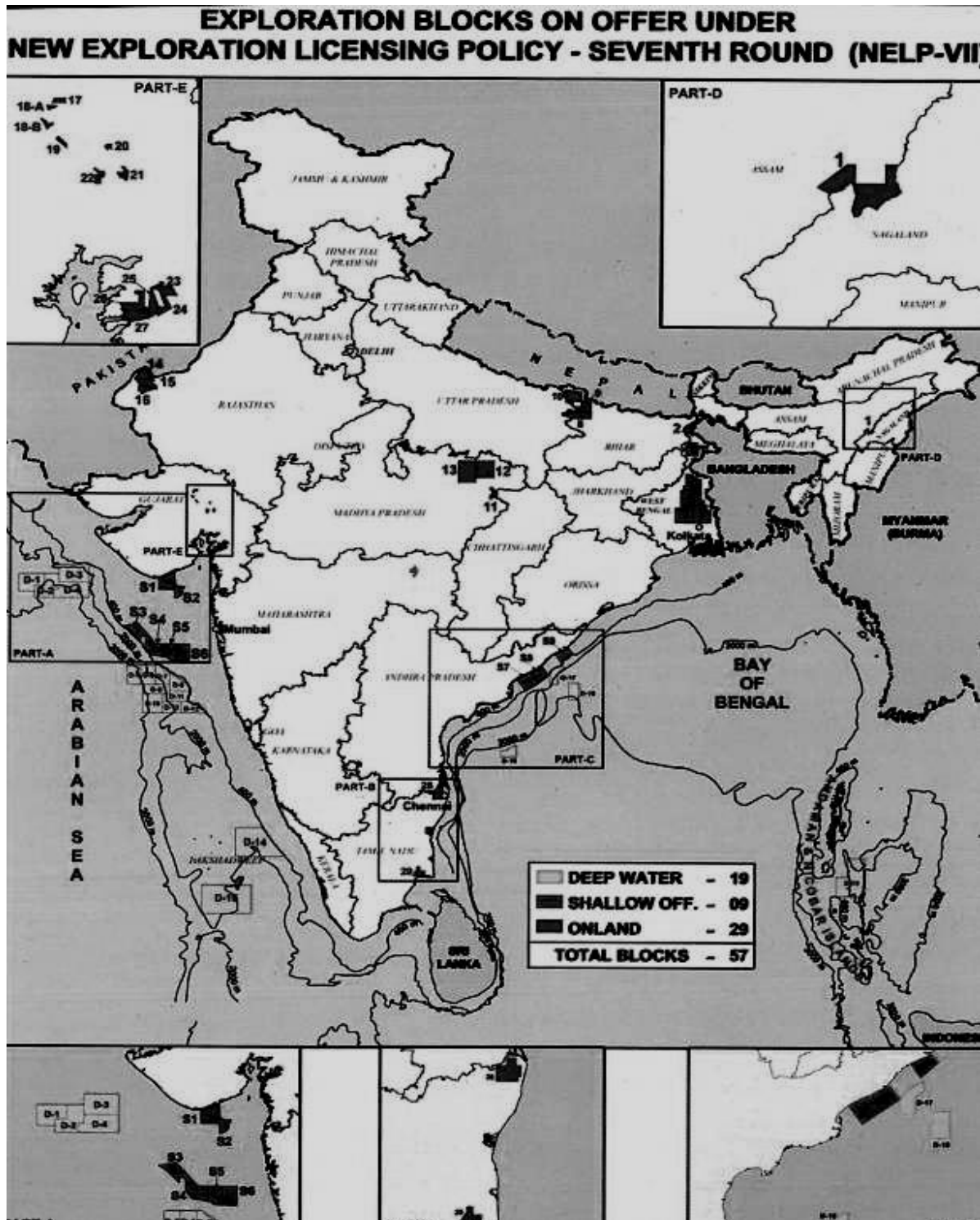


Рис. 2. Разведочные лицензионные блоки в Индии, раунд-2008

В 2003 году Индия объявила о начале долгосрочной программы по разведке и освоению глубоководных перспективных объектов в акваториях Аравийского моря и Бенгальского залива. Программа предусматривает масштабные инвестиции в проведение глубоководного бурения. В ближайшие пять лет в нее планируется вложить 10 млрд долларов. Предполагается увеличить разведанную ресурсную базу углеводородного сырья на 4 млрд т.

В соответствии с Новой разведочной лицензионной политикой (NELP), осуществляемой в Индии с 1993 года, практически каждые два года проводится очередной лицензионный раунд. Показательным является седьмой по счету раунд, проводимый в 2008 г. Предлагается 57 перспективных лицензионных участков (объектов) по всей Индии, из них 28 на море и 29 на суше, причем из морских – 19 глубоководных (рис. 2).

Как правило, в этих лицензионных торгах реализуется более 80 % предлагаемых участков (блоков). В последние годы разведочный успех сопутствует недропользователям именно на морских объектах.

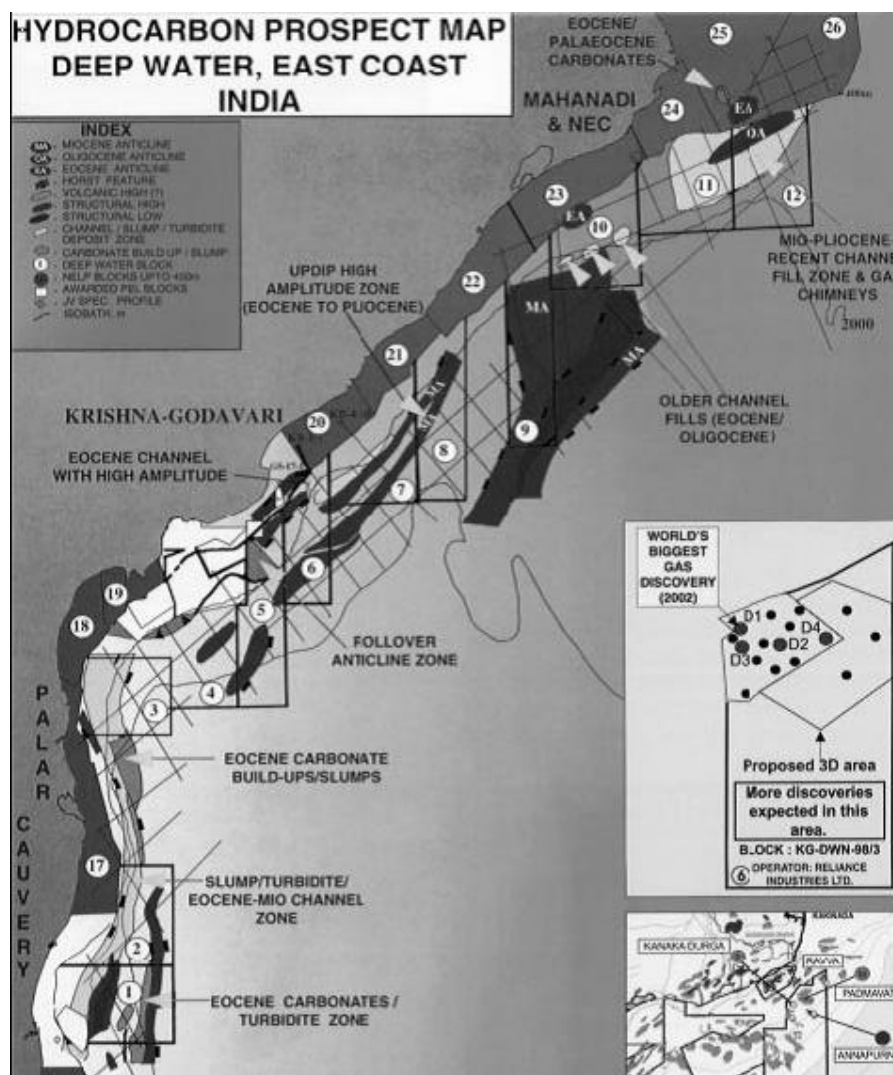


Рис. 3. Глубоководные перспективные объекты на восточном побережье Индии (Бенгальский залив)

Впечатляющие открытия были сделаны в прибрежных районах Кришна Годавари, где на одном из глубоководных блоков (Дирубаи-1) в 2002 г. были получены мощные притоки газа с предварительной оценкой запасов в объеме более 4,0 млрд м<sup>3</sup>. В последние годы в этом районе Бенгальского залива появились новые открытия. Поэтому возрос интерес к морским глубоководным участкам всех морских акваторий вокруг Индии (рис. 3).

## 2. География освоения нефтегазоносных шельфов

Известно, что основная часть мировых морских запасов углеводородов сосредоточена на Ближнем и Среднем Востоке в гигантских месторождениях Персидского залива (66 % нефти и 64,7 % газа). На втором месте – Латинская Америка, где запасы содержатся в акваториальных месторождениях Бразилии, Мексики и Венесуэлы. Далее следуют Африка (преимущественно Гвинейский залив), Южная и Юго-Восточная Азия и Западная Европа (Северное и Норвежское моря).

По запасам газа после Ближне-Средневозосточного региона, благодаря открытиям крупных газовых месторождений в Южно-Китайском море, следует Южная и Юго-Восточная Азия. В находящейся на третьем месте Западной Европе основные запасы газа связаны с месторождениями Северного моря. В Африке они приурочены к Гвинейскому заливу и Средиземному морю. В результате открытия газовых месторождений к северу и северо-западу от побережья Австралии резко возросли запасы газа этого региона.

География морской добычи несколько иная. По нефти на первое место вышел западноевропейский регион (26 %), на второе – Латинская Америка (21 %), на третье – Ближний и Средний Восток (19 %). Значительно выросла доля Африки за счет Гвинейского залива (13 %), а также Южной и Юго-Восточной Азии (9 %). Северная Америка (США) дает лишь 7,5 % мировой добычи морской нефти. В зарубежных странах в настоящее время в эксплуатации числятся уже более 1000 различных скоплений нефти и газа. Среди них имеется значительное количество крупнейших и гигантских.

В акваториях уже добыто более 30 млрд т нефти и около 20 трлн м<sup>3</sup> газа. Россия только начинает освоение своего шельфа, хотя основные направления этой столь важной для экономики работы были сформулированы еще в 1980-х гг.

Площадь всех осадочных бассейнов Мирового океана достигает 26 млн км<sup>2</sup>. Почти четвертью этой площади располагает Россия. Считается, что 75 % площади шельфа являются перспективными. Создание сырьевой базы в акваториях России планируется в основном за счет Арктического бассейна, прилегающего к таким крупным регионам нефтегазодобычи, как Тимано-Печорский и Западно-Сибирский. В бывшем СССР морская добы-

ча нефти и газа велась только в южных морях (Каспийском, Черном и Азовском). В настоящее время Россия ведет добычу углеводородов в море пока в небольших объемах, но вскоре будут усилены работы по освоению перспективных территорий в сложных природно-климатических условиях арктических и дальневосточных морей.

В последние годы в мире особое внимание уделяется **морским газогидратам**.

Газовые гидраты – это кристаллические, льдоподобные соединения, образующиеся при сравнительно низких (но не обязательно отрицательных по шкале Цельсия) температурах из воды и газа. Гидраты относятся к нестехиометрическим соединениям и описываются общей формулой  $MnH_2O$ , где  $M$  – молекула газа-гидратообразователя. Один кубометр природного метан-гидрата в твердом состоянии содержит около  $164 \text{ м}^3$  метана в газовой фазе и  $0,87 \text{ м}^3$  воды.

Все субмаринные районы, где наблюдались гидраты метана, и районы с их признаками располагаются на континентальных и островных склонах, подножиях и в глубоководье внутренних и окраинных морей в пределах бассейнов, имеющих быстро формирующийся осадочный чехол сравнительно большой мощности. В донных осадках пресноводного озера Байкал зафиксировано большое количество газогидратных образований. Уже много лет там проводятся комплексные исследования.

Гидраты могут образовываться в разных системах и условиях - от закрытых систем и квазистатических условий (охлаждение и/или сжатие газа и воды без поступления и оттока вещества) до открытых систем с подвижными флюидами (при поступлении газа и/или воды в зону реакции и уходе из нее «отработавшего» флюида). Рассматривая возможные варианты систем и условий применительно к осадочным толщам, можно различать геологические модели газогидратообразования: криогенетическую, трансгрессионную, сбросовую, аутигенно-диагенетическую, седиментационную и ряд фильтрационных моделей – элизионную, геотермальную и газоструйную. Как правило, модели получили названия от того геологического процесса, который непосредственно отвечает за образование гидратов.

В Советском Союзе ещё в 1969 г. было зарегистрировано научное открытие В. Г. Васильевым, Ю. Ф. Макогоном, Ф. А. Требиным и А. А. Трофимуком «Свойство природных газов находиться в земной коре в твердом состоянии и образовывать газогидратные залежи».

В ряде стран, таких как США, Япония, Индия, разработаны национальные программы исследования природных газовых гидратов. Так, например, индийская национальная программа нацелена на широкомасштабное исследование месторождений природных газовых гидратов, находящихся в пределах континентального склона вокруг полуострова Индостан. Индийское правительство выделило значительные средства для реа-

лизации этой программы. В соответствии с ней к 2010 г. Индия намеревается начать промышленную добычу природного газа из газовых гидратов.

В феврале 2008 г. в Индии состоялась Международная конференция по газогидратам. Министр нефти и природного газа Индии Мурли Деора заявил, что в Бенгальском заливе вблизи побережья Кришна Годавари открыт один из самых лучших резервуаров газовых гидратов. Он отметил, что национальные индийские нефтяные компании (ONGC, GAIL, OIL) активно занимаются разведкой газовых гидратов на шельфах Индии. Он также выразил надежду, что в скором времени международным научным и профессиональным сообществом будут решены технологические проблемы разработки газогидратных залежей и получения газа в промышленных количествах.

Общие прогнозные ресурсы газа с учетом газогидратов на индийских шельфах оцениваются в 120 трлн м<sup>3</sup>. Особенно перспективными считаются Андаманские острова (рис. 4).

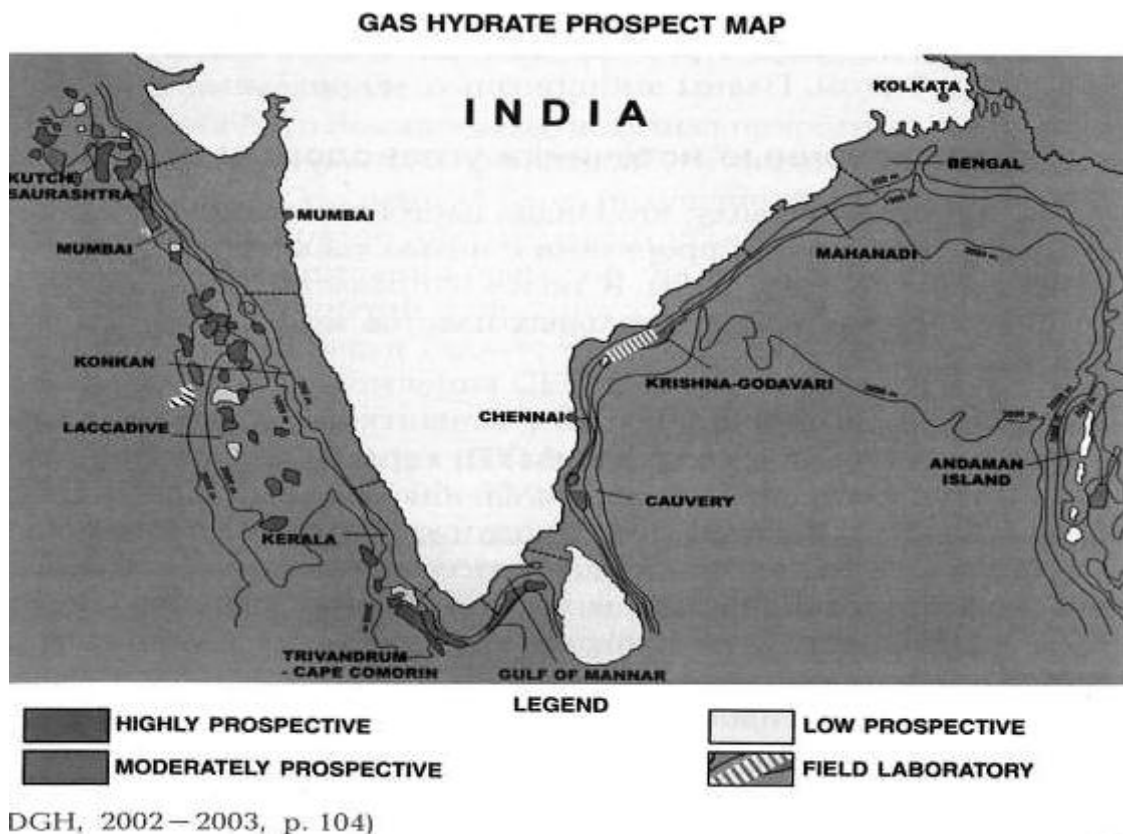


Рис. 4. Перспективные газогидратные территории в акваториях Индии

Газовые гидраты являются единственным неразрабатываемым источником природного газа на Земле, который может составить реальную конкуренцию традиционным месторождениям. Значительные потенциальные ресурсы газа в гидратных залежах надолго обеспечат человечество высококачественным энергетическим сырьем. Но освоение газогидратных

месторождений требует разработки новых, действительно инновационных технологий разведки, добычи, транспортировки и хранения газа. Особое значение придается экологическим проблемам.

Известны сейсморазведочные признаки присутствия гидратов. Из них наибольшее значение имеет специфический отражающий горизонт BSR (bottom simulating reflector-имитирующий дно), отождествляемый с подошвой газогидратоносных отложений.

Многие научно-технологические проблемы разведки и освоения газогидратных залежей пока ещё не решены.

### **3. Некоторые общие закономерности распространения нефтегазоносных бассейнов и размещения месторождений**

Геологи-нефтяники уже более 100 лет пытаются понять закономерности пространственного распределения и формирования месторождений углеводородов на основе изучения их скоплений на континентах. Однако в последние десятилетия специалисты изучают и морские месторождения, что позволило иначе представить себе многие процессы и закономерности их образования. Средние запасы нефти в морских месторождениях в два раза превышают средние запасы месторождений континентов. Морские месторождения высокодебитные (в среднем 500 т/сут), что делает их разработку рентабельной даже при существующих высоких затратах на их освоение. На одну морскую скважину прирост запасов выше, чем на суше, по нефти в 25 раз, по газу – в 17 раз. Все это заставляет детально проанализировать закономерности размещения морских месторождений углеводородов в целях выявления новых подходов к проблеме образования нефти и газа и прогнозирования нефтегазоносности недр.

Исследования последних двух-трех десятилетий позволяют выделить основные особенности в размещении морских залежей нефти и газа как в пространстве, так и по разрезу: 1) связь залежей с **рифтами**; 2) приуроченность большинства месторождений к **пассивным и активным окраинам континентов**; 3) **концентрация** основных ресурсов нефти в отложениях верхней юры и нижнего мела, а газа – в породах пермского возраста.

Скопления нефти и газа обнаружены в различных породах осадочного, эффузивного и магматического происхождения.

#### **3.1. Приуроченность морских залежей к рифтовым системам**

В пределах Мирового океана системы рифтов имеют различный характер. Рифтовые долины срединно-океанических хребтов и сопряженные с ними трансформные разломы являются современными швами нашей планеты. Рифтовые системы шельфовых зон континентальных окраин заполнены мощной толщей осадков и характеризуются хорошей прогремостью недр.



Они отличаются, как правило, высокой концентрацией запасов углеводородов. К ним, прежде всего, относятся рифты Северного моря. Аналогичная ситуация сложилась в рифтах Западной Сибири, и хотя в настоящее время это континент, но в период формирования залежей нефти и газа (конец мезозоя – начало кайнозоя) она была подводной окраиной материка.

Как известно, под рифтом (по Е. Е. Милановскому) [7] понимают линейно вытянутую полосовидную область особого термического режима земных недр, в которой происходят подъем нагретого мантийного материала, его растекание в стороны в подошве литосферы и частичное проникновение в кору. Процессу возникновения рифта предшествует разогрев, «возбуждение», верхней мантии. Это находит отражение и в современном строении рифтов: утонение континентальной коры до 30 км (под рифтовыми долинами океанов до 5 км); подъем астеносферы; резкое возрастание над рифтом теплового потока; молодой вулканизм; источники термальных вод; сейсмичность. Все это характеризует рифты как чрезвычайно активные структуры литосферы. В сравнительно небольшом объеме осадочных образований (до 6 % всего осадочного слоя коры) в рифтах концентрируется до 15 % выявленных запасов углеводородов.

Одной из основных причин повышенной нефтегазоносности рифтовых систем является высокая прогретость недр. Определяющее влияние температурного фактора на процессы преобразования органического вещества в углеводороды неоднократно подчеркивалось ведущими геологами-нефтяниками нашей страны Н. Б. Вассоевичем [2], А. А. Бакировым [1], А. А. Геодекяном [3], А. А. Трофимуком [9] и др.

М. К. Калинин [5] считал, что процесс преобразования органики контролируется «...не только и не столько температурой, сколько тепловым режимом - количеством тепла, поступающего в единицу времени. В условиях недр это и есть плотность теплового потока, которая, следовательно, и должна контролировать процессы преобразования ОВ». По данным этого ученого, трансформация органики в углеводороды становится еще более энергоемкой, если она протекает не в рыхлом осадке на дне водоема, а в уплотненной литифицированной породе. В последнем случае при недостаточности теплового воздействия материнская порода будет характеризоваться лишь «точечной битуминозностью».

По мнению М. К. Калинин [7], наиболее благоприятная ситуация для нефтегазообразования возникает, когда уже на ранних стадиях диагенеза осадки с рассеянным органическим веществом попадают в зону температур, достаточных для развития явлений его деструкции. В такой ситуации процессы нефтегазообразования развиваются быстро и сравнительно полно. При этом за относительно короткий промежуток геологического времени (несколько миллионов лет) могут сформироваться крупные залежи нефти и газа, как это имеет место в рифтовых структурах земной коры.

На примере Красного моря, являющегося типичным современным рифтом, имелась возможность проследить степень созревания органики в зависимости от величины геотермического градиента. Учеными Института океанологии им. П. П. Ширшова проведены исследования содержания углеводородных газов в придонном слое воды в трех впадинах морского дна: Атлантис-2, Дискавери и Сагар, которые отличаются своими геотермическими режимами. Во впадине Атлантис-2, где температура придонной воды составляла 62 °С, в придонном рассоле обнаружены углеводородные газы на уровне, максимальном для морских условий. Во впадине Дискавери также были выявлены углеводородные газы, но в значительно меньшем количестве. Впадина Сагар характеризуется температурой придонных вод 22 °С, соответственно уменьшается и концентрация углеводородов. Приведенные факты свидетельствуют о тесной зависимости степени созревания органики и миграции из нее углеводородных соединений от изменения температурного режима земных недр.

Аномально высокий прогрев осадочных толщ с рассеянной органикой, заполняющей рифтовые прогибы земной коры, происходит, по мнению В. А. Левченко [6] и других исследователей, в результате двух причин. Первая выражается в активизации тектонических движений, возникающих в результате растяжения коры, вторая – в поднимающихся из мантии и нижних частей осадочных толщ сильно нагретых потоков. Эти потоки с температурой в несколько сотен градусов прогревают осадочные породы, способствуя более быстрому и полному «созреванию» органического вещества.

В современной структуре земной коры нефтегазоносными регионами рифтогенного типа, оставшимися внутри континента, являются Западная Сибирь и Северное море. Недаром эти регионы называют «несостоявшимися океанами». Здесь образовались системы рифтов с начальными явлениями спрединга, которые в дальнейшем переродились в крупные надрифтовые платформенные депрессии – синеклизы. Это определило формирование в данных регионах значительных по запасам и обширных по площади нефтегазоносных провинций.

### **3.2. Приуроченность морских залежей к пассивным и активным окраинам**

К пассивным окраинам континентов приурочено 7/8 всех выявленных запасов нефти и газа и только 1/8 этих запасов приходится на долю активных континентальных окраин.

Необходимо пояснить, почему пассивные окраины континентов благоприятны в отношении генезиса углеводородов и формирования залежей и почему активные окраины континентов менее перспективны в нефтегазоносном отношении. Каков же механизм образования и накопления нефти

и газа в том и в другом случаях? При этом следует помнить, что речь идет о современных активных и пассивных окраинах.

Сами пассивные окраины формировались в результате деструкции континентальной коры под влиянием восходящих мантийных потоков. Вначале происходил раскол коры с образованием системы внутриконтинентальных рифтов, которые в процессе образования океана расширялись за счет раздвижения литосферных плит. Последующая эволюция пассивных окраин сопровождается опусканием их фундамента и дополнительным осадконакоплением. Из этого следует, что пассивные окраины имеют примерно тот же механизм нефтеобразования, что и рифты.

Иная ситуация складывалась и существует на многих активных окраинах, включая Тихий океан. Здесь происходит поддвигание литосферных плит под континенты (Южная и Северная Америка) или под островные дуги (Азиатское побережье). Следовательно, осадки с рассеянным органическим веществом попадают в условия субдукционных зон, где они либо проскальзывают в зазор между литосферными плитами и попадают в мантию, либо формируют аккреционные призмы. Некоторые исследователи полагают, что малый объем пелагических осадков, попавших в зону субдукции, не может иметь существенного значения для нефтегазообразования.

Однако ориентировочный подсчет объема только одной аккреционной призмы Малых Антильских островов показывает, что он не менее 3 тыс. км<sup>3</sup>. Отсюда следует, что с учетом времени функционирования зон поглощения через них проходит довольно большой объем пелагических осадков. Прежде чем попасть в зону субдукции, эти осадки еще в условиях первичного залегания, на дне, проходят стадию диагенеза, в результате чего происходит преобразование и созревание органики в микронепфть. В зоне субдукции осадки с органическим веществом попадают в условия повышенного температурного режима. По расчетам О. Г. Сорохтина [8], трение между литосферными плитами приводит к выделению  $2-3 \cdot 10^1$  Дж на каждый грамм породы. За счет этого океаническая кора в зоне субдукции может разогреваться примерно до 1000 °С. Однако во внешней части, непосредственно перед литосферным выступом, разогрев коры еще сравнительно невелик. Поэтому должен существовать участок, где создается весьма благоприятный температурный режим для термолиза и возгонки биогенных веществ, рассеянных в осадках пододвигаемой плиты. В зоне такого режима (с температурами 100-400 °С) осадки могут находиться около 1-2 млн лет. Создаются природные условия, сопоставимые с лабораторными, когда за короткий отрезок времени, но при сильном температурном воздействии из растительных и животных остатков получается нефть. Другими словами, в зонах субдукции возникают своеобразные природные перегонные кубы, где в течение сравнительно короткого геологического времени за счет жесткого температурного режима происходит преобразование рассеянного органического вещества в нефть.

В рассмотренном механизме формирования месторождений нефти и газа мобилизация и миграция рассеянных углеводородов происходят за счет активной «промывки» осадочных слоев термальными флюидами. По расчетам О. Г. Сорохтина [8], за геологическую историю Земли через зоны субдукции профильтровалось 16 млрд км<sup>3</sup> воды, что в 7 раз больше ее содержания в гидро- и литосфере, вместе взятых. Полагают, что именно этот постоянно действующий фильтрующий механизм вымывал и выносил в растворенном состоянии углеводороды и формировал скопления нефти и газа.

Если механизм формирования зон нефтегазонакопления на участках субдукции литосферных плит такой мощный, как это представляется некоторым ученым, то чем же объяснить сравнительно малые запасы углеводородов в пределах современных активных окраин Тихого океана? Считается, что здесь процессы нефте- и газообразования еще не закончились, в отличие от пассивных окраин, поэтому судить о конечном нефтегазовом потенциале активных окраин в настоящее время преждевременно. Видимо, в силу незавершенности субдукционных процессов по тихоокеанским окраинам еще не возникли благоприятные условия для накопления и консервации углеводородов в залежи. В этом отношении показательна высокая насыщенность вод углеводородными газами, например в Японских островных дугах. Даже небольшой градиент давления приводит к выделению из вод углеводородных газов, которые можно улавливать и использовать в практических целях.

Следует различать два основных механизма поддвига, приводящих к генерации углеводородов. Первый выражен поддвигом океанической плиты под островные дуги или под континенты (субдукция), второй - надвигом островной дуги или края континента на пассивную окраину другого континента (обдукция). Вторым механизмом более «нефтеобильный», чем первый. Известно, что пассивная окраина континента всегда имеет в своем основании мощную линзу осадочных пород (до 10-15 км), расположенную у подножия континентального склона. Если учесть, что континентальные склоны и материковые подножия характеризуются максимальным содержанием органического углерода, то становится понятным источник углеводородов в процессе обдукции. Под тяжестью литосферного выступа на ползающей плиты углеводороды будут активно выжиматься из осадочной линзы и мигрировать в сторону окраины поддвигаемых континентальных платформ. Этим эффектом «горячего утюга» и объясняется формирование зон нефтегазонакопления Персидского залива, лагуны Маракайбо и других регионов земного шара.

Таковы гипотезы некоторых исследователей.

Автор данной статьи полагает, что необходимо разработать новую **геофлюидодинамическую концепцию.**

### 3.3. Особенности размещения морских залежей в стратиграфическом разрезе

Статистический анализ показал, что основные, выявленные на сегодня ресурсы углеводородов сосредоточены в относительно узких стратиграфических интервалах. Максимальная концентрация нефтяных скоплений приурочена к верхнеюрским (преимущественно оксфорд-киммеридж) и нижнемеловым (апт-альб) отложениям.

В первых заключено почти 20 %, а во вторых – более 25 % всех нефтяных ресурсов, открытых в акваториях. В основном они связаны с пассивными окраинами континентов. Ресурсы углеводородного газа распределены несколько иначе: почти половина запасов связана с пермскими отложениями (14,4 млрд м<sup>3</sup>), значительные скопления отмечены в нижнеюрских (1,4 млрд м<sup>3</sup>), апт-альбских (2 млрд м<sup>3</sup>), олигоцен-нижнемиоценовых (2,6 млрд м<sup>3</sup>) и миоценовых (3,6 млрд м<sup>3</sup>) породах. Таким образом, максимумы по нефти и газу совпадают только в отношении апта-альба.

На современных активных окраинах материков большая часть запасов углеводородов приурочена к молодым неоген-палеогеновым отложениям, тогда как в мезозойских породах открыто сравнительно мало месторождений.

По-видимому, избирательная концентрация запасов морских углеводородов в определенных стратиграфических горизонтах является следствием глобального процесса распада суперконтинентов в мезо-кайнозойскую эпоху дрейфа материков. Образование пассивных окраин современных континентов происходило начиная с позднеюрского времени и наиболее активно протекало в раннем мелу.

Активные окраины тихоокеанского типа свое развитие получили наиболее явно в кайнозойскую эру, что также нашло отражение в распределении запасов углеводородов в их пределах. Таким образом, устанавливается интересная закономерность: формирование основных залежей углеводородов совпадает во времени с развитием рифтогенных процессов на пассивных окраинах материков или с развитием субдукционных процессов на активных окраинах.

Автор полагает, что указанные выше закономерности со временем будут уточнены и стратиграфический диапазон нефтегазоносности будет существенно расширен.

#### **Общие закономерности:**

1. Большинство (87-95 %) выявленных запасов углеводородов приурочены к пассивным окраинам континентов. На долю активных окраин приходится всего от 5 до 13 % запасов УВ (по разным оценкам). При этом, несомненно, устанавливается тесная связь морских залежей углеводородов с рифтовыми системами.

2. Установлены закономерности в распределении морских залежей углеводородов по разрезу. Основные ресурсы нефти приурочены к отло-

жениям верхней юры и нижнего мела, в то время как наибольшие концентрации газа связаны с породами пермского возраста. *Этот факт отражает лишь современный уровень изученности.*

3. Еще раз подчеркнем литологическое разнообразие нефтегазоносных резервуаров (включая граниты).

4. Безусловно перспективным является освоение газогидратных залежей.

### Заключение

Даже простое прочтение материалов, изложенных в этой статье, позволяет получить новые знания о нефтегазовых проблемах XXI в. Для удовлетворения ресурсных потребностей в углеводородном сырье Человек «шагнул» под воду, на дно морей и океанов. Уверенно осваивая нефтегазоносные акватории мира, многие страны достигли больших результатов.

Появились новые направления в науке и практике. В частности, специалисты по нефтегазовой геологии и геофизике вынуждены учитывать «морские» факты для разработки новых научных гипотез, методов и технологий изучения и освоения перспективных территорий. Нефтяное морское дело стало предметным объектом образовательных программ для разных уровней подготовки специалистов.

В заключение несколько выводов автора:

1. России необходимо активизировать морские работы на нефть и газ, особенно в Карском море. По существу это северное продолжение крупнейшего в мире Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Мощная инфраструктура Севера и Ямала способна обеспечить быстрое развитие морского сектора газо- и нефтедобычи.

2. В инновационном плане для успешного освоения арктических морей надо уходить «под лёд». Все конструкции, сооружения и транспорт должны быть подлёдными. Именно этот путь позволит России шагать «вперед планеты всей» и создать энергетическую стабильность для многих стран мира на долгие годы.

3. Используя морские успехи, Человеку давно пора заглянуть в глубины Земли. Мы уже летаем на другие планеты, а собственную Землю-матушку не изучили глубже 12 км. Надо создавать «подземные корабли». Сегодня это под силу цивилизованному миру. Образно говоря, тот, кто проникнет в центр Земли, будет владеть фундаментальными геологическими законами о многих процессах изменения вещества и энергии нашей планеты в её очень динамичном развитии. А самое главное – научиться управлять этими процессами.

Автор считает, что нет недостатка в ресурсах нефти и газа, есть недостаток в знаниях о них.

## Библиографический список

1. **Бакиров А. А.** Геология и геохимия нефти и газа. М., 1982. 287 с.
2. **Вассоевич Н. Б.** Происхождение нефти // Вестн. МГУ. Сер.: Геология. 1975. № 6.
3. **Геодекян А. А., Забанбарк А.** Геология и размещение нефтегазовых ресурсов в Мировом океане. М.: Наука, 1985. 190 с.
4. **Запивалов Н. П., Павлов Ф. В.** Индия – путь к большой нефти, 1955-2005. Новосибирск: Изд-во «Гео», 2005. 208 с.
5. **Калинко М. К.** Тайны образования нефти и горючих газов. М.: Недра, 1981. 192 с.
6. **Левченко В. А.** Некоторые закономерности распределения ресурсов нефти и газа в недрах Мирового океана // Нефтегазоносность Мирового океана. М., 1984.
7. **Милановский Е. Е.** Рифтогенез и его роль в развитии Земли // СОЖ. 1999. № 8.
8. **Сорохтин О. Г., Ушаков С. А.** Развитие Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 506 с.
9. **Трофимук А. А.** Новые варианты объемно-генетического метода оценки прогнозных запасов нефти и газа // Геология нефти и газа. 1972. № 5.

УДК 551.3.051 : 553.9

**Ю. К. Бурлин**

Московский гос. университет

## **ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАСЕЙНАХ ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН КОНТИНЕНТ – ОКЕАН**

Строение осадочных толщ нефтегазоносных бассейнов зависит от их тектонической позиции, климатических условий и источников поступления вещества. Основные типы осадочных бассейнов соотносятся с определенными этапами развития крупных структур земной коры. В. Е. Хаин разделяет нефтегазоносные бассейны на континентах на две основные группы – надплитные бассейны, принадлежащие к платформам (кратонам), и межплитные бассейны (или бассейны подвижных поясов) [4]. На крато-

нах выделяются две подгруппы бассейнов – интракратонные (внутриплатформенные) и перикратонные. Интракратонные бассейны в структуре платформ представляют крупные впадины – синеклизы, их развитие, как правило, связано с предыдущим этапом рифтогенеза. Примерами таких бассейнов являются синеклизные бассейны – Иллинойский, Мичиганский на древней платформе в Северной Америке, к этой же категории относятся Тунгусская и Московская синеклизы. Бассейны в краевых частях платформ (окраинно-континентальные) являются перикратонными. Примерами таких бассейнов являются Прикаспийский бассейн и бассейн Мексиканского залива. Для них характерна большая толщина осадочных пород, и они являются крупными нефтегазоносными регионами. К особой категории относятся перикратонные бассейны современных пассивных окраин. Примерами их являются бассейны, протягивающиеся вдоль западной окраины Африки (Кванза-Камерунский и др.) и восточной окраины Южной Америки (Сантос, Кампос в Бразилии и др.). Осадконакопление в этих бассейнах происходит как в шельфовых условиях, так и на континентальном склоне или в его подножье. К ним могут быть приурочены долины и дельты крупных рек. Осадочное тело бассейна может перекрывать не только шельф, континентальный склон, но частично и ложе океана. В коллизионных зонах между кратонами и подвижными поясами расположены перикратонно-складчатые бассейны или бассейны передовых прогибов. В переходных, транзитных зонах активных окраин располагаются островодужные бассейны, в том числе бассейны окраинных морей (задуговые). Перед дугами и между ними формируются междуговые и преддуговые (дугофронтальные) осадочные бассейны. Такие бассейны широко развиты вблизи окраин Азии и Австралии в Тихом и Индийском океанах. В подвижных поясах выделяются внутрискладчатые бассейны разного типа.

Осадочные бассейны слагаются седиментационными телами различной формы и генезиса, которые объединяются в крупные литолого-стратиграфические комплексы (в том числе нефтегазоносные). Они отличаются по составу пород, степени их преобразованности и как следствие могут отличаться по характеру нефтегазоносности. Нефтегазоносный комплекс является понятием нефтяной геологии, т. е. имеет прикладное практическое значение. Анализируя нефтегазоносные комплексы, важно соотносить их с характером формаций. Нефтегазоносный комплекс может включать в себя породы разных формаций. Нефтегазопроизводящие (материнские) и нефтегазосодержащие толщи могут относиться к разным формациям, но входить в состав одного нефтегазоносного комплекса. Нефтегазоносный комплекс может соответствовать какой-либо формации или ее части. При рассмотрении осадочных комплексов, участвующих в строении бассейнов различных типов, должны учитываться основные этапы их развития [1, 3, 6].



На континентах развитие бассейнов в большинстве случаев начинается с раскола коры в результате рифтогенеза. В возникших грабенообразных прогибах начинает формироваться *рифтовый комплекс*, в составе которого преобладает континентальная седиментация – аллювиальные и озерные отложения иногда с углями, а также продукты коры выветривания. В условиях аридного климата в разрезе могут участвовать эвапоритовые толщи. Среди осадочных пород присутствуют вулканиты. В разрезах рифтов часто присутствуют нефтематеринские отложения. При дальнейшем погружении площади осадконакопления расширяются, осадки покрывают так называемые плечи рифта: это в основном мелководные терригенные образования. Они рассматриваются как пострифтовый комплекс, в краевых участках которого участвуют высокоперспективные в отношении нефтегазоносности отложения древних дельт и аккумулятивные тела прибрежных зон. При дальнейшем погружении и расширении площади бассейна формируется плитный комплекс, в котором в зависимости от ситуации (характера окружения, тектонических движений и климата) участвуют отложения различного состава, в т. ч. и соленосные толщи. Значительную роль играют терригенные прибрежно-морские и аллювиальные отложения, а среди карбонатных толщ – рифовые массивы. Отдаленные от суши и погруженные участки часто выполнены глинистыми и глинисто-карбонатными битуминозными осадками. Над рифтами находятся многие крупные осадочные нефтегазоносные бассейны: Западно-Сибирский, Тимано-Печорский, Северного моря, бассейны в Баренцевом море и др.

В перикратонных бассейнах осадочные формации и нефтегазоносные комплексы отражают основные этапы их развития. В качестве главных выделяются преимущественно терригенные континентальные и мелководно-морские комплексы рифтового и пострифтового этапов развития, терригенные и карбонатные формации плитного чехла, формации глубоководных впадин и их склонов. На обрамляющих приподнятых блоках образуются карбонатные платформы с рифовыми массивами. На большей части Прикаспийской впадины со среднего девона до артинского века ранней перми происходило постепенное разрастание глубоководной впадины, в которой накапливались отложения различного облика, в том числе битуминозные глинистые и глинисто-кремнистые. В условиях относительной изолированности бассейна или его части происходит соленакопление. При оживлении тектонического режима и росте поднятий в окружении бассейнов происходит накопление компенсационных толщ молассового типа. После стабилизации режима наступает время образования полого залегающего карбонатно-терригенного плитного чехла.

Для развития бассейнов современных пассивных окраин (перикратонно-океанических), как, например, на западной окраине Африки и восточной окраине Южной Америки определяющим фактором начальных этапов развития также явился рифтогенез. На начальном этапе образования

рифтовых расколов на древнем основании возникли грабенообразные впадины, заполненные грубообломочными континентальными толщами с лавовыми телами внутри них. При заполнении опущенных участков в образовавшихся мелководных водоемах озёрного типа отлагались тонкозернистые осадки, обогащенные органическим веществом. В последующем они превратились в битуминозные нефтематеринские толщи. При последующем погружении в лагунах, отгороженных от океана, в условиях аридного климата образовывались эвапоритовые толщи. По мере расширения океана и втягивания в погружение краев континента возросла контрастность в характере и распределении осадочных толщ. На широких участках шельфа накапливались терригенно-карбонатные осадки. На уступах подводных склонов возникли барьерные рифы, банки. При размыве суши и выносе обломочного материала он накапливался на верхнем уровне седиментации, а также перемещался вниз по склону. Сносимые по склону осадки перекрывают континентальное подножье.

При расширении и углублении океана и компенсационном поднятии края континента усиливается снос. Происходит выдвигание (проградация) осадочных тел в сторону океана. Терригенный материал перекрывает не только прибрежную зону, шельф, континентальный склон, подножье, но и, частично, океаническое ложе. Возникающая мощная линза осадочных пород выклинивается вниз по склону. В ее строении на континентальном склоне принимают участие турбидитные потоки. На подводных склонах образуются врезанные долины, заполненные песчаным материалом – тела природных резервуаров для углеводородов.

Интенсивный вынос материала происходит в речных системах, в свою очередь, являясь причиной образования развитых дельтовых тел, нередко приуроченных к крупным грабенам, поперечным по отношению к береговой линии края континента. Гигантские дельтовые конусы сформированы реками Миссисипи и Маккензи на Североамериканском континенте; Нигер и Конго на западной окраине Африки. Наличие в погруженной части дельтового тела мощных толщ глин способствует в условиях высокого давления росту диапиров с ядрами, сложенными этими глинами. Дельтовые формации характеризуются высокой продуктивностью. Особенно большие перспективы связаны с бассейном Нижнего Конго в Анголе, где в дельтовых отложениях, в том числе в песчаных телах слабо литифицированных отложений турбидитов, сосредоточены большие запасы углеводородов. На восточной окраине Южной Америки песчаные турбидитные потоки в позднем мелу и кайнозое заключают тела с высокими коллекторскими свойствами, с которыми связаны многие нефтяные месторождения, в том числе очень крупные (Марлин, Ронкадор и др.). Неотектонический этап развития в середине и конце палеогена и подъём краевых зон континентальных блоков определяет новый этап усиления сноса. В этих условиях шельф и склон прорезались глубокими каньонообразными

долинами, которые заполнялись отложениями большой мощности, также являющимися нефтегазоносными.

На молодых платформах в связи с их повышенной подвижностью по сравнению с древними проявляется своя специфика в характере отложений осадочных бассейнов. Они характеризуются повышенной подвижностью, дифференциацией движений, что обуславливает большую неравномерность распределения мощностей, наличие глубоких размывов, зон несогласий на растущих поднятиях. В крупных Западносибирском и Центрально-европейском бассейнах начало формирования рифтового комплекса связано с расколом ранее существовавших структур, стабилизированных как на каледонском, так и герцинском этапах. В Западной Сибири развитие рифтогенных грабенов, заполненных в основном пресноводно-континентальными пестроцветными толщами с вулканитами, пришлось на позднепермское и триасовое время. В Центральноевропейском бассейне этот этап отразился в формировании пестроцветных и красноцветных толщ ротлигенда. Его можно рассматривать в составе переходного комплекса. Он играет важную роль в газоносности. Прекрасной покрывкой являются вышележащие эвапориты цехштейна.

Вышележащие континентальные и мелководные субугленосные толщи относятся к числу характерных комплексов (формаций) молодых платформ Предкавказья, Западной Сибири и Туранской плиты. Преимущественно гумусовый состав органики определяет широкие масштабы газогенерации. Мощности субугленосных комплексов достигают 2-3 км и более. Интенсивное газообразование в них оказывает влияние на динамику флюидов в вышележащих толщах. Повышенные мощности песчаных тел связаны с захоронёнными руслами древних рек. В них заключено крупное Талинское нефтяное месторождение в Западной Сибири.

В волжский и берриасовый века здесь существовал бассейн в условиях «голодания», когда прогибание не компенсировалось седиментацией. Происходило накопление кремнисто-глинистого материала баженской свиты, которая является важной нефтегенерирующей частью разреза, обладающей собственной сингенетичной, а точнее аутигенной нефтеносностью. На последующем этапе из обрамления начинает активно поступать осадочный материал. Образуется комплекс, сложенный клиноформами бокового наращивания. Каждая клиноформа отражает импульсное усиление поступления материала в бассейн. Это своеобразная формация, которая лучше всего выражена в ачимовской толще нижнего мела Западной Сибири. Вышележащие меловые-кайнозойские толщи образуют верхнюю часть плитного чехла, где отложения формировались в мелководно-морских и прибрежных условиях. В этих толщах заключены крупнейшие месторождения углеводородов.

Климат играет существенную роль в характере осадков. На Скифской и Туранской молодых платформах на определенных этапах они были иные, чем в Западной Сибири, более благоприятные для накопления кар-

бонатных осадков. Периоды аридизации климата отразились в осаждении эвапоритов в отгороженных лагунах и заливах и образовании красноцветных толщ в верхней юре.

Формирование переходных областей от платформ к подвижным поясам рассматривается на примере Азово-Кубанского и Среднекаспийского бассейнов, значительные части которых находятся на территории Предкавказья в пределах Скифской платформы и охватывают также зону сочленения края платформы и подвижного пояса. Подлинный консолидированный кристаллический фундамент Скифской плиты имеет архейско-раннепротерозойский возраст. Древний фундамент испытал несколько этапов преобразования. В зонах Передового и Главного хребтов Кавказа и в других участках породы докембрия были дислоцированы и метаморфизованы в позднем докембрии. В результате возникла область с байкальской континентальной корой [5]. В ордовике начался герцинский цикл развития. В позднем палеозое, когда происходило замыкание северной ветви Палеотетиса, возникла сутура, примерно совпадающая в плане с Пшекиш-Тырныузским разломом на Северном Кавказе. Основная часть Предкавказья в начале девона превратилась в шельф Восточно-Европейского континента. В середине девона возникла крупная Донецко-Мангышлакская рифтовая система (нынешний Донецкий кряж и погребённый кряж Карпинского). Не позднее середины визейского века произошедшие герцинские дислокации и орогенез привели к накоплению моласс, входящих в верхнюю часть герцинского основания Скифской платформы. В перми еще существовали прогибы с молассовым, в том числе красноцветным выполнением.

На рубеже перми и триаса в Предкавказье, вероятно, происходили тектоническая активизация и дифференциальное движение отдельных блоков. На приподнятых участках преобладало карбонатное осадконакопление, развивались рифогенные фации (нефтекумская свита). В приразломных зонах в конце триаса происходило образование вулканитов известково-щелочного и субщелочного типов (ногайский комплекс) и внедрение гранитоидов. Этот комплекс называют тафрогенным.

В конце триаса весь обширный район Предкавказья и Донбасс вместе с кряжем Карпинского испытали импульс сжатия и инверсии. В Предкавказье возникают крупные валообразные поднятия. В платформенной части Предкавказья в начале юры преобладали континентальные условия. По речным артериям, пересекавшим это пространство, обломочный материал переносился в морской бассейн, относившийся к Неотетису. В участках усиленного прогибания и накопления осадков, таких, как Лабино-Малкинский и Аварский депоцентры, накапливались мощные, частично флишоидные толщи нижней и средней юры. В краевых частях бассейна, в лагунах и мелководных заливах отлагался терригенный материал, обогащенный остатками растительности (будущие угленосные и субугленосные толщи). Начиная со средней юры на всей обширной площади начинается

формирование плитного чехла, сложенного большей частью морскими отложениями. В связи с явлениями сжатия на поднятиях, возникших вдоль края бассейна и выделявшихся в рельефе дна, в оксфордский век начали развиваться барьерные рифы. Позже, в киммериджский век, севернее этих барьеров в условиях аридного климата происходило соленакопление, сменившееся накоплением красноцветов. Позже, при развитии трансгрессии с конца неокома и до начала сеномана, преобладали обстановки накопления терригенных толщ, которые затем сменились условиями преимущественно широкого карбонатакопления.

К началу олигоцена в результате сближения (коллизии) Евразийской плиты с расположенными южнее микроплитами в бассейне, существовавшем на месте Большого Кавказа, появляются невысокие поднятия, южнее и севернее возникают краевые прогибы. В придонных частях этих бассейнов в пределах этих прогибов существовали застойные условия с накоплением глинистых осадков, обогащенных органическим веществом (будущие нефтематеринские толщи). С началом более интенсивного роста поднятий рядом с ними развиваются компенсационные структуры – будущие передовые прогибы. Эти прогибы в среднем и позднем миоцене заполняются относительно мелководными терригенными отложениями (известный нефтеносный комплекс чокракского и караганского горизонтов местной шкалы). Они были дислоцированы в конце миоцена с образованием линейных антиклинальных зон. Дислокации постепенно развивались в последующем, и в них принимали участие пластичные глинистые толщи майкопской серии, которые часто слагают ядра крутых складок.

В самом конце миоцена наступает раннеорогенная стадия развития Большого Кавказа. Это отражается в накоплении грубых моласс в краевых прогибах. По мере развития передового прогиба в него втягивается краевая часть платформы, молассовые отложения частично перекрывают и её. Увеличение объёма молассы приводит к постепенному заполнению (перекомпенсации) областей прогибания, и постепенно происходит смена типичных морских отложений на прибрежные и континентальные. Погружение передовых прогибов резко усиливается с началом непосредственно надвигания складок со стороны горно-складчатого сооружения.

В бассейнах предгорных прогибов смена характера отложений (формационного состава) отражается и в преобладающих типах природных резервуаров. В карбонатных толщах плитного чехла развит массивный тип. В нижних частях моласс больше развиты пластовые, а в верхних, где преобладают переходные и континентальные фации, нередко приходится встречаться с аллювиальными русловыми, дельтовыми и другими телами, которые образуют резервуары литологически ограниченного типа.

Строение осадочных бассейнов подвижных поясов отражает интенсивность и дифференцированность тектонических движений, что проявляется в пестроте отложений и быстрой их смене. Набор осадочных толщ в

бассейнах разных частей подвижных поясов чрезвычайно разнообразен. Осадочные бассейны внешних коллизионных зон, как уже было упомянуто, могут включать седиментационные комплексы бассейнов перекрытых частей пассивных окраин. Выше могут накапливаться более молодые молассы. Подобную картину можно видеть, например, перед горной цепью Загрос в Иране.

Во внутренних зонах подвижных поясов выделяются бассейны эпиплатформенных орогенов, внутрискладчатые бассейны в областях молодой стабилизации и бассейны внутри складчатых зон межплитных подвижных поясов.

Бассейны эпиплатформенных орогенов заложены по разломам и окружены приподнятыми блоками в виде горных хребтов, сложенных палеозойскими и более древними породами. Типичными бассейнами эпиплатформенных орогенов являются Ферганский, Джунгарский и др. В разрезе этих бассейнов выделяется промежуточный комплекс (позднепалеозойский или мезозойский), соответствующий этапу начала формирования бассейна и его часто надвинутого складчатого обрамления. Выполняющие бассейн отложения представляют собой молассу, в которой присутствуют мелководные морские и терригенные, в том числе континентальные, отложения, представляющие собой молассу, образовавшуюся за счет разрушения окружающих поднятий.

К межгорным бассейнам орогенно-складчатых зон межплитных подвижных поясов относятся многие из тех, которые выделяются в пределах альпийского пояса (Рионский, Южно-Каспийский, включающий Нижне-Куринскую межгорную впадину и погруженные структуры Западного Копетдага и др.). Южно-Каспийский уникальный бассейн выполнен толщей отложений мощностью около 25 км. Складчатое образование впадины, вероятно, сформировалось после закрытия океана Тетис. В верхнем мезозое накапливались карбонатно-терригенные, частично вулканогенные отложения. Верхняя поздне меловая-эоценовая часть этого комплекса имеет в основном карбонатный состав, с мощностью в отдельных прогибах до 3-4 км. Вышезалегающая толща олигоцен-нижнемиоценового возраста, включающая майкопскую глинистую серию, играет значительную роль во всех процессах литогенеза, формирования структур и нефтяных месторождений. Комплекс среднемиоцено-нижнеплиоценовых молассовых отложений имеет мощность 5 км, а средневерхнеплиоценовый, выполняющий центральную часть глубоководной котловины, – до 7 км. Завершают разрез четвертичные осадки мощностью до 2 км. Особенность этого бассейна состоит в интенсивнейшем прогибании, начиная с миоценового времени. Быстро погружившиеся на большие глубины молодые отложения сохранили высокую пористость. Из интерпретации сейсмических материалов можно сделать вывод о наличии в разрезе бассейна ряда горизонтов разуплотнения на разных глубинах. Влияние процессов разуплотнения в бассейне

выразилось в необычайно ярком проявлении диапиризма и грязевого вулканизма. Корни диапировых структур связаны в основном с майкопской глинистой толщей [2].

Формирование осадочных бассейнов активных окраин западно-тихоокеанского типа связано с образованием островных дуг и впадин окраинных морей. При этом ведущими являются процессы коллизии континентальных и океанических плит и сопряжённый рифтогенез. Дуги обычно образуют парные системы: невулканическая (аккреционная) дуга и вулканическая. Невулканическая дуга сложена свитами осадочных пород, которые наслаиваются друг на друга в процессе субдукции, образуя аккреционный клин. Между аккреционной и вулканической дугой по разломам может закладываться грабенообразный междуговой бассейн, в котором отлагаются осадки за счёт сноса материала с обеих дуг. Отложения бассейнов островодужных областей чрезвычайно пестры по составу. При анализе строения осадочных толщ вкрест простирания основных структур особенно заметны пестрота их состава и резкое изменение мощностей. Характерные группы осадочных формаций отвечают определённым этапам развития бассейнов.

Задуговые (дуго-тыловые) бассейны окраинных морей образуются на фоне рифтогенеза, подъема диапиров мантийного вещества и утонения коры. Связанный с рифтогенезом спрединг носит «рассеянный» характер, часто выделяются несколько его центров. На их основе развиваются глубоководные котловины с субокеанической корой. Положение и ориентировка центров спрединга могут изменяться со временем. Это установлено на примере многих бассейнов и особенно ярко видно на примере Японского и Южно-Китайского морей, где спрединг происходил неоднократно. При этом расположение и ориентировка его осей изменялись.

При формировании задуговых бассейнов в них могут быть втянуты краевые части примыкающих континентальных блоков, как, например, в крупных задуговых бассейнах Суматры и Явы в Индонезии и на шельфе Южного Вьетнама. В разрезах этих частей участвуют отложения карбонатно-терригенных шельфовых и прибрежно-морских фаций. В рифтогенных грабенах задуговых бассейнов окраинных морей на начальных этапах развития накапливаются субконтинентальные озерно-лагунные, прибрежно-морские и дельтовые толщи. Для этого комплекса нередко характерна угленосность. Перекрывающие осадочные комплексы имеют более широкое развитие и отличаются по условиям образования. Продукты процессов вулканизма оказывают большое влияние на состав отложений и определяют возникновение ряда характерных, в т. ч. глинисто-кремнистых и туффитово-кремнистых формаций. Они чаще всего формируются на средних этапах развития во многих островодужных бассейнах, характеризуются широким распространением и играют важную роль в нефтеобразовании. Породы обогащены рассеянным органическим веществом благоприятного

органохимического состава и обладают высоким нефтематеринским потенциалом. Подобные кремнисто-глинистые формации развиты в бассейнах Тихоокеанского пояса, они составляют основу разрезов средних этапов развития в бассейнах Сахалина, Камчатки, Японии, Индонезии, Калифорнии, Новой Зеландии и других стран. В некоторых случаях благоприятным для нефтеносности является их перекрытие мощными песчано-глинистыми аллювиально-дельтовыми, как, например, на Сахалине (дагинская продуктивная толща миоцена). На заключительных этапах развития накапливаются вулканогенно-обломочные молассы. Иногда отмечается циклическое чередование подобных толщ.

На внешней океанической стороне островодужной системы, на склонах аккреционных дуг развиты грабенообразные впадины, в которых происходит накопление отложений дуго-фронтальных бассейнов. В их строении принимают участие флишеподобные и грубообломочные осадочно-вулканогенные формации. Заметную роль играют эффузивы и туфы среднего и кислого состава. Некоторые из них представляют интерес для нефтеносности, и с ними связаны месторождения.

Бассейны окраин на приконтинентальных активных окраинах очень характерны для обеих Америк: протягиваются полосой вдоль тихоокеанского побережья Северной и Южной Америки. Наибольший интерес представляют бассейны калифорнийского сектора.

Калифорнийские бассейны располагаются вдоль коллизионной границы Североамериканской континентальной и Тихоокеанской океанической плит и являются трансформными. Здесь расположен протяженный бассейн Большой Долины (Грейт Вэлли). Он образовался в меловое время как глубокий преддуговой прогиб и выполнен мощной (до 15 км) толщей, в составе которой большую роль играют турбидиты. Западнее, в Береговых хребтах, отложения бассейна надвинуты на францисканский комплекс, сложенный интенсивно дислоцированными осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами, слагающими аккреционную призму. Этот комплекс представляет собой основание всех калифорнийских бассейнов. В процессе коллизии северная часть Восточно-Тихоокеанской спрединговой зоны была затянута под континент, и окраина с начала олигоцена превратилась в трансформную. Это выражается в системе сдвиговых и оперяющих их разломов, вдоль которых формировались узкие и очень глубокие осадочные бассейны, открывающиеся в океан. Прибрежная полоса, заключающая эти бассейны, носит название «Область Бассейнов и Хребтов». В приподнятых блоках хребтов-перемычек на поверхность выходят докайнозойские складчатые структуры, разделяющие осадочные бассейны. Среди них выделяется бассейн Санта-Барбара-Вентура, имеющий продолжение на шельфе, и еще десятки сходных по строению бассейнов – Лос-Анжелес, Санта-Мария и др. В строении этих бассейнов участвуют отложения позднемелового, неогенового и антропогенного возраста мощ-



ностью до 14 км. Почти половина этой мощности приходится на неогеновые отложения. Самые молодые отложения накапливались благодаря потокам, двигавшимися с большой скоростью по склонам и спускавшимся в осевые зоны трогообразных прогибов. Основные залежи нефти находятся в отложениях миоцена и плиоцена. Для верхов миоцена характерно развитие кремнистых пород, диатомовых сланцев и кремнистых аргиллитов (формация Монтерей), сильно обогащенных рассеянным сапропелевым органическим веществом и характеризующихся благоприятными нефтематеринскими свойствами. Высокоперспективны также обломочные отложения плиоцена и плейстоцена. На склонах, в каньонах характерно накопление турбидитовых толщ.

При всём разнообразии типов осадочных толщ, выполняющих бассейны (а перечислены и кратко охарактеризованы далеко не все), выделяются некоторые из них, играющие решающую роль в нефтегазоносности. Для генерации углеводородов на платформах существенную роль играют обогащенные органическим веществом карбонатно-глинистые толщи (т. н. доманикового типа), отложения «голодающих» бассейнов с малым поступлением минеральной части осадков и относительно высоким содержанием органического вещества (баженовская свита в Западной Сибири). На начальных этапах формирования передовых прогибов накапливались богатые органическим веществом глинистые толщи (майкопская серия и ее аналоги в бассейнах альпийского пояса). Угленосные и субугленосные толщи отличаются повышенным газообразованием. Кремнисто-глинистые толщи являются нефтегенерирующими в осадочных бассейнах подвижных поясов. Из нефте- и газосодержащих наиболее интересны дельтовые, прибрежно-морские и склоновые терригенные толщи, рифовые массивы и толщи, имеющие клиноформное строение. Некоторые глинистые и глинисто-кремнистые свиты являются сингенетично нефтегазоносными.

В бассейнах различного типа породы различаются по уровням преобразования в зависимости от состава, возраста, скорости накопления и термического режима недр. Из нефте- и газосодержащих наиболее интересны дельтовые, прибрежно-морские и склоновые терригенные толщи, рифовые массивы и толщи, имеющие клиноформное строение. Некоторые глинистые и глинисто-кремнистые свиты являются сингенетично нефтегазоносными.

### Библиографический список

1. **Нефтегазообразование** в геосинклинальных осадочных бассейнах Тихоокеанского пояса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 200 с.
2. **Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция.** М.: Научный мир, 2004. 526 с.

3. **Типы** осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов. М.: Наука, 1980. 304 с.
4. **Хаин В. Е., Ломизе М. Г.** Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
5. **Хаин В. Е.** Главные черты тектонического развития и нефтегазоносности Каспийско-Черноморского региона // Известия вузов. Геология и разведка. 2008. № 1. С. 22-26.
6. **Allen P. A., Allen J. R.** Basin analysis and applications. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 1990. 461 p.

УДК 551.24:553.98 (47)

**В. А. Тимофеев**

Южный федеральный университет

## **НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПАЛЕОЗОЙСКОГО КОМПЛЕКСА ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

Основные разведанные ресурсы, а также добыча нефти и газа в Предкавказье связаны с мезозоем и кайнозоем. В связи с этим название статьи кажется сенсационным, так как палеозой относится к складчатому фундаменту Скифской эпипалеозойской плиты, большинством исследователей считающимся бесперспективным в нефтегазоносном отношении. Породы фундамента, вскрытые скважинами в Предкавказье, уже утратили свои нефтегазогенерационные свойства, в связи с чем вся территория к югу от Астраханского серогазоконденсатного месторождения (включая Скифскую плиту), А. В. Бочкаревым и В. А. Бочкаревым [1] отнесена к зоне «полного отсутствия углеводородов собственной генерации». Они считают, что именно поэтому в скважинах, пробуренных в пределах кряжа Карпинского, в палеозойских отложениях, даже при умеренной преобразованности органического вещества (МК<sub>4</sub>-АК<sub>1</sub>), отсутствуют признаки углеводородов.

Несколько иной точки зрения (в целом также отрицательной) придерживаются А. И. Летавин, В. И. Громека, Л. М. Савельева [5]. По их мнению, фундамент Предкавказья представлен геосинклинальными вулканогенно-карбонатно-терригенными образованиями позднедевонско-каменноугольного возраста, регионально метаморфизованными, подвергшимися интенсивной геосинклинальной складчатости, прорванными гранитоидными интрузиями. Нефтегазоматеринские свиты в них отсутствуют, что

делает их бесперспективными для поисков сингенетичных залежей нефти и газа. Однако в палеозойских отложениях развиты вторичные коллекторы, приуроченные к зонам многочисленных разрывных нарушений, выщелачивания карбонатных пород и минералогических изменений интрузивных тел, в которых могут быть сформированы залежи углеводородов за счет их перетока из ниже-среднеюрских нефтегазоматеринских толщ, непосредственно залегающих на палеозойском фундаменте. К таким зонам относятся юго-восточный борт кряжа Карпинского, центральная часть Прикумской системы поднятий, западный борт Терско-Каспийского прогиба, южная часть Ставропольского свода, Восточно-Кубанская впадина, Адыгейский выступ. Отсутствие ниже-среднеюрской нефтегазоматеринской толщи на большей части Западного и Центрального Предкавказья и на значительной части кряжа Карпинского делает эти территории бесперспективными для поисков залежей углеводородов в отложениях фундамента.

И все же с приведенными аргументами и отрицательными оценками перспектив нефтегазоносности палеозойского фундамента Предкавказья нельзя согласиться. В настоящее время, когда в мире, начиная со второй половины XX столетия, открыто более 300 промышленных скоплений углеводородов в породах фундамента, категорическое отрицание возможности нефтегазоносности метаморфизованных и сложно дислоцированных комплексов пород является уже несостоятельным. Как правило, первые месторождения в различных странах мира были открыты случайно при бурении на плитные неметаморфизованные отложения и частичном вскрытии пород фундамента для фиксации окончания разреза осадочного чехла. Среди открытых скоплений углеводородов, по подсчетам И. И. Мартынова, 39 являются уникальными и крупными, суммарные начальные запасы которых составляют почти 15 % мировых доказанных запасов. Промышленные скопления углеводородов залегают в породах различного состава. По подсчетам В. В. Поспелова, к гранитоидам и их корам выветривания приурочено около 40 % промышленных залежей, к метаморфическим породам – 29 %, к вулканогенным породам – 13 %, к другим интрузивным образованиям – 2 % [7].

Здесь уместно отметить, что все перечисленные группы пород вскрыты скважинами и в основании платформенной плиты Предкавказья, однако среди них преобладают в различной степени метаморфизованные первично осадочные разности. Аналогичными породами сложен также фундамент Западно-Сибирской плиты, которая вместе со Скифской и Туранской плитами входит в состав единой по происхождению и истории геологического развития Евразийской платформы, что дает основание использовать закономерности, установленные в пределах одной плиты, при изучении геологического строения и нефтегазоносности других плит платформы.

В 1971 г. был получен первый приток нефти (120 т/сут) из палеозойских известняков Западной Сибири (Верх-Тарская площадь). Это открытие позволило считать фундамент осадочных чехлов эпипалеозойских плит перспективным объектом и в последующее время начать целенаправленное его изучение геофизическими методами и бурением. В результате выяснилось, что фундамент Западной Сибири является регионально нефтеносным. В дислоцированном, тектонически раздробленном и значительно метаморфизованном фундаменте плиты в различных районах и особенно в Нюрольской впадине, Среднем Приобье на глубинах от 3 до 5 км выявлено более 100 промышленных залежей нефти и газа, из которых 10 находятся уже в разработке.

Анализ особенностей залегания нефтяных и газовых залежей в осадочных чехлах и фундаменте различных стран мира позволяет сделать вывод, что для скоплений углеводородов и их сохранения нет «запретных» пород ни по их генезису и составу (осадочные, магматические, метаморфические), ни по возрасту, ни по глубине их залегания, ни по степени преобразования содержащегося в них органического вещества (ОВ), но обязательным является наличие тектонической трещиноватости и наличие, наряду с гранулярными, трещинно-каверново-пористых коллекторов.

Сходство Скифской и Западно-Сибирской плит, открытие в фундаменте последней промышленных нефтегазовых залежей позволяют считать и палеозой Предкавказья также перспективным нефтегазоносным объектом для создания крупнейшего нефтегазодобывающего комплекса на юге России. Об этом свидетельствуют многочисленные нефтегазопроявления на северном склоне Кавказа и в скважинах Предкавказья, а также открытие первого промышленного Юбилейного месторождения на территории Равнинного Дагестана, которые нельзя не принимать во внимание при оценке перспектив и выявлении закономерностей размещения углеводородов в палеозойском комплексе.

Наиболее древние породы, с которыми связаны известные нефтепроявления, имеют предположительно протерозойский возраст. Так, темрюкская свита Приазовья (возраст около 2,5 млрд лет), в которой залегает пачка графитовых гнейсов толщиной до 10 м содержит  $C_{орг}$  10-30 %. Несмотря на влияние неоднократно проявившихся факторов окисления, в образцах этих графитовых гнейсов встречены битумы, содержащие жидкую консистенцию (Л. Ф. Ажгиревич, 1986). В связи с этим весьма интересным является также факт установления нефтегазоносности докембрийских отложений в фундаменте Днепровско-Донецкой впадины, где первые притоки нефти (69 т/сут) и газа (99 м<sup>3</sup>/сут) были получены в 1985 году (скв.1-Хухринская) из докембрийских гнейсов. Позднее выяснилось что докембрийский фундамент северного борта Днепровско-Донецкой впадины регионально нефтегазоносен.

В Предкавказье, по данным А. И. Летавина, П. А. Петренко, А. Ф. Лопатина, С. А. Варягова, Б. Г. Вобликова (1994), в докембрийских гнейсах и гранитогнейсах на Шахонской площади Передового хребта обнаружены парафинистые метаморфизованные битумоиды, а в кавернах гранитов – жидкий битумоид. При бурении скважины Чайкинской-2 (южный борт Восточно-Кубанской впадины) в протерозойских амфиболовых (2671-2673 м) и мусковит-гранатовых (2687-2692 м) сланцах обнаружены тяжелые (свечение зеленовато-коричневое, коричневато-зеленое) и легкие (зеленовато-голубая люминесценция) битумоиды. В скважине 41 на Майкопской площади обнаружен битумоид А в количестве  $(0,156+0,625) \cdot 10^{-3} \%$  на породу, по своему химическому составу сходный с обычными нефтяными битумоидами. В его составе С – 79,4 %, Н – 9,79 %, отношение С/Н – 8,4. Гранит в обнажении Даховского массива в Краснодарском крае (Западный Кавказ) содержит мягкий битум.

Нефтегазопроявления в палеозойских отложениях известны в пределах зоны Передового хребта, Лабино-Малкинской моноклинали и в ряде других районов Северного Кавказа.

В зоне Передового хребта в скважинах на Урупской площади из филлитовидных сланцев и эффузивных пород получен газ, основным компонентом которого является метан (67,7-86,1 %), содержание тяжелых углеводородов – до 0,08 %. В скв. 238, 257 на глубинах 500-800 м наблюдались газопроявления, а в скв. 131, 144, 190, 208, 226, 237, 305 – свободное выделение газа. Газ метановый (более 84,3 %), содержание этана достигает 0,05 %, сероводорода и углекислого газа 3,5 %. На Урупском рудном месторождении в ряде разведочных скважин из известняков девона газ выделялся на протяжении 7 лет с дебитом до 170 м<sup>3</sup>/сут. В процессе испытания скв. 1 Бижгонской из туфопесчаников девона в интервале 1137-1153 м получена минерализованная вода с газом. Газ метановый (85,5-87,7 %), содержание тяжелых углеводородов – 2,23 %, азота + редких – 12,0 %. По количеству метана этот газ сопоставим с газом скважин Урупской площади, но отличается повышенным содержанием этана, пропана и азота. В обнажении мраморизованных известняков верхнего девона на площади Дорбунской зоны Передового хребта в кавернах и трещинах содержится густая (окисленная) нефть.

Признаки нефтегазоносности каменноугольных отложений установлены на многих площадях Краснодарского и Ставропольского краев. В обнажении карбона по долине р. Баксан в трещиноватых кремнистых сланцах обнаружен подвижный темно-желтый битумоид. На площади Черный Шахан в конгломератах выявлен гуминокерит. В скважине 40 Армавирской площади из трещинного коллектора (инт. 2304-2314 м), представленного темно-серыми и черными сланцами нижнего карбона с прослоями плотных алевролитов и песчаников, вскрыта газоконденсатная залежь промышленного значения. Дебит конденсата составил 12 м<sup>3</sup>/сут и газа 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В

скв. 2 на Восточно-Джалгинской площади в керне, представленном глинистым сланцем карбона (инт. 3327-3329 м), отмечен запах нефти.

В обнажении по долине р. Белой в пермских трещинных аргиллитах выявлена загустевшая нефть. Залежь газоконденсата в пермских отложениях установлена на Расшеватской площади (Западно-Ставропольская впадина). Признаки газоносности пермских отложений отмечены в скважине 161 на Северо-Ставропольской, в скважине 27 на Александровской, в скважине 13 на Журавской, в скважине 1 на Серафимовской, в скважине 20 на Правобережной площадях Ставропольского края.

Если учесть многочисленные газопроявления в скважинах, вскрывших палеозой в различных районах Предкавказья, в виде разгазирования бурового раствора (скв. Цимлянская 1) и растворенного углеводородного газа (скв. Котельниковская 1 на глубине 700 м и др.) в минерализованных водах хлоридно-натриевого и хлор-кальциевого состава, то региональную нефтегазоносность палеозойского комплекса можно считать установленной.

Прямые и косвенные признаки нефтегазоносности стимулировали ученых и специалистов Ставрополя (Б. Г. Вобликова, А. Ф. Лопатина, Ю. А. Стерленко, И. А. Бурлакова, А. В. Лялина, О. В. Грабкина, С. А. Варягова, З. В. Стерленко и др.) приступить в 80-е – 90-е годы к детальному анализу имеющейся геолого-геофизической информации по палеозою, провести геохимические исследования органического вещества и с учетом геологической аналогии Скифской и Западно-Сибирской плит прийти к положительной оценке перспектив нефтегазоносности палеозойских отложений. Был написан ряд объемистых отчетов о результатах этих исследований, опубликована серия научных статей. Возникло «палеозойское направление» в изучении нефтегазоносности в Предкавказье (В. В. Доценко, 2001). Были пробурены специализированные на палеозой глубокие параметрические скважины – Кунаковская 1, Приманычская 2, Достлукская 1. Примечательно то, что уже в первых двух из трех скважин были установлены притоки нефти.

В скважине Кунаковской 1 на севере Минераловодского выступа нефть обнаружена в процессе бурения в девонских породах. По данным А. К. Обыскалова, А. Н. Маркова и О. В. Грабкина [6], нефтепроявление в интервале 4754-4759 м приурочено к зоне дробления и милонитизации метаморфических сланцев, развитых вдоль поверхности сместителя Северо-Нагутского надвига. По другим данным [2], нефтепроявление связано с нефтенасыщенным песчаным пластом девонского возраста в интервале 4758-4765 м. Плотность нефти  $0,8782 \text{ г/см}^3$ , вязкость  $58 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , температура начала кипения  $338 \text{ }^\circ\text{C}$ , выход фракций 52 %, остаток 46 %. Нефть дегазированная, окисленная, что можно объяснить недостаточными герметизационными свойствами покрышки, а также расположением скважины на периферии возможной залежи.

По данным работы [6] скважина Приманычская-2 пробурена на глубину 5072 м примерно посередине между Южно-Манычским и Северо-Манычским разломами. Структурные элементы надвига, вскрытого скважиной, расположены на глубинах: 4202-4727 м – аллохтон, 4727-4835 м – зона сместителя, ниже – автохтон. В связи с тем, что керн невозможно сориентировать относительно сторон горизонта, нельзя определить направление горизонтальных тектонических движений по надвигу. В равной мере это могут быть движения с севера на юг по Южно-Манычскому надвигу или с юга на север по Северо-Манычскому. При испытании в скважине контакта пермь-карбон (инт. 3430-3440 м) был получен приток бурового раствора с густой парафинистой нефтью.

На Юбилейной площади Равнинного Дагестана открыто первое нефтяное месторождение в палеозойских породах. Залежи нефти обнаружены на глубинах более 4500 м в пачке трещиноватых кварцевых роговиков Юбилейно-Таловского поднятия, представляющего собой эрозионно-тектонический выступ [4]. В строении поднятия принимают участие палеозойские метаморфические породы, представленные чередованием тонколистоватых зеленых сланцев толщиной 0,5-20 м и массивных кварцевых роговиков (10-25 м), залегающих под углом 20-40°. На этих породах со стратиграфическим перерывом залегают нефтенасыщенные кавернозно-пористые доломиты перми-нижнего триаса толщиной до 80 м. С нижележащими нефтенасыщенными роговиками они образуют единый резервуар, перекрытый флюидоупорными кремнисто-глинистыми отложениями нижнего триаса.

Роговики на месторождении вскрыты многими скважинами и имеют максимальную толщину 70-135 м. По генезису они относятся к контактово-метаморфическим образованиям, связанным с внедрением интрузии гранитов в терригенные (алеврито-песчаные) отложения карбона. В процессе последующего поднятия и продолжительного континентального выветривания, по времени соответствующего установленному стратиграфическому перерыву (до верхней перми), кровля роговиков превратилась в выветрившуюся белесоватую породу гранобластовой структуры, состоящую из каолинизированных кристаллобластов и разложившихся листоватых обломков слюдистых минералов. Пространства между кварцем и разложившейся слюдой заполнены битумоидом.

Емкостные свойства роговиков обусловлены трещиноватостью и возникновением различных сообщающихся пустот. Трещиноватость образовалась в процессе поверхностного выветривания роговиков. Распространены открытые и минеральные макро- и микротрещины различной формы и протяженности. Поверхность макротрещин преимущественно ровная и часто покрыта окристаллизованным битумом и мелким кварцем. Трещины в основном связаны с растрескиванием роговиков, поэтому развиты разнонаправленные щелевидные очень тонкие (до 0,03 мм) разности, пронизы-

вающие породу по всем направлениям. Микротрещины толщиной до 0,8 мм и более обычно ломаные или секущие, ветвящиеся, кулисообразные, тупиковые. Раскрытость их изменяется от 0,015 до 0,6, иногда до 1 мм. Формирование пустот связано с выщелачиванием матрицы, происходящим вдоль микротрещин, и образуются различные по форме камеры размером 0,01-2 мм.

По данным гидродинамических исследований скважин Юбилейного месторождения коэффициенты продуктивности варьируют от 0,15 до 1,67 м<sup>3</sup>/сут·МПа, проницаемости – (6,4-107)·10<sup>-3</sup> мкм<sup>2</sup>. Скважины работают с дебитом нефти 100-125 м<sup>3</sup>/сут.

Таким образом, нефтенасыщенные породы Юбилейного месторождения являются сложными коллекторами, относящимися к порово-каверново-трещинному типу.

Следует подчеркнуть, что Юбилейное месторождение по своим характеристикам не является уникальным среди палеозойских залежей Евразийской платформы, в частности Западно-Сибирской плиты, где большинство промышленных залежей найдено в эрозионно-тектонических выступах кровли фундамента, независимо от состава пород [7]. Так, фундамент Шаимского свода и Березовского вала (Приуральская область) представлен осадочными терригенными разностями, известняками, базальтами, порфиритами, липаритами, гранитоидами, филлитами и кристаллическими сланцами. В Нюрольской впадине на юго-востоке Западной Сибири, несмотря на то, что палеозойские терригенно-карбонатные отложения имеют типично платформенные черты и относительно невысокую степень преобразованности органического вещества (МК<sub>1</sub>-МК<sub>4</sub>), большинство залежей также вскрыто в эрозионно-тектонических выступах. Большую роль в формировании таких резервуаров нефти и газа в Западной Сибири сыграли перерыв в осадконакоплении и тектоническая перестройка на рубеже палеозоя – мезозоя, когда в процессе активизации формировалась вторичная пустотность за счет трещиноватости и выщелачивания пород [3].

Немаловажную роль в формировании нефтегазовых залежей играли коры выветривания, широко развитые в кровле фундамента и достигающие толщин в несколько десятков метров (в Приуралье – 30-90 м). При этом кора выветривания может быть как коллектором, так и флюидоупором.

Примечательно то, что залежи нефти обнаружены и внутри палеозойского комплекса (Малоичское месторождение и др. на юго-востоке Западной Сибири). Они связаны с породами широкого возрастного диапазона – от силура до карбона включительно, в отличие от залежей в эрозионно-тектонических выступах и корах выветривания, которые могли формироваться лишь после перекрытия коллекторов мезозойскими флюидоупорами, начиная с раннеюрского времени [3]. Не исключено, что локальные залежи нефти внутри палеозоя могут быть связаны и с широко распространенными в карбонатных толщах рифогенными телами. При этом источником нефти



были сами палеозойские нефтегазоматеринские толщи, генерационный потенциал которых начал реализовываться еще в палеозойское время.

Преобразованность пород палеозоя в Западной Сибири различная и зависит, с одной стороны, от положения разрезов в структуре допалеозойского фундамента, с другой – от степени удаленности от Урала. Так, Ньюрольскую впадину на юго-востоке плиты, наиболее удаленную от Урала и формировавшуюся в палеозое на рифей-нижнекембрийском осадочном чехле Сибирской платформы, выполняют наименее преобразованные породы (катагенез ОВ – МК<sub>1</sub>-МК<sub>4</sub>). В Среднем Приобье (Самотлорская, Надымская и др. площади) катагенез достигает стадии апокатагенеза. На Красноленинском своде Ханты-Мансийского блока по степени преобразованности среди доюрских пород установлены два типа. К первому типу относятся породы, катагенез ОВ в которых достигает стадий МК<sub>5</sub>-АК<sub>1</sub>. Другой тип пород палеозоя содержит ОВ, претерпевшее катагенез до стадий АК<sub>2</sub>-АК<sub>3</sub>, а в Приуралье (Шаимский, Березовский район и др) – АК<sub>3</sub>-АК<sub>4</sub>. Промышленные залежи углеводородов связаны со всеми перечисленными типами пород.

Как правило, породы палеозойского комплекса обладают вторичной емкостью, формирующейся путем выщелачивания и деструкции пород (преимущественно карбонатов) с образованием трещиноватости и пустот на этапах катагенеза и тектонической активизации, а также в результате гидротермальной проработки черных карбонатно-кремнисто-глинистых сланцев сначала за счет термического разложения, а затем окисления рассеянного керогена, растворения и выноса из них карбонатных минералов. Проницаемые и пористые породы обычно образуют или линзы, или узкие удлиненные зоны в непосредственной близости от разломов протяженностью до 1000 км (М. Ю. Зубков, Т. А. Федорова, 1989).

Обнаружение в региональном плане промышленных залежей углеводородов в палеозойских породах, относящихся к фундаменту мезозойско-кайнозойской Западно-Сибирской плиты, явилось открытием нефтегазонального этажа нового типа, связанного с дизъюнктивно-дислоцированным и различно метаморфизованным осадочным чехлом (фундаментом мезозойско-кайнозойской плиты), перспективам которого до 70-х годов прошлого столетия не уделялось внимания. В сентябре 1977 года на деловой встрече в Кремле с геологами Сибири Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин сформулировал важность этой проблемы: «Если это действительно новый нефтегазоносный этаж в Западной Сибири, то в перспективе это очень важно, так как рано или поздно верхние мезозойские горизонты будут иссякать». Теперь этот этаж называют промежуточным между мезозойско-кайнозойской плитой и кристаллическим фундаментом. Однако палеозойский нефтегазоносный этаж с перерывом залегает на более древнем (рифей-вендском, возможно кембрийском), аналогичном по строению, этаже. Начиная с рифея территория Западной Сибири вместе с Восточной входила в состав единой Сибирской платформы и в палеогео-

графическом плане представляла собой область шельфа с мелководным терригенно-карбонатным осадконакоплением перед Уральским активным подвижным поясом.

Ресурсы углеводородов в домезозойских отложениях Западной Сибири могут быть весьма значительными и сопоставимыми с ресурсами мезозойского плитного нефтегазоносного этажа. Так, палеозой только Нюрольской впадины по общему содержанию битумоидов значительно превосходит одновозрастные отложения Татарского свода и прилегающих к нему впадин (В. С. Вышемирский, 1984). Кроме того, не исключено, что в формировании скоплений нефти в мезозойских отложениях центральной части Западной Сибири, в том числе крупнейших в Среднем Приобье, немаловажную роль сыграла ее миграция из домезозойских пород. В этом отношении показательным является Салымское месторождение, в частности отложения баженовской свиты, где детально изучены миграционные процессы по микрофоссилиям нефтей (Л. П. Климушина, А. М. Медведева, 2000). Нефть основной залежи месторождения (пласт Ю<sub>0</sub>) приурочена к трещинному коллектору битуминозно-кремнистых аргиллитоподобных глин, образованному в результате тектонической нарушенности пород. Из проб нефтей было выделено четыре типа комплексов микрофоссилий: местный из вмещающих пород и миграционные из подстилающих - нижне-среднеюрский, верхнепалеозойский, нижнепалеозойский. Последний в пробах часто составляет 80-90 %. Эти данные не подтверждают установленной точки зрения о залегании в баженовских отложениях нефти «*in situ*», ее происхождение не связано с ОБ вмещающих пород (А. Н. Гусева, В. П. Климушина, 1990), но увязывается с домезозойскими скоплениями углеводородов.

Учитывая структурно-генетическую аналогию территории Скифской и Западно-Сибирской плит, можно утверждать, что закономерности охарактеризованной нефтегазоносности палеозоя Западной Сибири могут распространяться и на палеозой Предкавказья, перспективы которого также высоки. С этой точки зрения все известные в палеозое нефтегазопроявления и открытие Юбилейного нефтяного месторождения вполне закономерны и генетически обоснованны. При этом высокая преобразованность палеозойских пород Предкавказья вместе с содержащимся в них ОБ, а также почти повсеместная полная реализация ими генерационного потенциала не имеют значения. Периодическая активизация земной коры приводила к образованию тектонической трещиноватости пород, вторичных коллекторов, переформированию сингенетических залежей и перетоку углеводородов в верхние горизонты, в том числе в отложения мезозойско-кайнозойского чехла.

О перетоке углеводородов по разломам с нижних этажей в верхние наглядно свидетельствуют закономерности размещения месторождений нефти и газа в Предкавказье. Фиксируется четкая приуроченность зон неф-

тегазонакопления к разломам: Промысловско-Цубукская, Камышанско-Каспийская, Величаевско-Максимокумская, Сухокумско-Душетская, Озек-Суатская, Совхозно-Урожайненская, Прасковейско-Ачикулакская. Связь цепочек месторождений с протяженными разломами (путями миграции) в Западном Предкавказье и Терско-Сунженской нефтегазоносной области также является явным доказательством их формирования за счет перетока углеводородных растворов из нижележащих более древних горизонтов. Так, на Заманкульском месторождении Терско-Сунженского района нефтяные залежи в верхнемеловых, готеривских, валанжинских и верхнеюрских отложениях характеризуются общностью генетических параметров. Это свидетельствует о том, что залежи сформировались за счет единого источника в результате мощной вертикальной инъекции углеводородных растворов по разломам из более глубоких горизонтов. Присутствие спор и пыльцы позднепалеозойского возраста в меловых нефтях подтверждает это (Н. Ш. Яндарбиев и др., 1998).

Установление роли вертикальной миграции в формировании нефтегазовых залежей в верхних горизонтах осадочного чехла имеет важнейшее теоретическое и практическое значение. Во-первых, оно объясняет приуроченность нефтегазовых месторождений к региональным линейным и локальным кольцевым зонам тектонической нарушенности земной коры, связанной с периодической ее активизацией; во-вторых, по комплексам микрофоссилий в нефтях можно определять возраст очагов – источников углеводородов при формировании их скоплений в вышележащих горизонтах; в-третьих, и это, пожалуй, самое главное, дает возможность прогнозировать по скоплениям нефти и газа в верхних горизонтах наличие залежей в нижних, стратиграфический диапазон распространения которых ограничивается возрастом наиболее древних комплексов микрофоссилий в углеводородах.

Эта закономерность установлена во многих бассейнах. Так, в Днепровско-Донецкой впадине в подавляющем числе случаев структуры, являющиеся продуктивными по верхним горизонтам осадочного чехла, содержат залежи и в более древних отложениях во всем регионе. Это обстоятельство, наряду с уменьшением вверх по разрезу количества продуктивных площадей, может являться свидетельством широко проявившегося процесса вертикальной миграции углеводородов (Л. М. Кучма, 2000). Дополнительным подтверждением этому служит и присущий региону многозалежный характер месторождений, обусловленный осложненностью поднятий дизъюнктивными нарушениями. Диапазон нефтегазоносности по разрезу месторождений превышает 2500 м.

Основываясь на охарактеризованных закономерностях, можно прогнозировать под мезозойскими нефтегазовыми месторождениями Ставропольского края (Прикумская система поднятий и др.) скопления углеводородов в палеозойском комплексе пород. Не исключено, что, исходя из

сходства структурных условий с Западной Сибирью, многие из них могут быть связаны с рифовыми массивами.

Органогенные постройки в палеозое Предкавказья достоверно пока не установлены и специальные исследования по их выявлению не проводились, хотя это является весьма актуальной задачей при оценке перспектив нефтегазоносности, так как в Прикаспии рифовые массивы во многих случаях содержат значительные запасы углеводородов.

Используя структурные карты кровли каменноугольных, девонских и нижнепалеозойских отложений, построенные А. В. Лялиным по геолого-геофизическим материалам Ставрополя, были построены карты изопахит девона и карбона, на которых выделены структуры с аномальными их толщинами среди фоновых значений. Имеются основания предполагать связь этих повышенных толщин с органогенными постройками (рифовыми массивами). Амплитуда массивов колеблется в пределах 100-500 м, что вполне сравнимо с рифовыми массивами в структурах-аналогах. Среди массивов выделяются сквозные (по девону и карбону) и распространенные или только в девонских, или только в каменноугольных отложениях, что подтверждает принадлежность массивов к органогенным постройкам. Как правило, выявленные поднятия приурочены к крупным положительным блокам (Маньчский докембрийский антиклинорий и др., по работе [2]), разделенными глубокими, линейно вытянутыми прогибами, на глубине имеющими, видимо, рифтогенную природу. Пока выделены три зоны распространения органогенных построек, которые заслуживают детального изучения с целью выявления их возможной нефтегазоносности: Приманьчская, Журавско-Гороховская и Кумско-Ногайская. Первоочередной структурой для глубокого бурения следует считать предполагаемый Приманьчский рифовый массив, где наблюдалось нефтепроявление в палеозое в глубокой скважине Приманьчской-2.

Достоверную количественную оценку ресурсов углеводородов в палеозое Предкавказья в настоящее время из-за недостатка информации дать не представляется возможным, однако можно предполагать, что их значительно больше, чем в мезозойско-кайнозойском чехле. В связи с этим необходимо начать ускоренное изучение нефтегазоносности палеозоя, поскольку приведенное выше мнение А. Н. Косыгина (1977) о доюрском нефтегазоносном этаже Западной Сибири является актуальным в настоящее время и для Предкавказья.

### **Библиографический список**

1. **Бочкарев А. В., Бочкарев В. А.** Рубеж перспективности палеозойских отложений на юге России // ТЭК России – основа процветания страны. СПб.: Недрa, 2004. С. 178-183.

2. **Вобликов Б. Г.** Тектоника и природные резервуары глубокопогруженных отложений мезозоя и палеозоя Центрального и Восточного Кавказа и Предкавказья в связи с перспективами нефтегазоносности: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Ставрополь, 2005.
3. **Данилкин М. С.** Время формирования залежей нефти и газа в палеозойских отложениях Нюрольской впадины // Геология нефти и газа, 2005. № 6. С. 2-7.
4. **Жгенти Т. Г., Крысанова Л. В.** Генезис и коллекторские свойства продуктивных палеозойских отложений Дагестана // Геология нефти и газа. 1989. № 6. С. 30-35.
5. **Летавин А. И., Громека В. И., Савельева Л. М.** Фундамент Предкавказья и его возможная нефтегазоносность // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2004. № 4. С. 46-48.
6. **Обыскалов А. К., Марков А. Н., Грабкин О. В.** Надвиги в фундаменте Скифской плиты // Геотектоника. 1992. № 4. С. 52-63.
7. **Шнип О. А.** Методика поисков скоплений нефти и газа в породах фундамента // Геология нефти и газа. 2005. № 4. С. 22-25.

УДК 552.5782

**А. В. Маслов<sup>1,2</sup>, К. Ш. Биглов<sup>1</sup>, Ю. Л. Ронкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уральский гос. горный университет

<sup>2</sup>ИГГ УрО РАН

## **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ НЕФТЕЙ РЯДА РЕГИОНОВ РОССИИ: опыт сопоставления**

Неорганическая геохимия нефтей представляет сегодня все еще существенно менее разработанную область по сравнению с органической геохимией нафтидов. В значительной мере это связано с отсутствием на протяжении длительного времени инструментальных возможностей определения содержаний широкого спектра элементов-примесей в нафтидах и, в том числе, непосредственно в сырых нефтях. Только широкое внедрение в практику аналитических работ в последние 10-15 лет метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) позволило вплотную подойти к этапу накопления данных для постановки этой проблемы. Исследования в данном направлении были начаты с использовани-

ем принципиально иных аналитических методов С. А. Пунановой, В. А. Чахмахчевым, И. Ф. Лосицкой и продолжены Р. П. Готтих, Б. И. Писоцким, Н. А. Панеях, С. Ф. Винокуровым, А. А. и С. А. Маракушевыми. При этом авторы в основном оперировали данными о содержаниях элементов-примесей (ЭП) в асфальтенах и бутумах, где концентрации их на один-два порядка выше, чем в сырой нефти. В начале нового века в геологической литературе появились первые сведения о содержаниях элементов-примесей в сырых нефтях ряда регионов России [1, 4, 5], что позволяет, с учетом наших оригинальных данных по содержанию ЭП в нефтях севера Красноленинского НГР (Западная Сибирь), наметить некоторые черты их сходства и различия.

Из-за недостатка места в настоящей заметке мы рассмотрим только результаты сопоставления содержаний элементов-примесей (ЭП) в сырых нефтях Шаимского, Среднеобского и северной части Красноленинского нефтегазоносных районов (НГР) Западной Сибири, а также Ромашкинского месторождения Республики Татарстан с содержаниями ЭП в таком модельном геохимическом объекте, как постархейский австралийский сланец (РААС). Кроме того, будут проанализированы нормированные на хондрит спектры распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) и элементов платиновой группы (ЭПГ).

Некоторые статистические данные (медианное<sup>1</sup>, минимальное и максимальное содержания, а также величина стандартного отклонения) для сопоставляемых выборок нефтей различных регионов приведены в табл. 1.

Пороговым значением для отнесения нефтей к классу обогащенных ЭП является величина  $V+Ni+Fe > 10$  г/т [3]. Медианная величина суммы V, Ni и Fe в нефти Шаимского НГР Западной Сибири составляет  $100,53 \pm 3,91$  г/т, минимальное и максимальное значения  $V+Ni+Fe$  равны соответственно 95,78 и 104,76 г/т. По соотношению Fe, Ni и V все образцы нефтей из приведенной в работе [5] выборки относятся к типу железистых ( $Fe > V > Ni$ ). Медианное содержание Fe в нефтях Шаимского НГР составляет  $91,04 \pm 5,10$ , никеля –  $1,66 \pm 1,08$  и ванадия –  $6,85 \pm 2,26$  г/т.

Нефть Среднеобского района Западной Сибири также принадлежит к классу обогащенных ЭП; сумма  $V+Ni+Fe$  варьирует в ней от 65 до 72 г/т. Медианные содержания Fe, Ni и V составляют соответственно  $50,55 \pm 2,30$ ,  $7,35 \pm 3,91$  и  $11,04 \pm 0,83$  г/т. Это, как и шаимские, нефти железистого типа ( $Fe > V > Ni$ ).

Нефть Ромашкинского месторождения характеризуется существенно более низким суммарным содержанием V, Ni и Fe. Медианная величина  $V+Ni+Fe$  для нее составляет всего около 17 г/т при величине стандартного

---

<sup>1</sup> Мы используем медианные значения отношений, так как этот статистический параметр позволяет дать обобщенную оценку аналитических данных с неизвестным характером распределения [8, 9].

Таблица 1

Медианные, минимальные и максимальные (в г/т) содержания элементов-примесей  
в нефтях различных регионов

Регионы /параметры	Шаньский НГР Западной Сибири			Северная часть Красноленинского НГР			Ромашкинское месторождение РТ					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Элементы	медиана	СО	минимум	максимум	медиана	СО	минимум	максимум	медиана	СО	минимум	максимум
Na	26,77	20,51	18,79	74,63	305,37	2347,25	13,12	6881,00	56,13	661,87	2,54	1663,97
Mg	3,32	3,34	2,87	11,42	19,77	18,33	10,49	67,01	0,38	23,01	0,21	56,72
Al	2,31	0,37	1,78	2,73	21,72	7,44	16,98	36,87	0,039	0,017	0,032	0,075
Sc	0,69	0,14	0,47	0,81	0,81	0,39	0,28	1,51	0,0044	0,0021	0,0021	0,0073
Ti	1,39	0,34	1,05	0,083	19,52	10,16	14,82	45,70	0,018	0,0038	0,011	0,021
V	6,84	2,26	6,10	12,11	0,071	0,029	0,036	0,12	3,43	2,949	0,42	7,91
Mn	0,16	0,10	0,14	0,40	0,24	0,20	0,12	0,63	0,23	0,040	0,17	0,27
Co	0,015	0,005	0,013	0,017	0,021	0,0071	0,011	0,031	0,03	0,017	0,025	0,067
Ni	1,66	1,08	1,57	4,29	3,82	0,46	3,50	4,72	6,98	8,34	1,27	23,25
Cu	1,32	0,05	1,24	1,37	0,22	0,56	0,016	1,60	0,11	0,26	0,097	0,76
Zn	2,75	0,60	2,39	4,05	5,015	2,95	3,03	10,58	0,42	0,12	0,37	0,69
Ga	0,068	0,08	0,047	0,25	0,048	0,11	0,014	0,31	0,044	0,023	0,016	0,080
Rb	0,039	0,010	0,024	0,059	0,023	0,031	0,019	0,10	0,0039	0,86	0,0028	2,12
Sr	0,31	0,050	0,25	0,40	4,07	13,91	0,56	41,76	0,084	25,97	0,021	63,68
Y	0,0015	0,0006	0,0011	0,0045	0,0045	0,0045	0,0034	0,016	0,0019	0,0007	0,0008	0,0027
Zr	0,035	0,050	0,028	0,15	0,054	1,87	0,027	5,35	0,019	0,022	0,0049	0,066
Nb	0,0010	0,0003	0,0008	0,0018	0,0046	0,0077	0,0035	0,026	0,0022	0,0012	0,0014	0,0048
Mo	0,050	0,43	0,025	1,10	0,037	0,0056	0,032	0,048	0,051	0,011	0,037	0,065
Ru	0,0056	0,0012	0,0051	0,0059	0,0033	0,0009	0,0018	0,0043	0,0020	0,013	0,0010	0,034
Rh	0,0003	0,00012	0,0003	0,0007	0,0020	0,0022	0,0009	0,0076	0,0005	0,0035	0,0003	0,0091
Ag	0,049	0,050	0,014	0,15	0,0035	0,015	0,0025	0,047	0,0069	0,41	0,0009	0,87
Pd	0,0019	0,0004	0,0013	0,0069	0,0002	0,0010	0,0002	0,0029	0,0030	0,0028	0,0017	0,0092
Cd	0,014	0,0018	0,012	0,019	0,0070	0,0025	0,0038	0,011	0,0010	0,0004	0,0008	0,0018
In	0,013	0,010	0,0086	0,047	0,0015	0,0004	0,0012	0,0023	0,0002	0,0001	0,0001	0,0004
Sn	0,363	0,040	0,297	0,42	0,032	0,012	0,031	0,063	0,026	0,033	0,0043	0,096

Окончание табл. 1

Элементы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sb	0,0016	0,0004	0,0012	0,0021	0,0003	0,0002	0,0001	0,0006	0,0125	0,0197	0,0070	0,0556
Te	0,0046	0,0002	0,0041	0,0047	0,0019	0,0043	0,0014	0,012	0,0012	0,0015	0,0001	0,0046
Cs	0,0054	0,0031	0,0027	0,011	0,0002	0,12	0,0001	0,29	0,0046	0,0147	0,0012	0,0369
Ba	0,13	0,025	0,11	0,18	0,11	0,21	0,0088	0,57	1,9239	5,7442	0,2485	15,6100
La	0,0018	0,0005	0,0014	0,0026	0,0015	0,0002	0,0013	0,0017	0,0059	0,0026	0,0031	0,0100
Ce	0,0022	0,0004	0,0017	0,0029	0,0021	0,00070	0,0012	0,0031	0,011	0,0050	0,0057	0,0199
Pr	0,0003	0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	0,00010	0,00020	0,0005	0,0011	0,0005	0,0006	0,0019
Nd	0,0008	0,0002	0,0006	0,0012	0,0008	0,00050	0,00060	0,0017	0,0043	0,0017	0,0025	0,0071
Sm	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,00010	0,00010	0,0004	0,0008	0,0004	0,0005	0,0016
Eu	0,0002	0,0001	0,0002	0,0004	0,0004	0,00070	0,00010	0,0020	0,0020	0,0043	0,0007	0,0120
Gd	0,0002	0,0001	0,0001	0,0004	0,0002	0,00010	0,00010	0,0004	0,0008	0,0004	0,0005	0,0017
Hf	0,0022	0,0027	0,0017	0,0086	0,0022	0,011	0,0015	0,026	0,0013	0,051	0,00078	0,14
W	0,0025	0,0015	0,0019	0,0059	0,0066	0,0014	0,0045	0,0079	0,034	0,024	0,024	0,099
Re	0,000025	0,00047	0,000008	0,0012	0,00054	0,00035	0,00015	0,00098	0,0027	0,0017	0,0016	0,0071
Os	0,00004	0,000013	0,000020	0,000060	0,000088	0,00010	0,000037	0,00032	0,00022	0,000077	0,00013	0,00036
Ir	0,000006	0,000010	0,0000020	0,000030	0,000077	0,00017	0,000019	0,00048	0,00016	0,00039	0,00010	0,00127
Pt	0,00013	0,000094	0,000050	0,00033	0,0026	0,0018	0,00088	0,0054	0,0037	0,00061	0,0034	0,0053
Au	0,00012	0,000039	0,00011	0,00020	0,00065	0,0013	0,00034	0,0038	0,023	0,0017	0,020	0,0253
Hg	0,0010	0,00052	0,00090	0,0020	0,0029	0,0016	0,0019	0,0062	0,15	0,070	0,11	0,3079
Pb	0,044	0,11	0,030	0,30	0,053	0,021	0,039	0,097	0,054	0,038	0,032	0,1513
Bi	0,022	0,063	0,0082	0,17	0,00069	0,00043	0,00022	0,0012	0,0051	0,0080	0,0040	0,0275
Th	0,00010	0,000052	0,00010	0,00020	0,000041	0,000032	0,000026	0,00010	0,00089	0,0011	0,00061	0,0038
U	0,084	0,029	0,059	0,13	0,0093	0,03	0,0045	0,08	0,054	0,067	0,031	0,21
Cr	30,03	6,85	24,68	44,25	1,065	0,73	0,4518	2,13	1,50	0,46	0,74	2,19
Fe	91,03	5,10	82,10	96,36	5,76	2,12	2,38	7,86	59,63	17,46	30,36	79,24

Примечание. СО – стандартное отклонение.



отклонения  $\sim 12$  г/т. При этом максимальное значение суммы V, Ni и Fe больше минимального примерно на порядок (36,55 и 4,07 г/т). По соотношению Fe, V и Ni среди приведенных в работе [1] образцов нефтей можно выделить два типа. Три из шести образцов характеризуются преобладанием никеля над железом и ванадием, причем в одном из них содержание железа меньше, чем содержание ванадия и никеля. Три других образца принадлежат железистому типу нефтей, однако, в отличие от шаимской нефти, содержание никеля в них выше, чем содержание ванадия. Если же взять в целом выборку из 6 образцов, то медианные содержания V, Ni и Fe для нее составляют соответственно  $2,74 \pm 2,78$ ,  $6,98 \pm 8,34$  и  $5,76 \pm 2,12$  г/т.

В нефти северной части Красноленинского НГР медианное значение  $V+Ni+Fe$  сопоставимо с тем, что характерно для нефтей Среднеобского района ( $63,94 \pm 17,80$  г/т). Медианные содержания ванадия, никеля и железа составляют в ней соответственно  $0,07 \pm 0,03$ ,  $3,82 \pm 0,46$  и  $59,64 \pm 17,46$  г/т), и, таким образом, нефти этого региона относятся к классу железистых. Однако, если в нефти Шаимского НГР содержание ванадия выше, чем содержания никеля, то в красноленинской нефти ванадий практически отсутствует.

Сопоставление содержаний ЭП в нефти с содержанием их в PAAS выполнено нами для стандартного набора ЭП: крупноионных литофилов (Rb, Cs, Ba, Sr, Th и U), переходных/транзитных металлов (Cr, Co, Ni, V, Cu, Zn, Ga), высокозарядных элементов (Zr, Hf, Y, Nb), прочих (Mo, W, Pb, Bi) и редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Eu, Gd, Yb и Lu).

В нефти Шаимского НГР среди указанного набора ЭП только для Cr медианное содержание равно  $0,27$  x PAAS (рис. 1). Медианные содержания урана, никеля, ванадия, меди, цинка, молибдена<sup>2</sup> и висмута составляют порядка  $0,0n$  x PAAS. Все остальные ЭП присутствуют в заметно меньших количествах.

Нефти Среднеобского района содержат в заметном количестве Cr (от  $0,26$  до  $0,30$  x PAAS). Содержания U и Ni варьируют в них от  $0,0n$  до  $0,n$  x PAAS, а концентрации V, Cu, Zn и Mo составляют  $0,0n$  x PAAS.

В нефти северной части Красноленинского НГР медианные содержания исследуемого нами набора ЭП только для Sr, Cr, Ni, Zn, Mo, W и Bi составляют  $0,0n$  x PAAS. Ни для одного из ЭП, входящих в приведенный выше список, не характерны медианные содержания на уровне  $0,n$  x PAAS. Если же ориентироваться на максимальные содержания, то уровень в  $0,1$  x PAAS превышен для стронция, цинка и висмута. Максимальные содержания Ba, U, Cr, Ni, Cu, Ga, Zr, Hf, Mo, W и Eu варьируют от  $0,01$  (Eu) до  $0,086$  (Ni).

Содержания ЭП в нефти Ромашкинского месторождения заметно ниже, чем в приведенных выше примерах. Только медианное содержание никеля составляет здесь  $0,13$  x PAAS. Медианные содержания еще нескольких ЭП (Cr, V, Mo) составляют от  $0,012$  до  $0,051$  x PAAS. Если же

---

<sup>2</sup> Максимальное содержание Mo составляет  $1,1$  x PAAS.

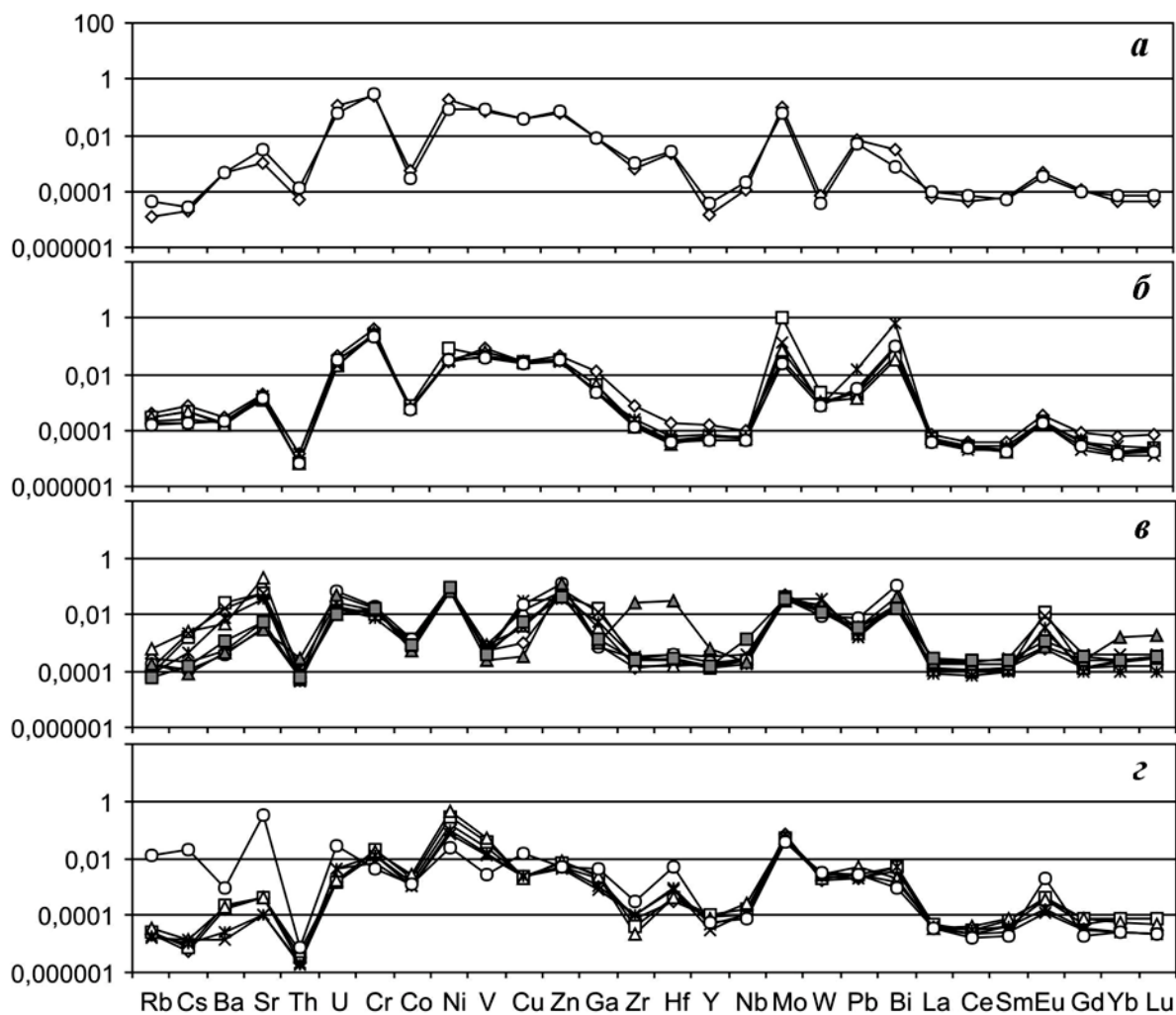


Рис. 1. Нормированные на PAAS спектры распределения элементов примесей в нефтях Среднеобского НГР (а), Шаимского НГР (б), северной части Красноленинского НГР (в) Западной Сибири и Ромашкинского нефтяного месторождения (г) Республики Татарстан

обратиться к анализу максимальных содержаний, то уровень  $0,0n$  х PAAS достигает Sr и Ni, а уровень  $0,0n$  х PAAS – Rb, Cs, U, Cr, V, Cu и Mo.

Медианное значение суммы РЗЭ в нефти Шаимского НГР составляет  $0,0060 \pm 0,0015$  г/т, при максимальной величине  $0,0087$  г/т. Для нефти Красноленинского НГР этот параметр заметно выше –  $0,030 \pm 0,012$ . В приведенных в работе [5] двух образцах нефти Среднеобского района сумма РЗЭ варьирует от  $0,010$  до  $0,014$  г/т. Медианная величина суммы РЗЭ для нефти Ромашкинского месторождения практически совпадает с цифрой, характерной для шаимской нефти; достаточно сходны в данном случае минимальные и максимальные величины  $\Sigma$ РЗЭ.

Основные параметры нормированных на хондрит спектров РЗЭ в нефти различных регионов приведены в табл. 2. Их анализ позволяет сделать следующие выводы. Медианная величина отношения  $LaN/YbN$ , характери-

зующего крутизну наклона левой (в области легких РЗЭ) ветви спектров РЗЭ, в нефти Шаимского НГР составляет  $23,81 \pm 6,80$ . Подобные высокие значения  $La_N/Yb_N$  характерны для пород архейских тоналит-гранодиорит-гранитных ассоциаций и гранитоидов того же возраста [7]. Для нефти Шаимского НГР характерно также выраженное деплетирование тяжелых РЗЭ ( $Gd_N/Yb_N = 2,38 \pm 0,57$ ) и хорошо проявленная положительная Eu аномалия ( $Eu/Eu^* = 4,60 \pm 0,80$ ) (рис. 2). Максимальное значение  $Eu/Eu^*$  в нефти Шаимского НГР составляет по данным, приведенным в работе [5], 5,94.

Таблица 2

Основные параметры нормированных на хондрит спектров РЗЭ в нефти различных регионов

Параметры	$La_N/Yb_N$	$La_N/Sm_N$	$Gd_N/Yb_N$	$Eu/Eu^*$
Шаимский НГР				
Медиана	23,81	8,99	2,38	4,60
СО	6,80	2,45	0,57	0,80
Минимум	10,32	6,69	1,71	4,03
Максимум	27,00	13,29	3,23	5,94
Северная часть Красноленинского НГР				
Медиана	6,40	4,14	1,14	8,12
СО	2,45	0,44	0,46	20,34
Минимум	1,24	3,70	0,20	2,27
Максимум	9,54	5,12	1,64	61,70
Ромашкинское месторождение РТ				
Медиана	9,37	4,10	1,47	3,48
СО	4,83	1,94	0,40	23,93
Минимум	4,52	2,28	0,88	2,88
Максимум	15,78	7,36	1,90	62,11

Примечание. СО – стандартное отклонение.

Нефть Красноленинского НГР характеризуется существенно меньшей медианной величиной  $La_N/Yb_N$ , чем нефть Шаимского НГР ( $6,40 \pm 20,45$ ). Подобного уровня значения  $La_N/Yb_N$  среди магматических образований характерны для андезитов различного возраста, а также большинства кратонных глинистых сланцев [7]. Деплетирование тяжелых РЗЭ в красноленинской нефти, в отличие от шаимской нефти, не наблюдается, однако медианное значение положительной Eu аномалии примерно в 2 раза выше ( $8,12 \pm 20,34$ ). Существенно более высокое значение величины стандартного отклонения обусловлено в рассматриваемом случае заметным разбросом минимальных и максимальных значений  $Eu/Eu^*$  (соответственно 2,27 и 61,70 против 4,03 и 5,94 для шаимской нефти).

Нефть Ромашкинского месторождения Республики Татарстан, как это следует из приведенных в работе [1] данных, характеризуется медианной величиной  $La_N/Yb_N$   $9,37 \pm 4,83$ . Деплетирование ТРЗЭ для нее не выра-

жено. Медианная величина положительной европиевой аномалии примерно сопоставима с той, что присуща шаимской нефти, однако разброс минимальных и максимальных значений  $Eu/Eu^*$ , как и в случае с красноленинской нефтью, весьма значителен (от 2,88 до 62,11).

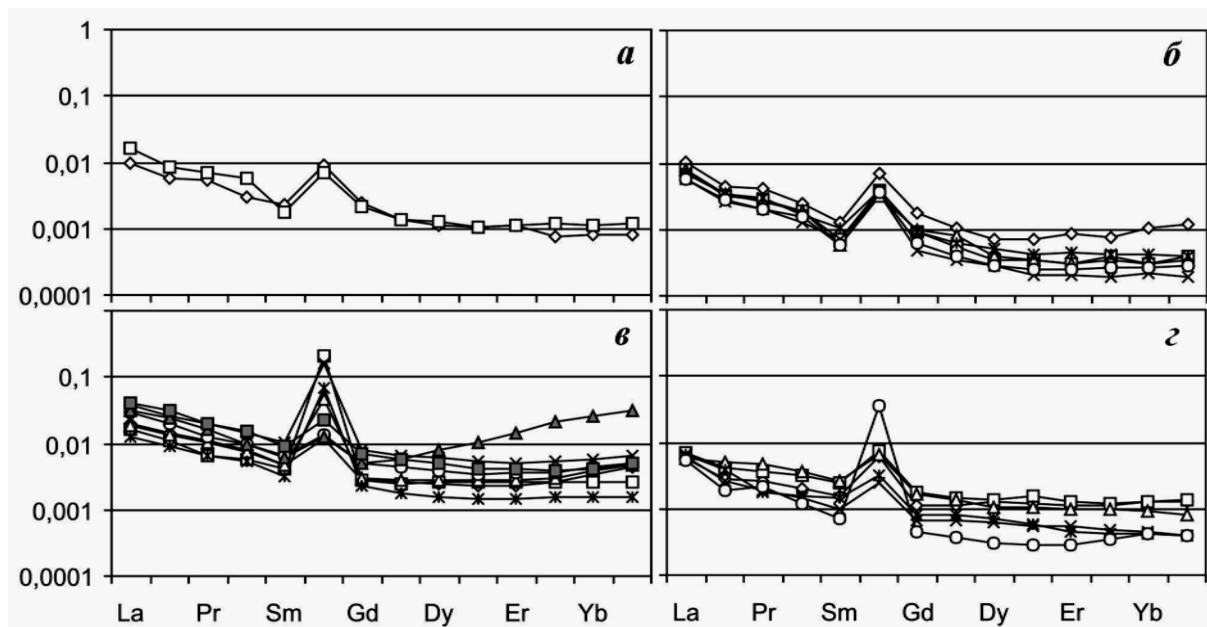


Рис. 2. Нормированные на хондрит спектры распределения редкоземельных элементов в нефтях Среднеобского НГР (а), Шаимского НГР (б), северной части Красноленинского НГР (в) Западной Сибири и Ромашкинского нефтяного месторождения (г) Республики Татарстан

Ранее, рассматривая особенности систематики РЗЭ в породах юры и мела Северо-Покачевского месторождения Широкого Приобья [2, 6], мы уже пытались определить круг причин, которыми может контролироваться наличие положительной  $Eu$  аномалии в осадочных образованиях (присутствие в значительных количествах в породах полевых шпатов, воздействие на РЗЭ-систематику обломочных пород восстановительных обстановок в пластах-коллекторах, вторичные изменения микроэлементной характеристики пород, обусловленные воздействием глубинных флюидов, изменения в общей схеме осадконакопления). Для конкретной геологической ситуации Северо-Покачевского месторождения оказалось возможным предположить, что присутствие пород с заметными положительными  $Eu$  аномалиями, а также повышенными содержаниями  $As$ ,  $Sb$ ,  $Te$ ,  $Tl$  и  $Hg$  может являться отражением процессов поступления указанных элементов в осадочный чехол в составе флюидов в условиях повышенной проницаемости континентальной коры.

В нашем же случае присутствие положительных европиевых аномалий в нефтях различных регионов логичнее всего связать с характерной для них резко восстановительной обстановкой. В подобных условиях  $Eu$

присутствует в системах в двухвалентном состоянии; ионный радиус  $\text{Eu}^{2+}$  примерно соответствует ионному радиусу лантана, и как следствие этого на графиках распределения позиция европия сопоставима с позицией лантана, т. е. величина  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  имеет положительное значение.

Медианное содержание ЭПГ в нефти Шаимского района составляет  $0,0080 \pm 0,0020$  г/т, максимальная величина суммы ЭПГ достигает 0,013 г/т. В нефти Среднеобского района сумма ЭПГ варьирует от 0,015 до 0,024 г/т. Нефть северной части Красноленинского НГР характеризуется медианной величиной суммы ЭПГ, сопоставимой с той, что присуща шаимской нефти ( $0,0095 \pm 0,0030$ ). Минимальное и максимальное содержания ЭПГ составляют в ней соответственно 0,0082 и 0,015 г/т. Близкая медианная величина суммы ЭПГ характерна и для нефти Ромашкинского месторождения ( $0,0090 \pm 0,0192$  г/т), однако в рассматриваемом случае минимальное и максимальное значения  $\Sigma\text{ЭПГ}$  различаются более чем на порядок.

Весьма показательны, что имеющиеся в нашем распоряжении выборки нефти различных регионов существенно различаются по величине отношения  $\text{Pt}/\text{Pd}$ . Так, нефть Шаимского НГР характеризуется медианным значением  $\text{Pt}/\text{Pd} = 0,057$  (минимум – 0,019, максимум – 0,150). Нефть Ромашкинского месторождения имеет медианное значение рассматриваемого параметра 1,04, а нефть северной части Красноленинского НГР характеризуется отчетливо выраженной специализацией на платину ( $\text{Pt}/\text{Pd}_{\text{медиана}} = 18,56$ ). Соотношение  $\text{Ru} : \text{Ir} : \text{Rh}$  в нефти Шаимского НГР варьирует от 95 : 0 : 5 до 88 : 0 : 12. Этот же параметр в нефти Ромашкинского месторождения имеет вид от 66 : 1 : 33 до 80 : 5 : 16. Нефть же севера Красноленинского НГР характеризуется весьма существенными вариациями величины  $\text{Ru} : \text{Ir} : \text{Rh}$  (от 29 : 1 : 69 до 77 : 4 : 19). Соотношение  $\text{Pt}$ ,  $\text{Pd}$  и  $\text{Ir} + \text{Ru} + \text{Rh}$  в нефти различных регионов приведено в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение элементов платиновой группы в нефти различных регионов

Pt	Pd	(Ir+Ru+Rh)
Шаимский НГР		
1	54	45
2	18	80
Ромашкинское месторождение РТ		
2	17	81
46	29	25
Северная часть Красноленинского НГР		
27	1	72
45	2	52
35	19	45

Обратимся теперь к рассмотрению нормированных на хондрит спектров распределения ЭПГ в нефти разных регионов (рис. 3). Содержания ЭПГ в нефти Среднеобского района варьируют от 0,00001 до 0,0000001 х хондрит, при этом минимальная медианная величина данного параметра характерна для осмия, а максимальная – для палладия. Максимальное по отношению к хондриту содержание ЭПГ в нефти Шаимского НГР характерно для рутения и палладия, минимальное – для осмия, платины и особенно иридия. Содержания ЭПГ в красноленинградской нефти варьируют от 0,00001 и выше до 0,000000n х хондрит, что в принципе сопоставимо с пределами вариаций, типичными для нефти Среднеобского района и Ромашкинского месторождения. Минимальные содержания ЭПГ в красноленинградской нефти характерны для палладия, осмия и иридия, относительно повышенные для рутения и платины и максимальные – для родия. Содержания рутения, родия, палладия и платины в нефти Ромашкинского месторождения варьируют от 0,0000025 до 0,0000054 х хондрит, осмия и иридия – от 0,00000014 до 0,00000017 х хондрит.

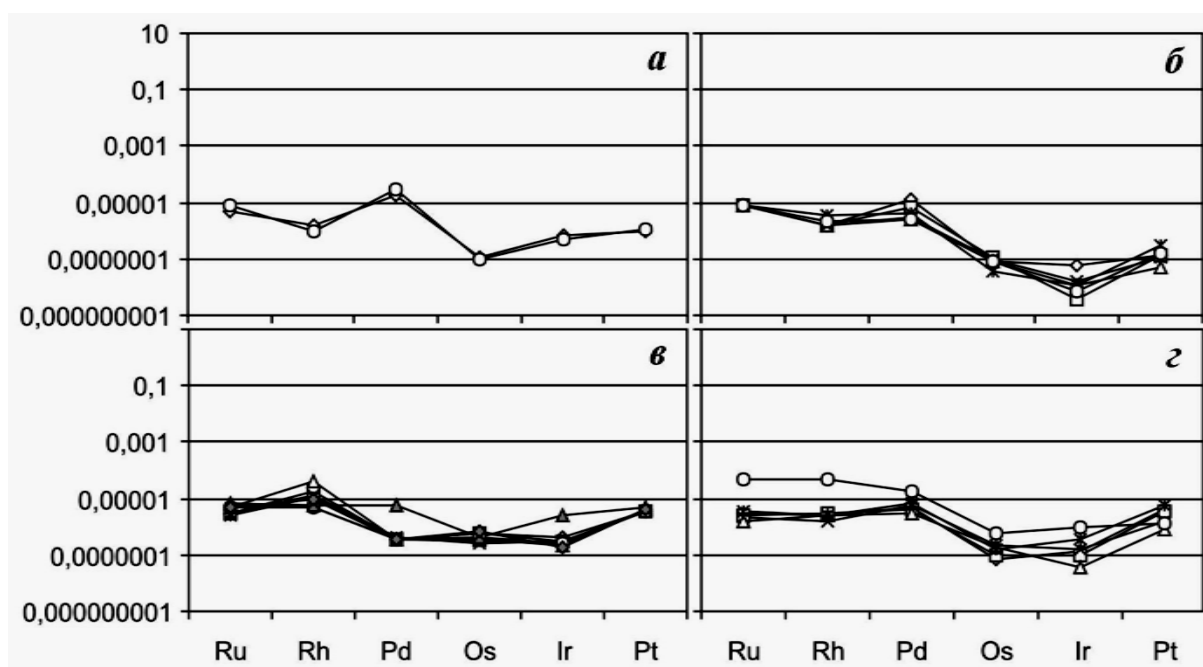


Рис. 3. Нормированные на хондрит спектры распределения элементов платиновой группы в нефтях Среднеобского НГР (а), Шаимского НГР (б), северной части Красноленинского НГР (в) Западной Сибири и Ромашкинского нефтяного месторождения (з) Республики Татарстан

Проведенные нами исследования позволяют сделать ряд выводов<sup>3</sup>. Во-первых, нефти Шаимского и Красноленинского НГР Западной Сибири существенно (почти на порядок) превосходят нефть Ромашкинского ме-

<sup>3</sup> Из обсуждения результатов мы исключили данные по Среднеобскому району, так как в работе [4] приведено всего 2 анализа ее.

сторождения по суммарному содержанию Fe, Ni и V. Западносибирская нефть принадлежит к железистому, скорее всего вторично обогащенному микроэлементами типу ( $Fe > Ni > V$  или  $Fe > V > Ni$ ); нефть Ромашкинского месторождения относится к никелевому типу ( $Ni > Fe > V$ ), но в отличие от данных, приведенных в работе [3], она характеризуется относительно высоким (до 13–15 г/т) суммарным медианным содержанием названных элементов, тогда как, по мнению С. А. Пунановой, никелевый тип нефти – это нефти катагенетически преобразованные.

По суммарному содержанию РЗЭ нефти Шаимского НГР и Ромашкинского месторождения достаточно близки между собой, нефть северной части Красноленинского НГР содержит примерно в 5 раз больше редкоземельных элементов. Если же обратиться к сопоставлению основных параметров спектров РЗЭ, то мы увидим, что максимальные медианные значения отношения  $La_N/Yb_N$  характерны для нефти Шаимского НГР ( $\sim 23,8$ ) ромашкинская нефть имеет существенно более низкую медианную величину названного параметра ( $\sim 9,4$ ), а нефти северной части Красноленинского НГР присущи минимальные значения  $La_N/Yb_{N\text{ мед}}$  ( $\sim 6,4$ ). Нефть Ромашкинского месторождения и Красноленинского НГР не деплетирована тяжелыми РЗЭ, шаимская нефть, напротив, характеризуется медианным значением  $Gd_N/Yb_N \sim 2,4$ . Медианные значения положительной европиевой аномалии в нефтях всех трех сопоставляемых регионов достаточно близки друг другу. В нефтях Шаима и Ромашкино также достаточно близки медианные значения суммы ЭПГ (соответственно  $\sim 0,008$  и  $\sim 0,009$  г/т); в красноленинской нефти суммарное содержание ЭПГ на порядок выше. Резкие различия между нефтями всех трех сопоставляемых регионов наблюдаются по величине отношений Pt/Pd и Ru/Ir. Медианная величина первого минимальна в шаимской нефти (0,057), в нефти Ромашкинского месторождения она составляет  $\sim 1$ , а в красноленинской нефти возрастает до 18 и более. Медианная величина второго из указанных выше отношений максимальна в нефти Шаимского НГР ( $\sim 900$ ), в ромашкинской нефти она составляет около 30, а в нефти Красноленинского НГР – несколько меньше 16.

Таким образом, нефти всех трех регионов различаются между собой по значительному числу геохимических параметров как по содержанию и соотношению «биогенных» элементов (V, Ni, Fe), что не является для специалистов по неорганической геохимии нефти в принципе чем-то новым, так и по параметрам нормированных на хондрит спектров РЗЭ и ЭПГ. Весьма значительны различия между ними по соотношению отдельных элементов платиновой группы. Сейчас трудно сказать, с чем связаны эти различия, как и решить, значимы ли они, так как использованные нами для анализа выборки достаточно малы, но исследования в данном направлении несомненно должны быть продолжены, так как могут принести весьма неожиданные и интересные, в том числе и в практическом плане, результаты.

### Библиографический список

1. **Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л. и др.** Неорганическая геохимия нефти Ромашкинского месторождения – первые результаты исследований методом ICP-MS // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2006. С. 100-103.
2. **Маслов А. В., Федоров Ю. Н., Гроцкова Т. П. и др.** Положительная европиевая аномалия в породах нижнего мела Северо-Покачевского месторождения (Широтное Приобье) // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2007. С. 165-172.
3. **Пунанова С. А.** Геохимические особенности распределения микроэлементов в нефтидах и металлоносность осадочных бассейнов СНГ // Геохимия. 1998. № 9. С. 959–972.
4. **Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л.** Микроэлементный состав нефти Шаимского нефтегазоносного района (Западно-Сибирский мегабассейн) – первые результаты ICP-MS геохимии // Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов. Проблемы их освоения: Мат-лы Междунар. науч. конф. Казань: Изд-во Казанского госуниверситета, 2005. С. 286-288.
5. **Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л.** Неорганическая геохимия нефти Западной Сибири (первые результаты изучения методом ICP-MS) // Докл. РАН. 2007а. Т. 414, № 3. С. 385-388.
6. **Федоров Ю. Н., Маслов А. В., Алексеев В. П. и др.** Систематика редкоземельных и ряда элементов-примесей в породах юры Северо-Покачевского месторождения (Широтное Приобье) // Горные ведомости. 2007б. № 12. С. 24-37.
7. **Condie K. C.** Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1–37.
8. **Lee Y. I.** Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic-early Mesozoic mudrocks of the Pyeongan Supergroup, Korea // Sed. Geol. 2002. V. 149. P. 219–235.
9. **Rock N. M., Webb J. A., McNaughton N. J. et al.** Nonparametric estimation of averages and errors for small datasets in isotope  $^{287}\text{Po}/^{287}\text{Th}$ : a proposal // Chem. Geol. 1987. V. 66. P. 163–177.



**В. П. Алексеев**

Уральский гос. горный университет

## **О ПРОЯВЛЕНИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ В ГЕОЛОГИИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ УГОЛЬНОГО И НЕФТЯНОГО РЯДОВ**

В заключительном собственно «угольном», 16-м, выпуске издаваемого сборника в специальной статье автором вкратце были освещены вопросы нелинейности в угольной геологии с разноуровневных позиций [2]. Близкая процедура для проблем, рассматриваемых нефтегазовой литологией, выполнена в коллективном сообщении на XI научно-практической конференции в г. Ханты-Мансийске (ноябрь 2007 г.). Продолжая верифицировать правомерность «переформатирования» сборника, осуществленную на рубеже 2006/07 гг., приведем систематизированные сведения по геологии достаточно четко различающихся горючих ископаемых с принципиально одинаковых методологических позиций.

### **Постановка задачи**

Проблемы сходства и различия состава, условий захоронения и превращения при литогенезе растительной (уголь) и животной (нефть) органики явились предметом особенно детального изучения в середине прошлого столетия.\* Оформившись же в достаточно самостоятельные отрасли геологического знания – угольную геологию и геологию нефти и газа – к настоящему времени они если и «стыкуются», то чаще всего на вопросах, имеющих самый общий характер – будь это часто публикуемая классификация горючих ископаемых, по В. А. Успенскому и О. А. Радченко (1961), либо сопоставления обобщенного вида, на уровне крупных осадочных бассейнов, особенно когда это касается оценки топливно-энергетических ресурсов. Нечастое рассмотрение всего комплекса вопросов, касающихся всех видов горючих ископаемых, что называется, «под одной крышкой», обычно лишь связывается единичными «смысловыми скрепками», наподобие указанных выше. *Целевое* сравнение объектов угольного и нефтяного рядов самого разного уровня – от вещества до угленефтегазоносных бассейнов, основанное на их совместном анализе, в последние годы в полной мере реализовано в фундаментальной работе [15] и достаточно систематично, хоть и не целенаправленно, осуществляется в нашем сборнике [6, 7, 18 и др.].

Отчетливая дуалистичность в геологии горючих ископаемых уголь-

---

\* См. письмо В. Б. Порфирьева, помещенное в данном сборнике.

ного и нефтяного рядов (как некое подобие мифологическим *аяксам*) определяет интерес к проявлениям *нелинейности* – неупорядоченности в изучаемых геологических процессах, происходящих в открытых разноразноуровневых системах. Данный интерес транслируется в распознавание процессов *самоорганизации* («порядок из хаоса»), в свою очередь являясь ключевым аспектом *синергетического мировидения* [10]. Примеры реализации этих и других вопросов, рассматриваемых в русле синергетической парадигмы, автором проанализированы в ряде публикаций, в основном применительно к юрским терригенным отложениям Северной Евразии, вмещающим именно весь диапазон горючих ископаемых.

Последовательно рассмотрим полученные результаты именно в синтезе проблем угольной и нефтегазовой геологии, более детально – в литологическом аспекте.

### **Уровни организации (ранговая шкала) изучаемых объектов**

Многоуровневая, иерархическая шкала организации объектов, изучаемых угольной и нефтегазовой геологией, полностью вписывается в системные представления об уровнях организации геологических тел (О. А. Вотях, 1991 и мн. др.). Принципиальное различие состоит лишь в выделении в ранге самостоятельного циклического или надгорнопородного уровня, являющегося несомненной составляющей в строении осадочных толщ, и обычно не признаваемого геологами рудного направления, равно как и многими тектонистами. Применительно к объектам, изучаемым в рамках рассматриваемых целевых (см. выше) отраслей геологического знания, их нестрогая ранжировка приведена в табл. 1. При объединяющем, «сквозном» значении циклического и «бассейнового» уровней, для других рангов различия могут быть существенно более значимы, нежели общность. Уже в этом заложена одна из сторон нелинейности геологических процессов, в итоге приводящих к локализации скоплений горючих полезных ископаемых. Приступая к изложению материала, особо отметим, что он имеет весьма разнородный характер, назовем его условно «точечным». Это вызвано высокой неоднородностью общих и частных представлений по большей части вопросов – от единого мнения до разночтений даже по проблемам, имеющим фундаментальный характер. Именно поэтому мы не останавливаемся на 1-м, молекулярном ранге, а также не выходим на 8-й – геоконплексов, что требует уже иных подходов и привлечения принципиально иных подходов методов познания.

### **Ранг 2, минеральный**

В табл. 1 для этого ранга «точечно» обозначены вопросы, представляющие наибольший интерес как с научной, так и с практической точек

Таблица 1

Уровни организации геологических тел и примеры их реализации  
в литологии и геологии горючих ископаемых

Группа	Ранг	Объекты	Горючие ископаемые	
			угольного ряда	нефтяного ряда
Геоструктурная	7	Тектонические комплексы	Пояса торфо(угле)накопления	Нефтегазоносные зоны
Формационная	6	Формационные комплексы	Осадочные бассейны угольные бассейны (узлы угленакопления)	
	5	Геоформации	Угленосные формации, районы, месторождения	Нефтегазоносные области, районы
	4	Наборы пород (литоциклы, циклиты)	Многопорядковая цикличность Терригенные толщи	Терригенные и карбонатные толщи
Минеральная	3	Породы	Угольные пласты	Коллекторы
	2	Минералы	Микрокомпоненты углей	Параметры ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства)

Примечание. Для минеральной группы (2-й, 3-й ранги) показаны индикативные (по А. В. Македонову, 1985) признаки, благодаря которым собственно и выделяются угленосные и нефтегазоносные формации, бассейны, etc. (целевой подход, по В. Н. Шванову, 1992; В. М. Цейслеру, 2002).

зрения. Очевидно, что в плане последнего векторы угольной геологии и геологии нефти и газа расходятся кардинально. Не вдаваясь в их детальное рассмотрение, укажем на отдельные, особенно яркие, проявления нелинейности для данного УОВ. Так, при хорошо разработанной систематике микрокомпонентного состава, многие *одинаковые* угли *по-разному* проявляют себя в технологическом плане, что объясняется их различной восстановленностью [2]. В работе [19] нами предложена модель, аппроксимирующая *аномальные* проявления метаморфизма углей в тюменской свите Шаимского района (Западная Сибирь), имеющей промышленную нефтеносность. Нелинейность в физических полях отдельных интервалов разрезов нефтегазоносных бассейнов, хотя и отмечается рядом исследователей, но является еще «вещью в себе», хотя зоны АВПД (аномально высоких пластовых давлений) по сути и есть наиболее яркие ее проявления. По сути *симбиоз* стремления к линейному отображению процессов, натывающийся на их природную нелинейность, весьма отчетливо проявляется на схеме, изображенной на рис. 1. Здесь отчетливо проявляется различная роль угле-

образующих микрокомпонентов (мацералов) на разных стадиях преобразования осадочных толщ. Наложение на эту схему постинверсионных процессов делает ее – с позиций сегодняшнего восприятия – еще более *нелинейной* (см. выше). Это отчетливо следует из следующего заключения.

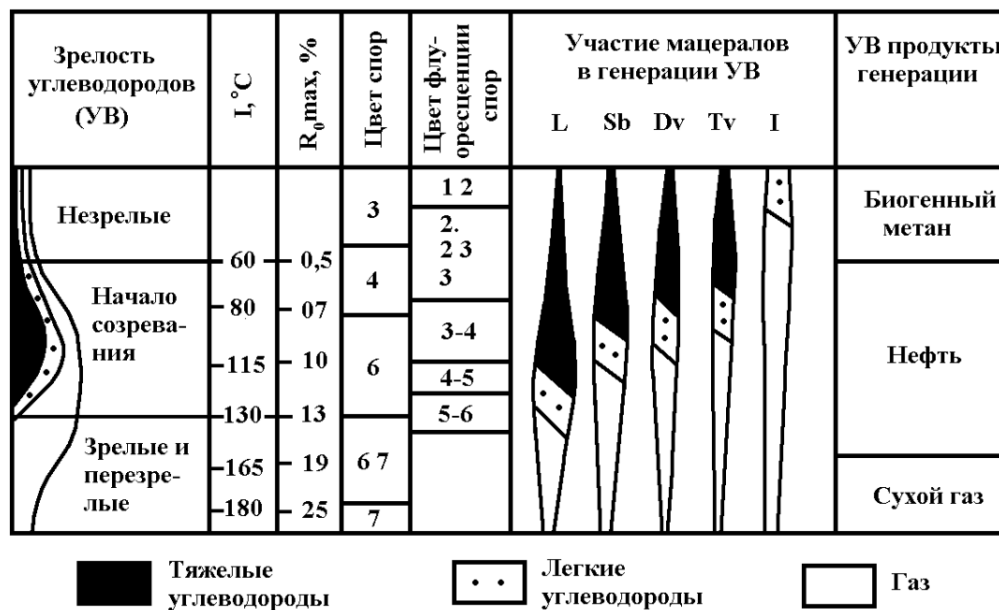


Рис. 1. Зоны генерации углеводородов микрокомпонентами углей [7]:  
*цвет спор и цвет флуоресценции*: 1 – голубой, 2 – зеленый, 3 – желтый, 4 – оранжевый, 5 – красный, 6 – коричневый, 7 – черный;  
*мацералы*: L – липтинит, Sb – суберинит, Dv – десмовитринит (коллинит), Tv – теловитринит (телинит), I – инертинит

«Таким образом, генерация углем жидких УВ на стадиях МК<sub>1</sub>-МК<sub>4</sub> соответствует главной фазе нефтеобразования. Анализ материалов по нефтепроявлениям в угольных бассейнах показывает, что ископаемый уголь может генерировать не только газ, но и жидкие УВ, состав и свойства которых изменяются с учетом степени метаморфизма. Разные компоненты угля не одновременно вступают в генерационный процесс. Основная часть жидких УВ генерировалась на ранних и средних стадиях катагенеза из рассеянного, преимущественно сапропелевого ОВ. Однако в осадочных бассейнах континентального генезиса роль формаций в генерации УВ весьма значительна» [6].

Вне сомнений, подобная нелинейность (естественно, по-иному реализуемая) будет присуща и изменениям важнейших параметров ФЕС, определяющих локализацию флюидных УВ. Однако пока она лишь констатируется в отдельных работах, будучи «затушевана» обилием исходных данных, чаще обрабатываемых чисто статистически, в конкретно-прикладных целях.

### Ранг 3, горнопородный (фациальный)

На этом уровне в терригенных толщах твердые и флюидные горючие ископаемые расходятся в диаметрально противоположные стороны, поскольку песчаные (преимущественно) коллекторы и угольные пласты накапливаются, условно говоря, «в противофазе» (рис. 2).

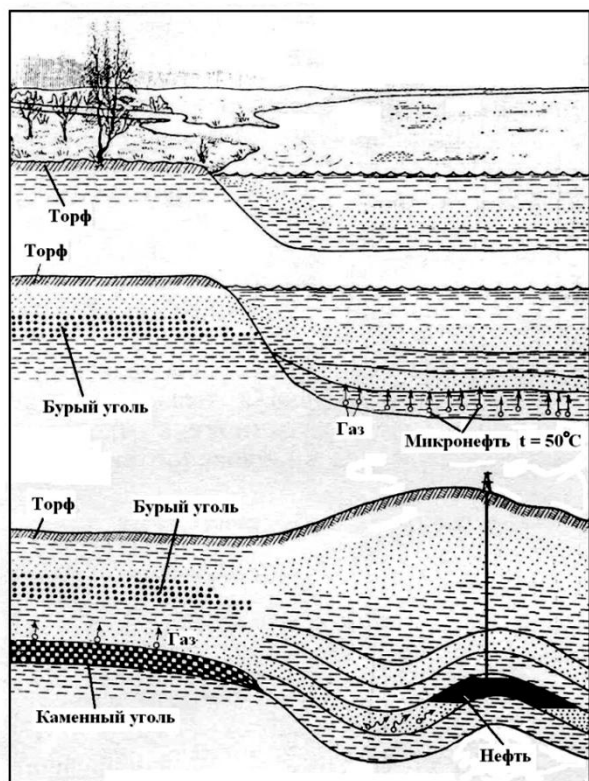


Рис. 2. Образование залежей нефти и газа [9]

угольные пласты повышенной мощности [20]. В какой-то степени перечисленные факты перекликаются с закономерностями, количественно определенными А. И. Гуциным (1976) для Кизеловского бассейна прямой корреляционной зависимостью между мощностью угленосной толщи и суммарной мощностью песчаников в ее составе.

Для юрских отложений нижнеплитного этажа Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (ЗСОМБ) здесь легко найти соответствие повышенной нефтеносности грубозернистых пород шеркалинской свиты Краснотенинского района (ЮК<sub>10</sub>, ЮК<sub>11</sub>). В определенной степени это же характерно для нефтенасыщенности коллекторов Ю<sub>2</sub>-Ю<sub>6</sub> в западной части Шамимского нефтегазоносного района (Талинское месторождение с более грубозернистым составом пород тюменской свиты).

Несколько подытоживая, отметим, что «всюдность» флюидных УВ обеспечивает большую «разбросанность» нефтегазовой литологии, что в условиях обычного дефицита фактического материала в виде керна приво-

Для угленосных толщ обычно констатируется, что повышение доли песчаников ведет к снижению угленасыщенности разреза. В работе [20] для выборки из 26 объектов (свита, серия, толща в целом) разной геологической ситуации мы охарактеризовали именно такую отрицательную зависимость для системы «песчаник – уголь». В то же время были обнаружены и исключения для данного правила. Так, во-первых, в некоторых условиях, даже при превалировании в разрезе песчано-гравийных пород (К<sub>п</sub> более 5) здесь могут наличествовать выдержанные (см. следующий ранг) угольные пласты, имеющие широкое площадное развитие. Во-вторых, в таких же грубозернистых толщах нередко формируются

дит и к преобладанию дистанционных методов (сейсморазведка, скважинная геофизика) в изучении нефтегазоносных толщ. В этих условиях весьма актуальными становятся наработки на материале угленосных отложений, что показано нами в монографиях по тюменской свите Шаимского нефтегазоносного района [17, 19].

#### Ранг 4, надгорнопородный (циклический)

Продолжая наследовать разные векторы локализации, твердые и флюидные горючие ископаемые занимают и разные места в закономерно чередующихся комплексах пород – литоциклах (циклитах), что показано в модельном виде на рис. 3.

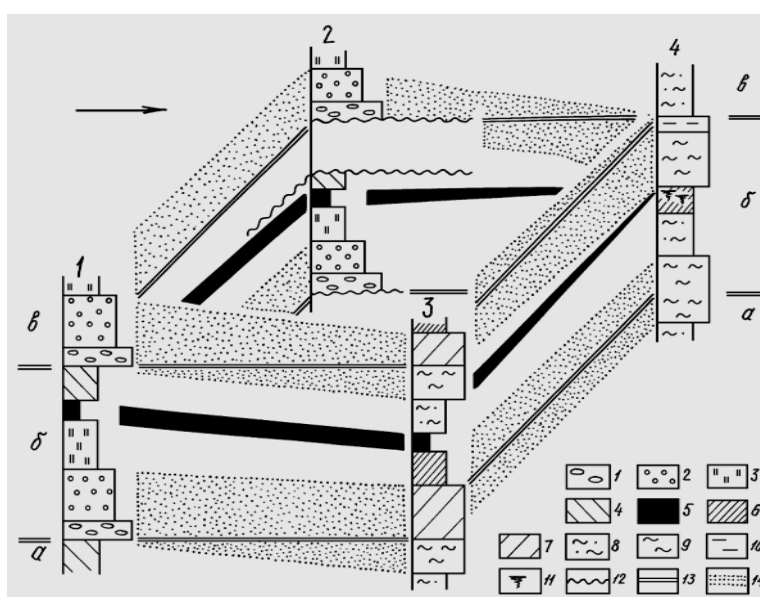


Рис. 3. Скольжение песчаных горизонтов относительно границ литоциклов (принципиальная модель):

1-10 – фациальный состав отложений: 1 – пролювиальные, 2 – аллювиальные русловые, 3 – аллювиальные пойменные, 4 – озерные, 5 – болотные (уголь), 6 – заливов и лагун, 7 – подводнодельтовые, 8 – малоподвижного и 9 – открытого бассейнового мелководья, 10 – морских течений и открытой части бассейна; 11 – подпочва угольного пласта; 12 – границы перерывов в седиментации; 13 – границы литоциклов; 14 – песчаные горизонты (коллекторы).

Стрелкой показано основное направление сноса; 1-4 – номера скважин; а, б, в – литоциклы

Из приведенной модели отчетливо следует принципиально более точная (и легкая) корреляция отложений именно по угольным пластам, что в общем-то известно. Положение же коллекторов в литоциклах, равно как и их строение, как нельзя более удачно описывается с позиций, рассматриваемых в нелинейной седиментологии (автомодельность, фрактальность, теория катастроф). Эти проблемы автором рассмотрены в ряде статей, а

также в недавней работе [1], к которой мы, за недостатком места, отсылаем заинтересованного читателя. Особо отметим лишь, что для линии скважин 1-3 частично, а 2-4 – полностью (см. рис. 3) коллекторы *пересекают* границу литоциклов, что подчеркивает *инверсию* последних. Данное явление, полностью соответствующее закону Головкинского и помимо прочего сопровождающееся зубчатостью слоевых границ, привлекает в последнее время внимание многих исследователей нефтегазоносных толщ (А. А. Бейзель, В. Ф. Гришкевич и др.). Впервые же элегантная схема, иллюстрирующая конвергенцию структуры циклитов и по сути дезавуирующая «циклитовую» методологию Ю. Н. Карогодина, предложена на неокомском материале Западной Сибири А. А. Неждановым еще в 1990 г. (рис. 4).

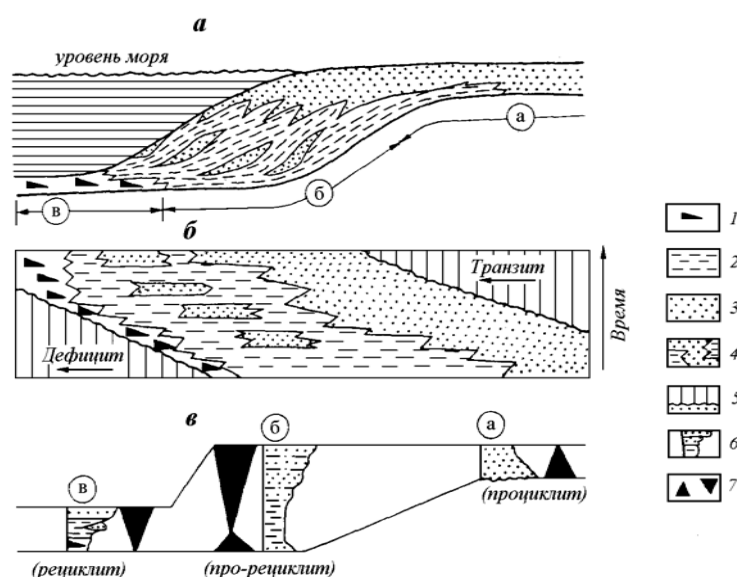


Рис. 4. Схема строения циклита, формирующегося в относительно глубоководном бассейне в условиях трансгрессивно-регрессивного режима седиментации (по А. А. Нежданову [14]):

*a* – палеогеологический разрез; *б* – хронопрофиль; *в* – схема конвергенции структуры циклитов. 1 – битуминозные глины; 2 – глины; 3 – песчаники; 4 – фациальные замещения; 5 – перерывы; 6 – литологическая колонка; 7 – символы циклитов; *a* – *в* (в кружках) – типы разрезов: *a* – транзиентный; *б* – совершенный (завершенный), *в* – дефициентный

### Ранг 5, формационный

Проблемы *самоорганизации* – важнейшего элемента в изучении нелинейных процессов – нами достаточно детально освещены на примере отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (ШНГР), являющейся связующим звеном в наших представлениях о раннемезозойских угленосных формациях Северной Евразии [1, 3]. В сжатом, модельном виде это изображено на рис. 5. На основе общей модели бифуркационных процессов с «затягиванием» (а косность биоты, особенно в значительных коли-

чествах, в дополнительных пояснениях не нуждается) предложена схема последовательного вовлечения в процессы седиментации отдельных участков (блоков) фундамента (рис. 5, б). На рис. 5, в приведена модель процесса седиментации по отношению к последовательному вовлечению в него отдельных блоков, отражающая коэволюцию с тектоническими импульсами. Здесь этапы  $S_1$ - $S_3$  соответствуют литоциклам II порядка, имеющим толщину 25-40 м [1]. Особенно важно, что время закрепления отложений в геологическом разрезе весьма мало по сравнению с геологическим. Время мелких перерывов соответствует диастемам Дж. Баррелла, а «затягивания» – «циклитовым» перерывам высокого ранга [1]. Принципиальная коэволюционность тектонических и седиментационных процессов отражена в модельном виде на рис. 5, б, с последовательным смещением синхронных точек бифуркаций 1, 2, 3 *внутри* одного иерархического уровня. На практике это четко верифицируется строением тюменской свиты в Шаимском НГР, причем в аналогичном модельном варианте реализуется и переход тюменской свиты в отложения собственно плитного этажа [17].

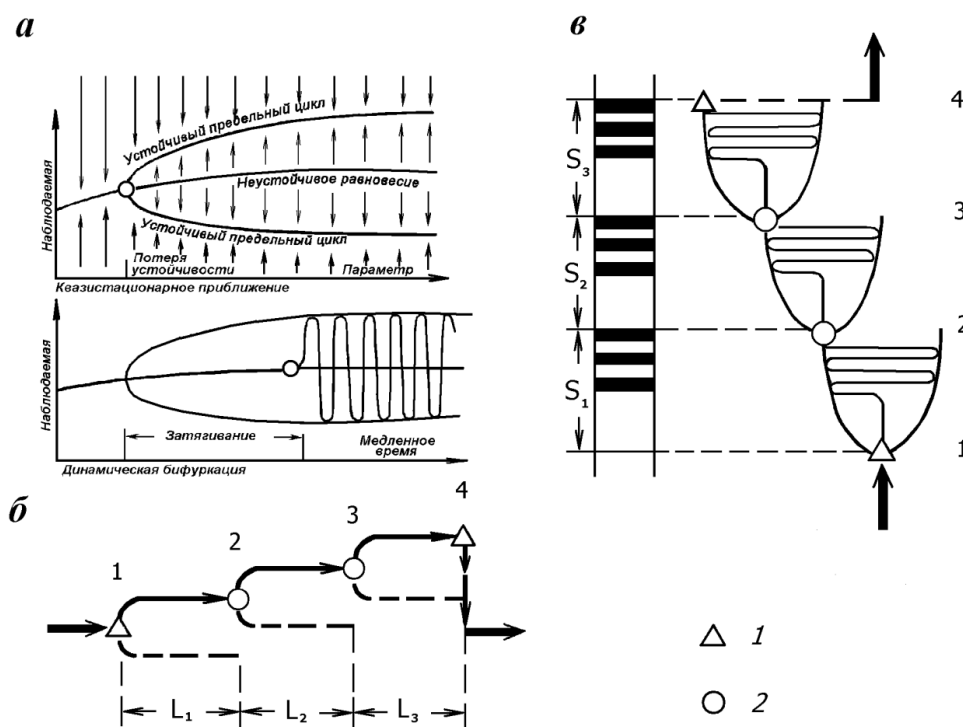


Рис. 5. Бифуркации в процессе текто- и седиментогенеза нижнеплитного подкомплекса ЗСП:

а – схема бифуркации (вверху) и затягивание процесса устойчивости при динамической бифуркации (внизу) [2];

б – последовательное вовлечение блоков в процесс осадконакопления, с шагом  $L_n$ ;

в – последовательное наращивание разреза с формированием комплексов отложений (литоциклов)  $S_m$ . В колонке зачернены отрезки с закрепленными в разрезе отложениями (в соответствии со схемой Дж. Баррелла [1]).

1 – переход на более высокий иерархический уровень, 2 – точки бифуркации



Перечисленное полностью укладывается в концепцию синергетического мировидения [10]. Во-первых, поскольку между бифуркациями система находится в *автоколебательном* режиме (см. рис.5, а, в), ее поведение здесь определяется неким притягивающим множеством – аттрактором. Попадая в поле притяжения некоторого аттрактора, среда неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию, что определено свойством эквифинальности (по Л. фон Берталанфи): способностью достигать одинакового конечного состояния независимо от вариаций в некоторых пределах начальных условий. Во-вторых, через рассмотрение инвариантов создается «...возможность отыскивать элементы прошлого и будущего в наличных структурах нелинейного мира» [10, с. 153]. При выявлении черт «предстоящего будущего» мы вновь неизбежно приходим к заключению о том, что «...за процесс «воспоминания» системы ответственно некоторое возвращение на структуру-аттрактор» [10, с. 55].

Приведенный пример иллюстрирует процесс *коэволюции* – «...подгонки частей друг к другу при образовании сложного целого, их резонансного взаимного расположения и *синхронизации* их темпов развития...» [11, с. 193]. Дальнейшее изучение седиментационных процессов в подобном ключе может представить несомненный интерес, особенно в плане исследования «немых» терригенных толщ, включающих горючие полезные ископаемые обоих рядов.

### **Ранг 6, бассейновый**

Нефтегазоносный бассейн (НГБ) как саморазвивающуюся *открытую систему* с присущей ей нелинейностью протекающих процессов А. Э. Конторович рассмотрел ровно 20 лет назад [12]. В это же время Б. А. Соколовым предложена флюидодинамическая модель нефтегазообразования, на наш взгляд, оптимально объединяющая разные взгляды на протекающие процессы [16]. Эти воззрения как нельзя более удачно вписываются в представления, являющиеся предметом синергетического мировидения в целом, и касающиеся *темпомиров* в частности [11]. На рис. 6 приведены основные характеристики разворачивающихся быстрых процессов в открытой нелинейной среде. Под режимом с обострением понимается динамический закон, при котором одна или несколько моделируемых величин обращается в бесконечность за *конечный* промежуток времени. Но наше время – геологическое (!), и, принимая его за конечное, мы получаем достаточно интересные результаты именно модельного (к сожалению, эмпирически не проверяемого) характера.

Не представляет труда сопоставить последовательное разделение нижнеплитного комплекса Западно-Сибирского НГБ в целом, и Шаимского НГР в частности (см. рис. 6, б), с NS-режимом, то есть «разбеганием территории с осадконакоплением во времени: от Колтогорско-Уренгой-

ского рифта в первом случае, и в направлении к Шаимскому мегавалу – во втором. S-режим в принципе соответствует флюидодинамической модели нефтегазообразования [16], причем LS-режим – «сходящиеся волны горения» – именно тем процессам, которые инициированы омоложением тектонической активности в неогене. Вслед за многими исследователями к выводу о геологической «молодости» этих процессов пришли и мы, изучая угли (!) Шаимского НГР ([19]: см. 2-й ранг).

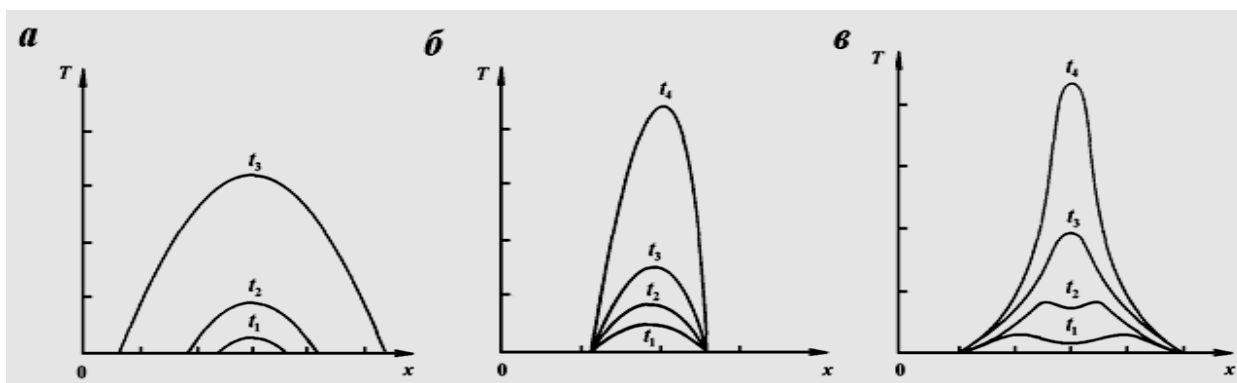


Рис. 6. Развертывание процессов в открытой нелинейной среде (темпомиры) [11, с. 240-241]:

*a* – HS-режим (разбегающейся от центра волны); *б* – S-режим «горения», развития с обострением; *в* – LS-режим «сходящихся волн горения»

Что же касается совместного анализа УВ разных рядов в единых угле-нефтегазоносных бассейнах, то эти проблемы освещены в достаточно большом количестве публикаций, в том числе и нашем сборнике ([18] и др.). Известно, что резкий скачок в нефтегазообразовании совпал во времени с появлением наземной растительности, нефтенакпление, также как и торфо(угле)накопление, имело циклический характер, будучи, вероятнее всего связано с геодинамическими циклами Уилсона [5]. Несомненная нелинейность связи собственно угленосных и нефтегазосодержащих частей единых осадочных бассейнов пока констатируется на эмпирическом уровне, а ее причины имеют дискуссионный характер (особенно для «нефтепроизводящих» свит).

### Ранг 7, регионально-глобальный

Совместное рассмотрение поясов и узлов торфо(угле) образования и нефтегазоносных зон в пределах всего земного шара блестяще выполнил А. И. Егоров [8]. В настоящее время эти исследования дополнены и расширены в ряде работ, среди которых выделим сводки Ю. М. Малиновского [13 и др.]. Им составлена «периодическая система геологических событий фанерозоя», объединяющая три галактических кода, каждый из которых имеет свое закономерное строение (рис. 7).

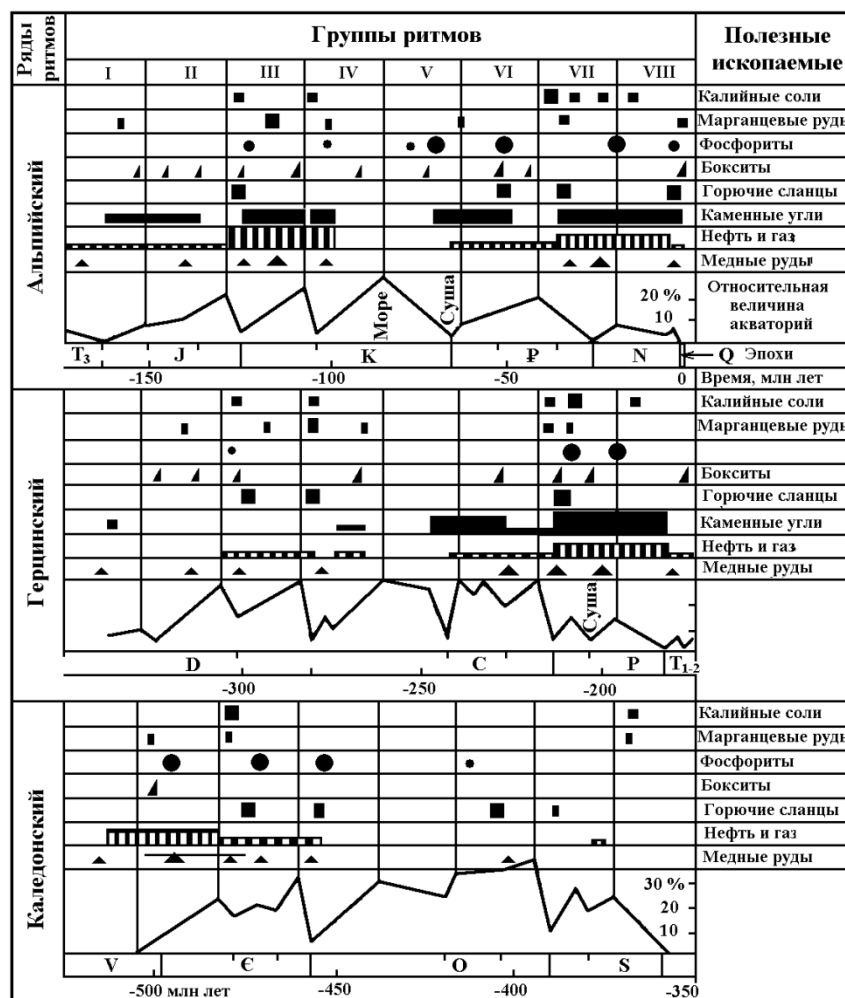


Рис. 7. Периодическая система геологических событий фанерозоя, состоящая из 24 элементов – отрезков геологической истории – трансгрессивно-климатических ритмов (фаз галактического года) длительностью около 22 млн лет. По вертикали располагаются ритмы с подобными свойствами (положение уровня океана, климат и его зональность, полезные ископаемые и др.) [13]

Для нас особенно интересно и важно, что Ю. М. Малиновский прямо указывает на «нелинейность системы, продуцирующей органическое вещество» [13, с. 57], чем принципиально отвергается наличие линейных корреляционных связей между интенсивностью накопления органического вещества с изменениями интенсивности магматизма (ссылаясь на первоисточник в виде работы С. Г. Неручева). *Нелинейность* процессов вовлечения отдельных участков территории в процессы осадконакопления для локальных блоков территории Шаимского НГР показана выше (см. рис. 5); глобальное восточное смещение тектонической активности – на рис. 8.

Такое регионально-глобальное скольжение в восточном направлении для промежуточного относительно рассмотренных этапа в ранговой иерархии (6-го: см. табл. 1) мы неоднократно описывали для раннемезозойской эпохи торфо(угле)накопления [3, 20]. Определенные рубежи в накоплении

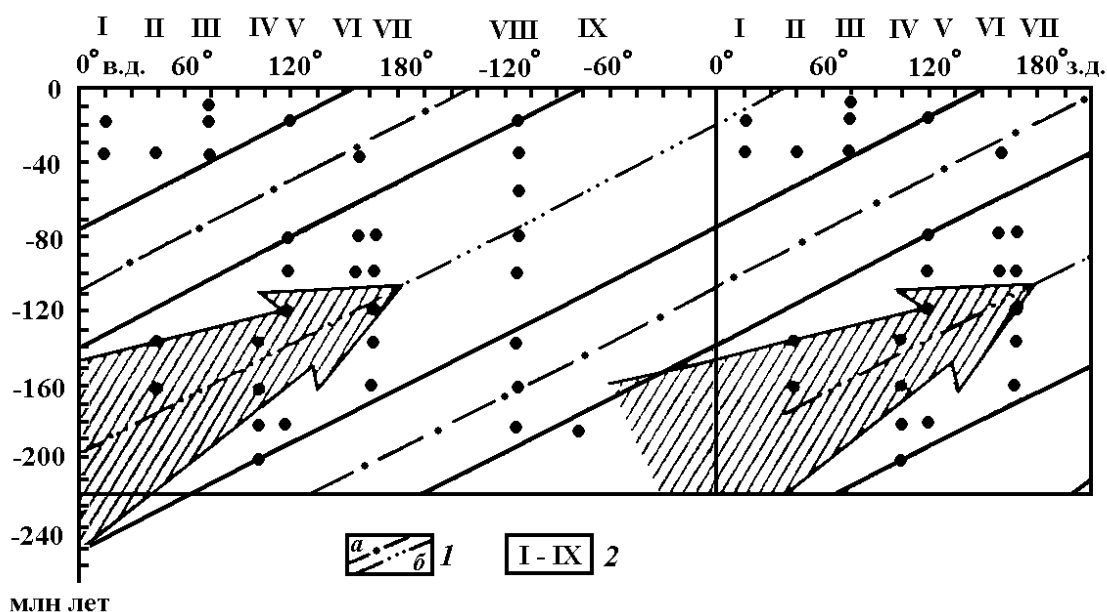


Рис. 8. Восточное смещение тектонической активности [13]:

Большинство точек на графике, фиксирующих время и место (долготы) проявления магматизма и метаморфизма, располагаются по диагональной полосе (ограниченной сплошными линиями), которая соответствует восточному смещению зоны усиленной тектонической активности в литосфере Северного полушария;

1 – центральные части зон с пониженной (а) и повышенной (б) тектонической активностью; 2 – складчатые области ( I – Южной Европы, II – Кавказа, III – Тянь-Шаня и Памира, IV – Забайкалья и Восточной Монголии, V – Восточной, Юго-Восточной и Южной Азии, VI – п-ова Камчатка, Курильских островов и о-ва Сахалин, VII – Северо-Востока России, VIII – Кордильер, IX – Аппалачей)

раннемезозойских ( $T_3$ - $J_2$ ) угленосных толщ характеризуются повышенной угленасыщенностью. В работе [19] мы охарактеризовали регионально распространенный горизонт с повышенной угленасыщенностью, распространенный на значительной части территории Западно-Сибирской плиты. Он приурочен к границе ааленского и байосского ярусов (пласт  $U_{10}$  на юго-востоке Западной Сибири). Близок к нему по возрасту нижний (камалинский) горизонт с повышенной угленасыщенностью в Южной Сибири (нижняя подсвита итатской свиты). По своему положению в модели раннемезозойской УФ этот горизонт соответствует дурайскому типу пластов Южно-Якутского бассейна, но «смещенному» по стратиграфической колонке *вниз*, в низы средней юры. Тем самым верифицируется возрастное скольжение угленосности, омолаживающейся с запада на восток, что давно описано в литературе [8, 13, 20]. Нерюнгринскому же уровню мощного торфо(угле)накопления в Южно-Якутском бассейне, которым завершается юрская система в целом, в Западной Сибири соответствует баженовская свита битуминозных аргиллитов. Важно, что в региональном плане направления омоложения этого горизонта с повышенной концентрацией ОВ, рассуждая образно, разлетаются, как крылья бабочки, от южной оконечности Сибир-

ской плиты [3]. Кстати, дополним здесь, что сведения о возрастном скольжении многих литологически однородных горизонтов (включая баженовскую свиту) для Западной Сибири, по сути, перешли в разряд общеизвестных. Достаточно очевидно, что во всем перечисленном заключается разноразное практическое значение проводимых сопоставлений, для оценки закономерностей в размещении топливно-энергетических ресурсов.

### Внеранговые составляющие (вместо заключения)

Системным анализом определено, что каждый иерархический уровень характеризуется своим эмерджентным свойством. В то же время синергетическое мировидение предусматривает наличие *инвариантов*, общих для многих смежных уровней. Наиболее ярким примером последнему служит *фрактальность*, для геологии реализуемая в иерархии цикличности и размеров блоковых структур (см. ранг 4). Для наиболее мощных осадочных толщ выделяется до 7 порядков циклов, наиболее крупные из которых относятся уже к рангам 5 и даже 6. Таким образом, простое увеличение или, напротив, уменьшение размеров объектов (аддитивность) с сохранением их свойств вступает в противоречие с приматом эмерджентности в системном подходе.

Возникающее противоречие достаточно легко снимается с признанием примата *развития* систем, без которого собственно методы синергетики попросту избыточны. Возьмем на себя смелость предположить, что в геологии применимость инвариантов оправдана для 2-3-го соседних уровней (рангов) организации тел и (или) объектов. При этом если определить соотношение параметров объектов *внутри* одного ранга как приблизительно  $10^2$  (т. е. в диапазоне 1-100), что конечно, очень и очень примерно, то «радиус действия» инвариантов, с учетом их трансляции на соседние уровни, составляет до  $10^6$ .

Таблица 2

Реализация инварианта скольжения границ геологических тел

Ранг (см. табл. 1)	Геологические тела (об- разования) [1]	Диапазон тол- щин	Соотношение толщин (порядок)	
			внутри тел	между телами
2	Слойки косой слоисто- сти, пачки слойков, серии	0,5 – 50 мм	$10^2$	
3	Слои	0,5 – 5 м	10	10
4	Наборы слоев, формирую- щие дельтовые комплексы	50 – 500 м	10	10
Общий диапазон действия инва- рианта		0,5 мм – 500 м	$10^6$	

Проверим это положение на примере механизма формирования ко-сой слоистости – скольжения границ коллекторов – формирования дельтовых конусов выноса (детально этот механизм рассмотрен нами в работе [1]). Толщины слоев – слоев – комплексов слоев (циклов) удивительным образом вписываются в указанные диапазоны, соответствуя 3-4 рангам из табл. 1.

В последнем примере заключается и ответ на вопрос о необходимости использования синергетических представлений при изучении осадочных толщ, включающих горючие полезные ископаемые. Он открывает принципиально новые возможности при построении ретроспективных геологических моделей, особенно с учетом конвергентности седиментологических процессов, в условиях их нелинейной реализации.

### Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 149 с.
2. **Алексеев В. П.** Нелинейность в угольной геологии: известные данные в контексте синергетического мировидения // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 38-48.
3. **Алексеев В. П.** Закономерности в стратолатеральном размещении горизонтов с повышенной концентрацией органического вещества (юрские отложения Центральной Евразии) // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. С. 12-17.
4. **Арнольд В. И.** Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
5. **Вышемирский В. С., Конторович А. Э.** Циклический характер нефтенакопления в истории Земли // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 5. С. 907-918.
6. **Голицын М. В., Голицын А. М.** К вопросу о генерации углем нефти // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГИ, 1993. Вып. 3. С. 33-37.
7. **Голицын М. В., Пронина Н. В.** Нефть в угольных бассейнах // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. Вып. 12. С. 19-30.
8. **Егоров А. И.** Пояса углеобразования и нефтегазоносные зоны земного шара. Ростов-на-Дону, 1960. 183 с.
9. **Калинко М. К.** Тайны образования нефти и горючих газов. М.: Недра, 1981. 192 с.
10. **Князева Е. Н., Курдюмов С. П.** Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М.: КомКнига. 2005. 240 с.
11. **Князева Е. Н., Курдюмов С. П.** Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига. 2007. 272 с.

12. **Конторович А. Э.** Нефтегазоносный бассейн как саморазвивающаяся система // Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов. М.: Недра, 1988. С. 121-138.
13. **Малинецкий Ю. М.** Биосферные основы литологии. М.: Изд-во РУДН, 2003. 111 с.
14. **Нежданов А. А.** Некоторые теоретические вопросы циклической седиментации // Литмологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1990. С. 60-79.
15. **Петрологический атлас** ископаемого органического вещества России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.
16. **Соколов Б. А.** Новые идеи в геологии нефти и газа: Избранные труды. М.: Изд-во МГУ, 2001. 480 с.
17. **Состав и генезис** отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, А. В. Маслов и др. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.
18. **Тимофеев А. А., Тимофеев В. А.** Генетические соотношения угленосных толщ и нефтематеринских свит в угленефтегазоносных бассейнах // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. Вып. 14. С. 61-72.
19. **Угленасыщенность**, петрографический состав и метаморфизм тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / В. П. Алексеев, В. И. Русский, Ю. Н. Федоров и др. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с.
20. **Угольные** пласты триас-юрских отложений азиатской части СНГ. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 80 с.

УДК. 557.8.051.761 / 762.55.58

**Б. В. Полянский**

Российский гос. геологоразведочный университет

## **ТРИАС-ЮРСКИЕ УГЛЕНОСНЫЕ ФОРМАЦИИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН СРЕДНЕГО ВОСТОКА И ГРАНИЦА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ**

В пределах Кавказско-Памирского сегмента Альпийско-Гималайского складчатого пояса (Средний Восток) широким распространением

пользуются триас-юрские угленосные формации, резко ограниченные с юга системой пограничных разрывных нарушений. На территории Ирана к этой системе относится главный Загросский «надвиг» и меридиональный Нейбандский разлом, ограничивающий Лутский срединный массив. Далее к востоку этот разлом дугообразно переходит в Герирудский широтный сдвиг, на стыке Северного и Южного Афганистана. Северо-восточным его продолжением служит Дарваз-Каракульский разлом, вдоль северной границы «Памирского скупивания».

В современном структурном плане к югу от этой сложной «зигзагообразной» системы дизъюнктивных нарушений располагается широкая зона распространения мезозойских формаций, в основном безугольных, карбонатных и эвапоритово-карбонатных, слагающих складчатые структуры Загросского хребта, Лутского срединного массива, Южноафганских и Южнопамирских структур.

В первую очередь нас будет интересовать упомянутый Загросский структурный шов как система «надвигов» (thrust zone) или тектонически активная граница между Аравийской и Евразийской литосферными плитами, и его тектоническое продолжение к востоку между Евразийской и Индостанской плитами [4, 6].

К северо-востоку от зоны Загросских «надвигов» в пределах складчатого пояса выделяется т. н. **Иранский массив**, имеющий сложную геологическую историю. Лучший знаток геологии Ирана Йован Штёклин обоснованно опроверг существовавшую точку зрения на геосинклинальную природу Иранского массива и пришел к выводу о платформенном характере его развития в палеозое – мезозое [8]. Таким образом, в настоящее время Иранский массив трактуется как палеозойская платформа, активизированная в ранне- и позднеальпийский этапы тектогенеза. Уже в раннем мезозое вероятно проявились черты его эпиплатформенной активизации.

В геологической истории этого массива отчетливо выделяется время формирования складчатого дорифейского комплекса (**первый структурный этаж**). Он несогласно перекрыт отложениями **второго структурного этажа**, представленного снизу венд-палеозойскими терригенно-карбонатными платформенными образованиями, выше переходящими в терригенные угленосные отложения позднего триаса – юры. Они залегают на верхнепермских доломитах с перерывом и корами выветривания, знаменуя собой этап активизации палеозойской платформы.

**Третий структурный этаж** сложен орогенным комплексом, от нижнемеловых до четвертичных отложений, несогласно перекрывающих красноцветные грубообломочные породы верхней юры. В послемеловое время Иранский массив претерпел все стадии ранне- и позднеальпийской орогении, за исключением Лутского и Табасского срединных массивов [8].

Одной из главных черт тектоники Иранского массива является субмеридиональное северо-западное простираение его структурных элементов,



северо-восточнее зигзагообразно переориентированных на субширотные (рис. 1). Внутри этого региона по разломам палеозойского заложения в мезозое сформировались тектонически стабильные срединные массивы, такие как Лут и Табас, и тектонически активные структуры, как Йезд-Керманская зона развития угленосных формаций Центрального Ирана, в частности Керман-Нейбандская угленосная площадь [4]. Упомянутые срединные массивы, или стабильные блоки, почти не были затронуты мезозойско-кайнозойскими деформациями. Их фундамент, по-видимому, был максимально опущен, а чехол слабо дислоцирован по сравнению со сложнопостроенной западной Керман-Нейбандской площадью, где мы встречаем выходы на поверхность сильно измененных древних пород основания платформы.

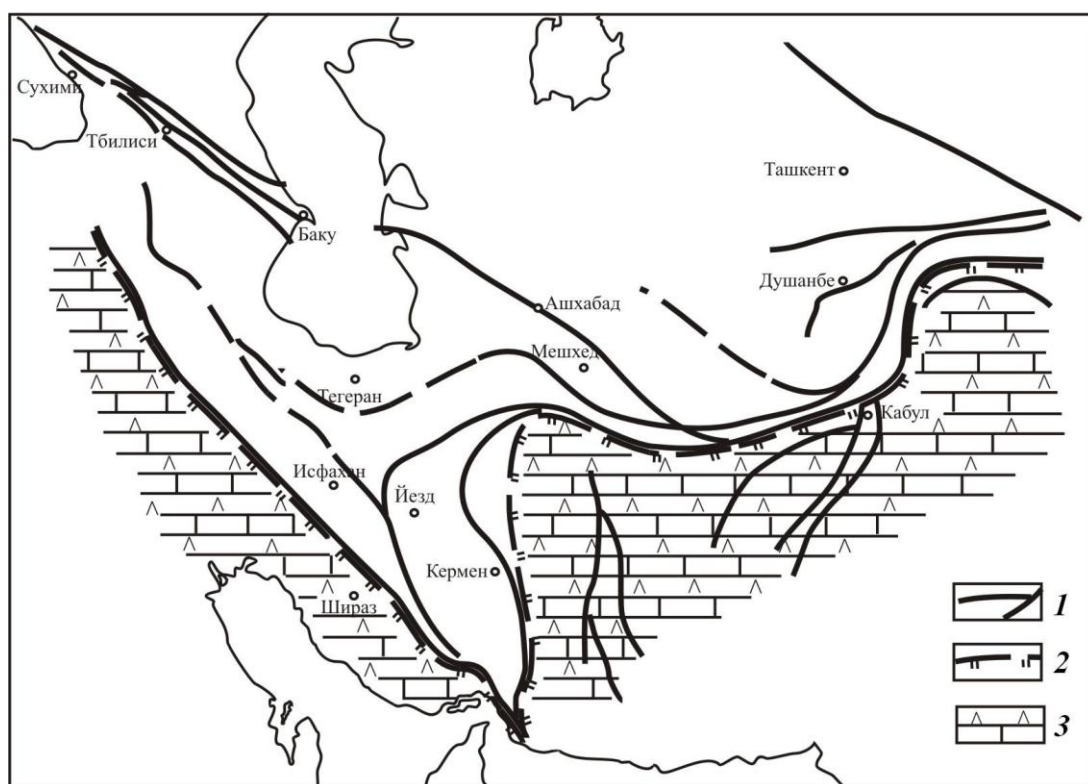


Рис. 1. Тектоническая схема распространения триасово-юрских осадочных формаций Кавказско-Памирского сегмента Средиземноморского пояса.

Условные обозначения: 1 – основные разломы, 2 – зоны надвигов-поддвигов, 3 – распространение эвапоритово-карбонатных формаций. К северу – распространение карбонатно-терригенных угленосных формаций

После консолидации рифейского складчатого основания платформы в палеозое наступил длительный процесс мелководно-морской карбонатной седиментации в эпиконтинентальных морях. Начало мезозоя не отличалось существенными тектоническими движениями, поэтому на пермских отложениях все отделы триаса залегают согласно, местами с выпадением нижнего отдела. В результате на коре выветривания, развитой в кровле

пермских доломитов, с небольшим стратиграфическим перерывом, в результате регрессии моря в конце перми, залегают красноцветные сульфатно-карбонатные осадки остаточных лагун, сформировавшиеся в условиях аридного климата [7]. Полные разрезы морских отложений триаса широко представлены только к востоку от Нейбандского разлома, в пределах Лутского блока, где были детально описаны Р. Bronnimann et al. в 1971 г.

Несмотря на то, что палеогеографическая характеристика триасово-юрского времени была достаточно подробно изложена в ранних публикациях [4], здесь необходимо подчеркнуть своеобразие палеоландшафтных обстановок того времени в условиях формирования ныне смежных структур южной континентальной окраины Евразии и северной окраины океана Мезотетис в границах Ирана и Афганистана. В позднем триасе – средней юре основная территория Иранского массива являлась ареной **широкого развития процессов углеобразования**. Эти процессы во многом были спровоцированы влиянием эпизодически трансгрессирующих с юга окраинных морей океана Тетис. Таких периодов обширного распространения относительно мелководных морей в раннем мезозое на фоне прибрежно-морского углеобразования и терригенного осадконакопления можно считать минимум **три: в позднем триасе (норий-рэт), на границе ранней и средней юры (тоар-байос) и в конце средней юры (келловей)**.

Наиболее полные разрезы верхнего триаса – юры были составлены на территории Керман-Табасского района Центр. Ирана, где три указанных уровня морских трансгрессий были максимально представительными для большей части Ирана в виде устойчивых горизонтов глинисто-известняковых отложений, разделивших весь разрез терригенных и углистых накоплений триаса-юры на три седиментационных макроцикла, отражающих начальные этапы мезозойской активизации [4]. Помимо истории развития Иранского массива в рассматриваемое время, эти **морские карбонатные отложения имели огромное корреляционное значение, как отчётливые стратиграфические маркеры** между продуктивными угленосными свитами триас-юрских угленосных формаций Ирана и соседних территорий Среднего Востока (рис. 2).

В ранних публикациях, посвященных в основном составу, строению и истории формирования угленосных отложений в позднем триасе – средней юре на данной территории, недостаточно внимания было уделено именно стратиграфическому значению и генезису этих маркирующих горизонтов морских отложений. Рассмотрим эти горизонты снизу – вверх по разрезу, от триасовых до верхнеюрских отложений.

**В среднем триасе**, перед началом формирования анализируемых отложений, основная часть территории Иранского массива представляла собой зону распространения мелководных морских бассейнов, осложненных архипелагом низких отмельных островов. Только с **карнийского времени** изменился характер ландшафтов в сторону общего обмеления бассейнов и

развития процессов заболачивания отдельных приустьевых дельтовых участков. Они формировались по окраинам изолированных низких островов перед фронтом принаквашего с юга моря.

В районе Нейбанда, т. е. восточнее основной площади углеобразования, в 1971 году были детально изучены наиболее полные разрезы «морского триаса», с коралловыми биогермами, т. н. серии Нейбанд.

**Отложения верхнего триаса**, общей мощностью до 900 м, залегающие в основании рассматриваемого разреза, сложены чередованием мелкозернистых полевошпат-кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов, местами углистых, содержащих флору верхнего триаса (папоротники, цикадофиты и др.). Угленосность представлена прослоями угля нерабочей мощности (угленосная зона А). Венчается разрез верхнего триаса **горизонтом известковых песчаников, аргиллитов и алевролитов с тонкими прослоями известняков**. Общая мощность горизонта от 150 до 770 м, он хорошо выдержан по площади и содержит **остатки морской фауны** (двустворки, брахиоподы и кораллы). Особенно характерны створки крупных устриц размером до 3-4 см (Pectinidae), часто образующих линзовидные прослои ракушечников в кровле горизонта. Кроме того, были встречены остатки Cardita, Chlamys и др. Единичные находки рода Halobia однозначно уточняют возраст отложений этого горизонта как скорее норийский, чем рэтский. Тем самым возраст нижележащей угленосности можно отнести к началу позднего триаса [4].

После завершения поздне триасовой трансгрессии в **геттанге-плинсбахе** сформировались обширные аллювиально-дельтовые равнины в условиях стабилизации тектонической активности и компенсации прогибов. В результате образовалась обширная площадь тофонакопления в условиях гумидного климата с пышным развитием растительности. Мощность угленосных отложений нижней юры, с пластами угля рабочей мощности, достигает 2000 м (угленосная зона В).

Структурные этажи	Структурные этажи	Возраст	Литология	Мощность(м)	Индексы горизонтов углей	Геодинамич. комплексы
III	верхний	Q <sub>5</sub> -Q <sub>4</sub>				орогенный
		N <sub>2</sub> -Q		700		
	нижний	P <sub>2</sub> -N		300		
		P <sub>1</sub>		150-250		
II	верхний	K <sub>1-2</sub>		200-400		эпилаформенный
		J <sub>3</sub>		850-3270		
		J <sub>2</sub>		350-2800	D	
		J <sub>1</sub>		200-1230	C	
	нижний	T <sub>3n-r</sub>		400-2000	B	
		P-T		420	A	
		Є <sub>1</sub> C		400		
	Є <sub>1</sub>		700			
I		PR <sub>3</sub>		>2000		доплатформ.
		PR <sub>1</sub>		?		

Рис. 2. Сводный стратиграфический разрез отложений Иранского массива, с акцентом на угленосные отложения триаса – юры

**На границе ранней и средней юры, в тоаре – раннем байосе, произошла самая мощная и обширная по площади морская трансгрессия, захватившая почти всю территорию Ирана. В результате был сформирован устойчивый горизонт т. н. известняков Бадаму, мощностью 50–310 м, обогащенный комплексом руководящих ископаемых головоногих организмов (белемниты, аммониты и пр.) тоарского и раннебайосского возраста. Детальным изучением этой части разреза и анализом руководящей фауны в 1971 г. занимался иранский палеонтолог Казем Сейед-Эмами. Ниже известняков Бадаму было отмечено до трех пластов угля рабочей мощности, отнесенных по местной стратиграфической шкале к угленосной зоне С [4].**

На большей части Иранского массива, непосредственно выше известняков Бадаму, по разрезу **прослежен и разведан основной угленосный горизонт D, мощностью от 20–60 до 120–160 м, содержащий до 4–6 угольных пластов рабочей мощности с коксующимися углями.** Основным угольным пластом, с устойчивой мощностью от 2 до 12–15 м, является пласт  $d_2$ . Угольные пласты горизонта D составляют основные запасы углей, обеспечивших базу коксового производства на Исфаганском металлургическом комбинате.

Углеобразование было сконцентрировано в пределах обширных прибрежно-морских аллювиально-дельтовых равнин, покрытых пышной растительностью, (папоротники, гинкговые, цикадофиты, хвощи и хвойные), возраст которой отнесен, с большой вероятностью, к батскому веку. Эти равнины формировались во многом под влиянием морской трансгрессии, которая обеспечивала высокий уровень стояния грунтовых вод как причину процессов заболачивания в анаэробных условиях. Такие обстановки были типичны для паралического автохтонного торфонакопления.

Угли в Иране в основном гумусовые, включают микрокомпоненты групп витринита как главного составляющего; семивитринита, фюзинита и лейптинита. Характер метаморфизма – региональный. Степень метаморфизма меняется от газовой-жирной до стадии антрацитов (горизонты А-В). Зольность углей меняется от 4 до 40 %, выход летучих, в зависимости от степени метаморфизма, меняется от 3 до 37 %.

Завершающая фаза углеобразования была связана с **позднебатским временем**, когда формировались остаточные пойменные зоны заболачивания с обилием растений тропического типа (цикадофиты, нильсонии и др.) и образованием маломощных пластов угля с повышенной зольностью (угленосный горизонт E). Как указывала Т. А. Сикстель [4], по сравнению с нижележащими комплексами флоры, «...в составе растений ...произошли крупные изменения, которые могли быть вызваны в основном сменой климатических условий в сторону потепления и увлажнения. Растительность, по-видимому, приобрела облик тропической. Это может рассматриваться как доказательство существования её вблизи открытого островного моря, где распространение растений не встречало препятствий».

**Келловейское время** ознаменовалось полным прекращением торфонакопления и резким скачком тектонической (киммерийской) активности, что проявилось в образовании красноцветных моласс. В дальнейшем контрастность тектонических движений снизилась и началось формирование обширных речных дельт, открытых к юго-западу, в сторону трансгрессирующей фронтальной части океана Тетис.

Первые признаки **позднеюрской орогении** привели к оживлению тектонической активности в областях денудации, образованию складчатых дислокаций и угловому несогласию между верхнеюрскими красноцветами и апт-альбскими биогермовыми и орбитолиновыми известняками. После этого на Иранском массиве установился орогенный режим, как и в соседних областях Альпийско-Гималайского сегмента, сопровождавшийся процессами вулканизма, особенно на севере Ирана.

**Меловой период** характеризовался усилением морской трансгрессии, в результате чего вся территория Ирана и прилегающие регионы к востоку и югу были покрыты карбонатными осадками обширных морей. Эти мелководные моря к югу открывались в сторону открытой акватории океана, захватив Загросскую зону, Восточный Иран и Южный Афганистан.

Рассмотрим более подробно историю развития упомянутых триасово-юрских эвапоритово-карбонатных отложений в обширной зоне их распространения к юго-востоку и югу от рассмотренной «зигзагообразной» тектонической границы. Она является отчётливым рубежом южного ограничения площади развития угленосности Средневосточной окраины Евразийской литосферной плиты.

Наиболее полные сведения о стратиграфии и генезисе карбонатно-эвапоритовых отложений зоны Загроса (провинции Лурестан, Хузестан) содержатся в известной монографии James G. A., Wind J. G. [7]. В данной работе приводится сравнительный анализ этих отложений с одновозрастными отложениями Ирака, Кувейта и Саудовской Аравии, особенно с точки зрения содержания и перспектив их нефтегазоносности. Более поздние сведения были опубликованы Н. Л. Фальконом в его статье «Южный Иран, горы Загрос» (коллективная монография «Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса», 1977 г. (перевод с английского)) [6].

**В зоне Загроса** на верхнетриасовых известняково-доломитовых отложениях формации Ханэ-Кат согласно залегает глинистая формация Нейриз, мощностью 250 м. В Центральной части зоны выше следуют мощные (до 1500 м) доломитово-известняковые нижневерхнеюрские отложения формации Сурмэ. Нижнеюрские их аналоги по окраинам провинций Лурестан, к западу, и Хузестан, к востоку, представлены соляно-гипсовыми формациями Адаян и Алан, мощностью 350-400 м. Выше их, в этих же частях разрезов, располагается среднеюрская формация Саргелю (мощностью около 700 м), сложенная переслаиванием глин и известняков. Верхнеюрские отложения в этих частях разрезов провинций Лурестан и Хузе-

стан представлены в основании песчанистыми известняками формации Наджда, мощностью 200 м, перекрытых эвапоритовой формацией Готния, мощностью 400 м.

Во второй из упомянутых монографий даётся детальный палеоклиматический анализ с раннетриасового времени до поздней юры.

Таким образом, в рассматриваемой зоне Загроса мы имеем типичный пример чередования продуктивных карбонатных нефтегазоносных и разделяющих их глинисто-эвапоритовых отложений, которые обеспечили рассматриваемой провинции Среднего Востока статус одного из самых нефтегазопроизводящих региона мира.

К востоку от зоны Загроса, в пределах блока Лут (типичные разрезы Фердоус, Гаск и Джупар), а также территории Южного Афганистана и Южного Памира, простирается площадь распространения менее изученных, но в целом аналогичных карбонатных безугольных отложений.

**На территории Северного Афганистана** развитие раннемезозойской угленосности охватывают южные части Афгано-Таджикской депрессии и североафганские провинции: Шебарганский выступ Туранской плиты и Банди-Туркестанский геосинклинальный прогиб [1]. К югу этой зоны, по субширотному Герирудскому разлому – сдвигу, примыкает обширная площадь развития карбонатных морских накоплений в Южном Афганистане, переходящих западнее на территорию Восточного Ирана, а юго-восточнее – на территорию Пакистана.

Каковы же структурные взаимоотношения в рассматриваемом регионе между двумя противоположными по генезису палеоландшафтными зонами?

В упомянутых работах Н. Л. Фалькона и Й. Штеклина [6, 8] на геологических разрезах, поперечных к Загросской зоне, показана система чешуйчатых пологих надвигов (thrust zone), которые имеют северо-восточное направление падения под углами около  $30^\circ$  к сторону Иранского массива, подтверждающих конвергентную тектоническую границу между Загросом и Иранским массивом.

По сообщению Й. Штеклина [8], основанного на сейсмических данных British Petroleum Co., эти разрывные нарушения представляют собой **не надвиги Иранского массива к юго-западу, а систему поддвигов (underthrust system) Загросской складчатой зоны под более стабильный Иранский массив**. При этом сама Загросская зона сложена системой пологих шарьированных складок (Zagros folded belt) в виде невысоких горных хребтов: горы Тамандар, Динар, Альванд, Динаб, которые сформировались на консолидированном докембрийском основании Аравийской платформы только в альпийскую тектоническую эпоху, практически уже в пределах современных структур побережья Персидского залива. Рассматриваемая тектоническая модель представляется вполне оправданной, поскольку, согласно плейт-тектонической концепции, основной дрейф Гондванских

блоков (Аравийского и Индостанского) был направлен к северу, в сторону Евразийской литосферной плиты. Как писал Н. Фалькон [6], в упомянутой статье «...складки и надвиги Загроса возникли в результате движения Аравийской плиты земной коры к северо-востоку с образованием поддвиги коры и последующего смятия кровли фанерозойских отложений».

Возникает логичный вопрос, с чем же связано такое непосредственное сочленение в Кавказско-Памирском секторе складчатого пояса, вдоль резкой тектонической границы, двух контрастных по генезису структурно-фациальных и палеоклиматических зон – северной области углеобразования и южной – карбонато-эвапоритонакопления? Вопрос тем более интересен, что **зигзагообразная система загросско-афганско-памирских дислокаций параллельна северным внешним контурам Аравийской и Индостанской платформ**, дрейфовавших к северу до их причленения к Евразийской литосферной плите, согласно плейт-тектонической концепции. Ответ, вероятно, нужно искать в палеогеографических реконструкциях, опубликованных в 1987 г. (Зоненшайн Л. П., Деркур Ж, Казьмин В. Г., Риду Л-Э. и др.) в статье «Эволюция Тетис» [3]. Статья иллюстрирована девятью палеогеографическими картами от плинсбахского века (190 млн лет) до настоящего времени. Все эти палеогеографические реконструкции были основаны, в первую очередь, на данных: 1 – палеомагнитных исследований; 2 – изучения офиолитового меланжа; 3 – офиолитовых комплексов как реликтов былой океанической коры; 4 – известково-щелочных вулканических островодужных серий; 5 – распространения базальтового рифтогенного вулканизма. В то же время недостаточно учитывались литолого-фациальные данные осадочных комплексов континентальных окраин как показателей палеорельефа, состава осадков, палеоклимата, растительности, геохимической среды седиментации и пр. палеоландшафтных особенностей.

На упомянутых плейт-тектонических реконструкциях отчётливо показана история развития океана Тетис в юрское время в его самом западном пересечении, от момента расширения в ранней юре до современного совмещения океанических окраин в районе Загроса. К сожалению, доюрские (триасовые) эпохи не были представлены в этой статье, поскольку они пока не вполне достоверны. Там же было подчёркнуто, что «в позднем триасе, перед норийским веком, Иранский микроконтинент был присоединен к Евразии вдоль зоны субдукции», т. е. можно вполне правомочно считать Иранский массив южной окраиной Евразийской литосферной плиты.

Согласно этим построениям, в плинсбахское время (карта 1, 190 млн лет), Загросская зона располагалась в районе экватора, примерно в 40° к югу от современного положения. Зона характеризовалась преимущественно процессами накопления карбонатов и радиоларитов (серии Пичакун и др.) в пределах внешней зоны окраины Аравийской плиты и эвапоритов – внутренней зоны.

Келловейское время (карта 2, 155 млн лет) охарактеризовано накопле-

нием мощных карбонатов серии Сурмэ, когда окраина Аравийской плиты сместилась на 5° севернее, в результате постепенного «закрытия океана».

Мощные накопления верхнеюрских эвапоритов серии Готния по обоим бортам современного Персидского залива были отображены на карте для юрско-мелового времени (карта 3, 130 млн лет), охватывают обширную прибрежную зону пересыхающего мелководья в аридном приэкваториальном климате на окраине Аравийской плиты.

Таким образом, в юрское время по обоим бортам северо-западной зоны «сужения» океана Тетис сформировались два контрастных по фациально-климатическим особенностям палеоландшафта:

1 – приэкваториальная южная окраина океана с накоплением карбонатно-эвапоритовых формаций «карбонатной платформы» в аридном климате;

2 – северная окраина, где формировались обстановки прибрежно-морских аллювиально-дельтовых выровненных ландшафтов в гумидном климате, с накоплением карбонатно-терригенных угленосных формаций.

Аналогичные палеоструктурные и палеогеографические взаимоотношения вероятно существовали в рассматриваемое время и на территории современного Афганистана, где в северных провинциях этой страны развивались прибрежно-морские аллювиально-дельтовые палеоландшафты, обогащенные процессами заболачивания и углеобразования. В то же время Центральный и Южный Афганистан, ограниченные с севера Герирудской системой широтных поддвигов и сдвигов, служили ареной распространения обстановок карбонатной и эвапоритовой седиментации. Эти обстановки на стыке с Североафганскими угленосными палеоландшафтами явились следствием трансгрессий окраинных морей Тетиса и северного дрейфа Индостанской платформы, которая привела в результате в триасе – юре к подобному совмещению контрастных фациальных обстановок и образованию Памирского структурного «скупивания». Не исключено, что значительная часть южной окраины Североафганской плиты могла быть погребена под надвинутыми структурами Центрального Афганистана.

На данной степени изученности нельзя однозначно утверждать, что триасово-юрские ландшафты с процессами углеобразования представляли собой ненарушенные северные континентальные окраины океана Тетис, в пределах Иранского массива и Северного Афганистана. Но совершенно ясно, что сами процессы углеобразования представляют собой уникальное сочетание в природе следующих факторов: 1 – формирование отрицательной структуры, ограниченной водоразделами или приподнятыми бортами; 2 – оптимальный тектонический режим, способствовавший компенсации осадочного бассейна и заболачиванию; 3 – благоприятный гидрологический режим высокого стояния грунтовых вод в торфяниках, за счёт подпора соседней озёрной или морской акватории; 4 – высокие скорости накопления и захоронения обильной растительной органики в благоприятных обстановках лавинной разгрузки осадочного материала в дельтах или в местах рез-



ких перегибов рельефа. Гумидный климат и геохимические особенности (восстановительная анаэробная среда), обилие растительности и пр. также могли **служить отчётливым индикатором континентальных окраин стабильных блоков земной коры**. Подобные индикаторы можно однозначно использовать при палеотектонических построениях, особенно связанных с гипотетическим перемещением литосферных плит.

Исследователями давно подмечено, что большинство угольных месторождений локализовано в прибрежной зоне, на окраинах континентальных массивов, благодаря уникальному сочетанию названных оптимальных палеогеографических обстановок, свойственных генезису угленосных формаций. Это важное обстоятельство позволяет предположить, что если в истории Земли существовали тесные границы совмещения двух и более ныне разобъединённых континентальных блоков, то **угленосные отложения могут быть использованы в качестве индикаторов областей, связующих блоки или целые континенты**. Кроме того, **реликты угленосных формаций в разновозрастных складчатых поясах и на платформах позволяют выявить первичные границы продуктивных бассейнов осадко- и углеобразования**.

Угленосные формации в истории Земли, как известно, проявлялись нередко транзитно, в оптимально благоприятные для углеобразования этапы эволюции земной коры. Независимо от геологического возраста, зоны прибрежного углеобразования могут фиксировать границы раскрытия или сокращения океанических акваторий, основываясь на плейт-тектонической концепции. Эта актуальная проблема неоднократно освещалась в периодической литературе как в общем, теоретическом, плане [4,5], так и, в частности, по отношению к угленосным формациям карбона [2].

В последнем случае были использованы данные о генетическом сходстве ныне разобъединённых по обоим бортам Северной Атлантики угольных месторождений позднекарбонового возраста Шотландии, Ирландии, Канады и США, с учетом бывшего совмещения структур каледонид от Шпицбергена до Аппалачей до раскрытия Северной части океана в раннем мезозое. Обстановки углеобразования локализовались на окраинах континентальных массивов, обращённых в сторону зарождавшейся Атлантики, откуда поставлялось обилие влаги (1500-2000 мм в год), необходимой для расцвета пышной приморской растительности и активизации процессов торфонакопления.

Изложенный принцип использования угленосных формаций как одного из показателей окраин континентальных блоков может быть применен при палеогеографических построениях для любого из максимумов углеобразования в истории Земли, от девона до кайнозоя. В случае использования подобной методики значительно повысится достоверность палеогеографических реконструкций о времени и месте стыковки или раздвижении как литосферных плит, так и отдельных континентальных массивов.

## Библиографический список

1. Андросов Б. Н., Колчанов В. П., Кулаков В. В. Угленосность северных предгорий Гиндукуша. М.: Наука, 1977. 132 с.
2. Баланчивадзе С. Г., Полянский Б. В. Угленосные формации карбона прибрежных зон Атлантики – индикаторы соотношения континентальных блоков // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. Вып. 9. С. 126-137.
3. Зоненшайн Л. П., Деркур Ж., Казьмин В. Г. и др. Эволюция Тетис // История океана Тетис. М.: Изд-во ин-та океанологии АН СССР, 1987. С. 104 –115.
4. Полянский Б. В. Мезозойские угленосные формации северной окраины Мезотетис // Тр. ГИН АН СССР, вып. 425. М.: Наука, 1989. 181 с.
5. Полянский Б. В. Роль углеобразования в познании истории Земли // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. Вып. 13. С. 35-37.
6. Фалькон Н. Л. Южный Иран: горы Загрос // Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса. Т. 1. Альпийско-Гималайские складчатые области. М.: Мир, 1977. С. 248 – 263.
7. James G. A., Wind J. G. Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 1965. Vol.49, N 12. P. 2182-2245.
8. Stoecklin J. Structural history and tectonics of Iran. A review // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 1968. Vol. 52, N 7, P. 1229 – 1258.

УДК 622.1:553.97:624.131.43

**Г. Л. Макаренко**

Тверской гос. технический университет

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

Торфяные месторождения являются сложной развивающейся биогеоценотической экосистемой, участвующей в гидрологическом и биологическом балансе территории; особый тип биома, промежуточный между сушей и водоемом.

Процесс торфонакопления зависит от множества тесно взаимосвязанных природных факторов (климата, геоморфологических условий, состава и свойств подстилающих материнских пород, гидрогеологического и гидрологического режимов, условий стока, водного баланса и др.), естественное изменение которых отражается на его показателях (видовом составе и разнообразии растительных сообществ и торфяных отложений, скорости торфонакопления в зависимости от вида торфа, степени трофности среды торфонакопления, формирования микрорельефа болота и др.) [4, 8-13].

В зависимости от меняющегося воздействия тех или иных природных факторов процесс болотного почвообразования может приобретать определенную направленность, что в итоге приводит как к формированию различных видов торфяных отложений, так и к смене одного типа отложений другим. Видов растений, произрастание которых было бы приурочено исключительно к переходному типу болота, не обнаружено. Отсутствие строго приуроченных видов к переходному типу болот и наличие обширных групп, так называемых эвтрофно-мезотрофных и олиготрофно-мезотрофных видов, свидетельствуют о постепенном характере смен растительности одного типа болот другим в процессе их развития. При этом наиболее богатая и разнообразная флора низинной (эвтрофной) стадии по мере перехода в стадию верховую (олиготрофную) обедняется и становится менее разнообразной [1].

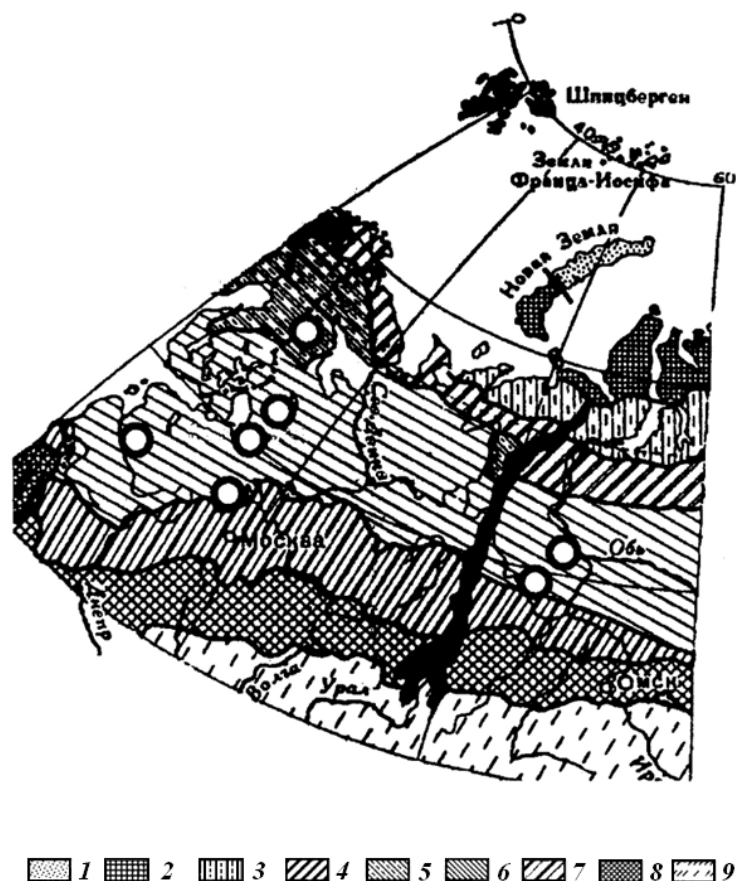
Известный исследователь болот А. Д. Дубах первым обратил внимание на особенности болота как природного образования, отличного и от суши и от водоемов [2, 3]. Отсюда основное внимание было уделено подвижному горизонту капиллярной каймы (ПГКК) вблизи поверхности суши как одному из ведущих природных факторов образования и накопления торфяных отложений, который обуславливает избыточное увлажнение минеральной геологической среды различной степени трофности. По мнению автора, по данной проблеме в этом направлении существовал разрыв [6, 7].

### **Объекты исследований**

Исследованию были подвергнуты торфяные месторождения лесной зоны: Максимково, Жарковский Мох, Чистик, Чембровское, Терелесово-Грядское (Тверская область), Рдейское (Псковская область), Ларьянское (Ленинградская область), Неназванное, Долинное, Тверское (Карелия), Сытоминское и Усть-Кондинское (Тюменская область). Помимо анализа фондовых материалов и литературных данных, в статье были использованы отчетные и рукописные материалы различных экспедиций, результаты собственных полевых исследований и неопубликованных данных (рис. 1).

Рис. 1. Районы исследования болот. Болотные зоны, по Н. Я. Кац [5]:

1 – территории, по которым не имеется достаточных данных; 2 – арктических минеральных осоковых болот; 3 – плоскобугристых болот; 4 – крупнобугристых болот; 5 – торфяников аапа-типа; 6 – выпуклых олиготрофных торфяников; 7 – эвтрофных и олиготрофных сосново-сфагновых торфяников; 8 – равнинных эвтрофных болот и торфяников; 9 – тростниковых и засоленных болот Казахстана, Западной Сибири и европейской части СССР



### Методика исследований

В основу исследований была положена степень трофности среды торфонакопления, которую определяет трехкомпонентный состав торфяных отложений: фактическое процентное содержание эвтрофных и олиготрофных растительных остатков, степень разложения (разложившаяся растительная масса).

Подстилающая материнская порода, ее генезис, строение, вещественный состав и свойства являются средой формирования и последующего развития болото- и торфообразовательного процесса на поверхности суши Земли, где на первоначальном этапе имели место природные геологические процессы и явления как результат прямого соприкосновения и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы при последующей максимальной насыщенности органической жизнью в условиях избыточного увлажнения территории при наличии ПГКК.

Минеральная геологическая среда, независимо от генезиса, по фракционному составу представляет собой горизонтальнослоистый, раздробленный, обломочный, раздельнозернистый или трещиноватый материал. Как энергетически ослабленная зона изначально является субстратом наземных форм жизни на суше и областью минерального питания болотных растений [6]. Несмотря на то, что область питания грунтовой воды совпа-

дает с областью ее распространения, болото- и торфообразовательный процесс на поверхности суши получает развитие там, где присутствует ПГКК. ПГКК одновременно обеспечивает питательный режим живых болотных растений и процесс активного разложения отмершей растительной массы в динамической части залежи с последующим накоплением торфяных отложений. Капиллярные силы практически не меняют структуры воды, и поэтому капиллярная вода по своим физическим свойствам практически не отличается от свободной и удерживается в горной породе силами поверхностного натяжения, образующимися на границе фаз вода – воздух – твердая поверхность. Подвижность горизонта капиллярной каймы обусловлена наличием градиента напора, который проявляет себя в условиях постоянного изменения уровня природной воды (грунтовой или болотной) вблизи поверхности суши. Формирующийся при этом микрорельеф поверхности болота определен неоднородностью минеральной среды и степенью вертикальной и горизонтальной расчлененности поверхности ПГКК со своими особенностями произрастания болотных растений и последующим развитием залежного слоя за счет биогенного накопления торфяных отложений.

В общем виде процесс болотообразования и торфонакопления начинается с **эвтрофной стадии развития** (табл. 1), при котором откладываются торфяные отложения, нацело состоящие из эвтрофных растительных остатков Э ( $\text{Э} = 100\%$  – первый этап эвтрофной стадии развития). В последующем в его составе появляются олиготрофные растительные остатки О при доминирующем содержании эвтрофных Э ( $\text{Э} > \text{О}$  – второй этап эвтрофной стадии развития).

На определенном этапе наступает переломный момент (выделяется горизонтальный контакт), при котором залежный слой из эвтрофной стадии развития переходит в **олиготрофную стадию развития**, и в составе торфа начинают доминировать олиготрофные растительные остатки О ( $\text{Э} < \text{О}$  – первый этап олиготрофной стадии развития). На завершающем этапе развития залежного слоя торфяные отложения уже нацело состоят из олиготрофных растительных остатков О ( $\text{О} = 100\%$  – второй этап олиготрофной стадии развития). На границе установленного контакта формируется группа торфяных отложений в эвтрофной стадии развития (нижняя часть контакта), и в олиготрофной стадии развития (верхняя часть контакта) выявляется тип контакта. Всего на основе компонентного состава торфяных отложений возможно выделение **9 типов контактов**. Типы горизонтального контакта в залежном слое болот были объединены в три группы: **первая группа**  $\text{R}_\text{Э}-\text{R}_\text{О}$ ;  $\text{R}_\text{Э}-\text{СМ}_\text{О}$ ;  $\text{R}_\text{Э}-\text{О}$  (нижняя часть контакта сложена гумифицированным эвтрофным торфом); **вторая группа**  $\text{СМ}_\text{Э}-\text{R}_\text{О}$ ;  $\text{СМ}_\text{Э}-\text{СМ}_\text{О}$ ;  $\text{СМ}_\text{Э}-\text{О}$  (нижняя часть контакта сложена смешанным эвтрофным торфом); **третья группа**  $\text{Э}-\text{R}_\text{О}$ ;  $\text{Э}-\text{СМ}_\text{О}$ ;  $\text{Э}-\text{О}$  (нижняя часть контакта сложена эвтрофным торфом).

Таблица 1

Обобщенная модель стадий и этапов развития современного болотообразовательного процесса и процесса торфонакопления на основе компонентного состава торфяных отложений

Динамическая часть залежного слоя – единовременная среда произрастания болотной растительности и среда активного неполного разложения отмершей растительной массы		
Соотношение остатков в торфе	Стадии и этапы развития собственно залежного слоя	Основная характеристика торфяных отложений
$O = 100 \%$	Второй этап олиготрофной стадии развития	Основная подвижная форма катионов во внутрипоровом растворе – катион $H^+$
$O > Э$	Первый этап олиготрофной стадии развития <b>ОЛИГОТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ</b>	Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава: гумифицированная олиготрофная $R_0$ смешанная олиготрофная $CM_0$ олиготрофная $O$
<b>ГРАНИЦА ПЕРЕХОДА</b>		Основные группы контактов первая      вторая      третья $R_3 - R_0$ $CM_3 - R_0$ $Э - R_0$ $R_3 - CM_0$ $CM_3 - CM_0$ $Э - CM_0$ $R_3 - O$ $CM_3 - O$ $Э - O$
$Э > O$	Второй этап эвтрофной стадии развития	Основная подвижная форма катионов во внутрипоровом растворе – катион $Ca^{++}$
$Э = 100 \%$	Первый этап эвтрофной стадии развития <b>ЭВТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ</b>	Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава: гумифицированная эвтрофная $R_3$ смешанная эвтрофная $CM_3$ эвтрофная $Э$
Минеральная геологическая среда на основе природных геологических процессов и явлений или лимногяциальные и лимногенные образования (пески, супеси, суглинки, глины, илы, сапрпели )		

### Результаты исследований

В процессе исследований была оценена относительная встречаемость типов и групп горизонтального контакта перехода залежей торфяных месторождений из эвтрофной стадии развития в олиготрофную (рис. 2, 3).

Для торфяных залежей с грядово-мочажинным и грядово-озерковым растительными комплексами характерно отсутствие первой группы контактов (см. рис. 3). Установлено, что каждая из групп отражает обстановку и режим процесса торфонакопления, закономерности изменения природных свойств отложений (табл. 2)

В результате исследований была оценена относительная встречаемость индексов двухстадийного строения залежного слоя торфяных месторождений, прошедшего эвтрофную и олиготрофную стадии развития (рис. 4). Отсутствие первой группы контактов в залежах с грядово-

мочажинным и грядово-озерковым растительными комплексами (см. рис. 3) предопределило особенности распределения индексов строения, отличные от общего распределения по лесной зоне (см. рис. 3).



Рис. 2. Относительная встречаемость типов горизонтального контакта перехода залежей торфяных месторождений лесной зоны из эвтрофной стадии развития в олиготрофную

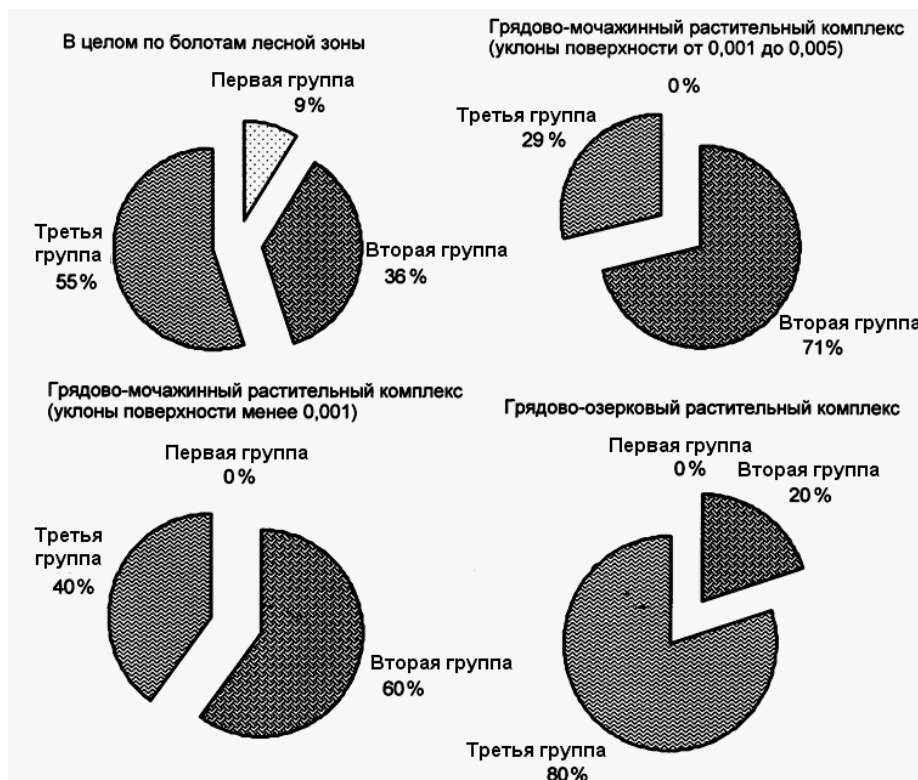


Рис. 3. Относительная встречаемость групп горизонтального контакта перехода залежей торфяных месторождений лесной зоны из эвтрофной стадии развития в олиготрофную

Таблица 2

Среднезалежная характеристика свойств торфяных отложений болот  
в соответствии с группами горизонтального контакта

Контакт- ная группа	Общетехнические свойства				Агрохимические свойства, %					Физико-химические свойства, мг-экв/100 г			
	R, %	W, %	A <sup>D</sup> , %	pH <sub>c</sub>	S	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>
<b>Первая</b>	<b>42,0</b>	<b>86,9</b>	<b>3,6</b>	<b>3,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,96</b>	<b>0,15</b>	<b>0,22</b>	<b>0,19</b>	<b>33,3</b>	<b>25,0</b>	<b>9,5</b>	<b>13,9</b>
<b>Вторая</b>	<b>34,0</b>	<b>88,8</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,15</b>	<b>0,18</b>	<b>0,13</b>	<b>21,5</b>	<b>17,0</b>	<b>7,7</b>	<b>11,1</b>
<b>Третья</b>	<b>22,0</b>	<b>91,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,4</b>	<b>0,17</b>	<b>0,78</b>	<b>0,19</b>	<b>0,18</b>	<b>0,16</b>	<b>23,8</b>	<b>6,2</b>	<b>7,6</b>	<b>7,9</b>

На основе степени трофности среды торфонакопления в пределах типовых разностей был проведен сравнительный анализ относительной встречаемости групп и классов торфяных отложений в целом по залежи и по придонному слою торфяных месторождений (рис. 5). Выявлено, что придонный слой отличает повышенная встречаемость олиготрофной группы и олиготрофного мохового класса торфяных отложений.

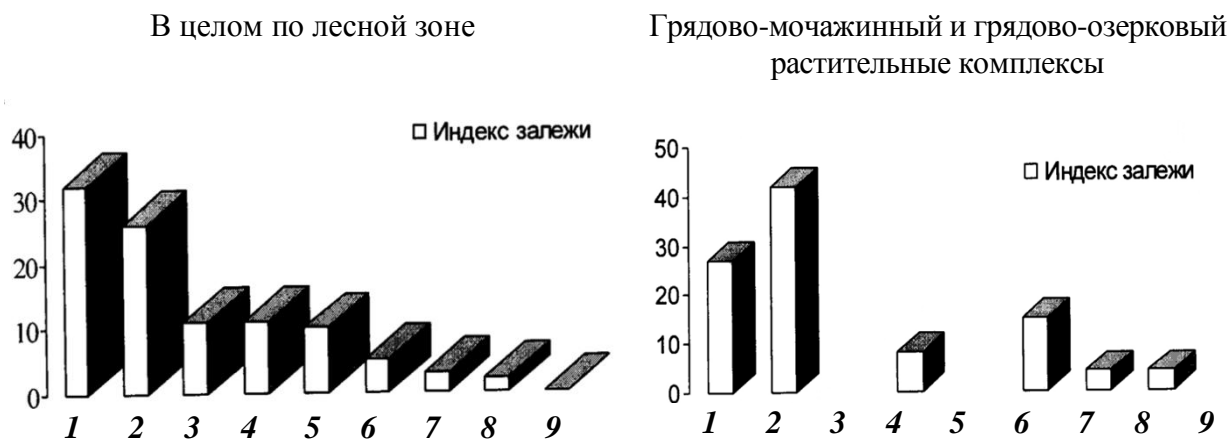


Рис. 4. Относительная встречаемость (%) разновидностей двухстадийного строения залежного слоя торфяных месторождений лесной зоны:

индексы строения залежного слоя: 1 – Э<sub>2</sub>–O<sub>1-2</sub>; 2 – Э<sub>1-2</sub>–O<sub>1-2</sub>; 3 – Э<sub>1-2</sub>–O<sub>2</sub>; 4 – Э<sub>2</sub>–O<sub>1</sub>; 5 – Э<sub>2</sub>–O<sub>2</sub>; 6 – Э<sub>1</sub>–O<sub>1-2</sub>; 7 – Э<sub>1-2</sub>–O<sub>1</sub>; 8 – Э<sub>1</sub>–O<sub>2</sub>; 9 – Э<sub>1</sub>–O<sub>1</sub>



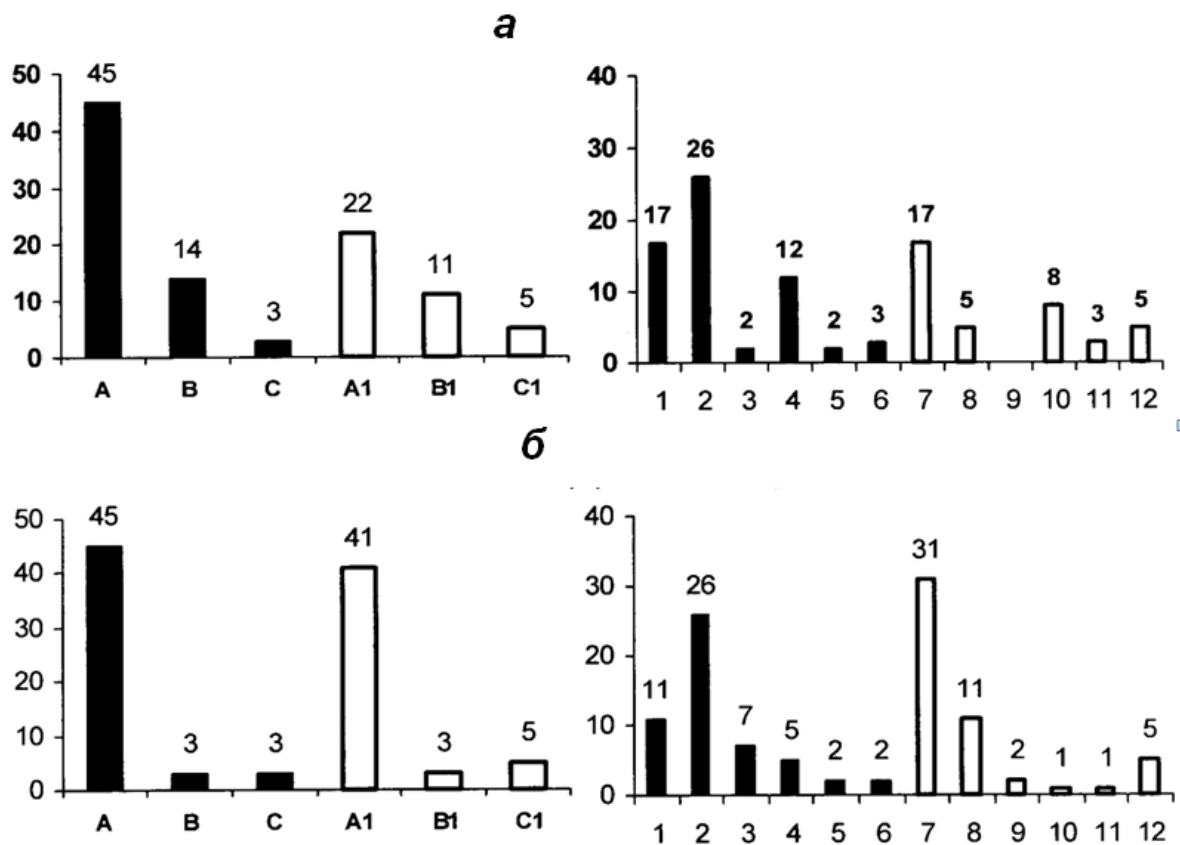


Рис. 5. Относительная встречаемость типовых разновидностей торфяных отложений естественной залежи (а) и придонного слоя торфяных месторождений лесной зоны (б) по группам и классам (%):

**группы:** А – эвтрофная, В – смешанная эвтрофная, С – гумифицированная эвтрофная (**эвтрофный тип**); А1 – олиготрофная, В1 – смешанная олиготрофная, С1 – гумифицированная олиготрофная (**олиготрофный тип**);

**классы:** 1 – эвтрофный моховой, 2 – эвтрофный травяной, 3 – эвтрофный древесный, 4 – смешанный эвтрофный, 5 – смешанный эвтрофный гумифицированный, 6 – эвтрофный гумифицированный; 7 – олиготрофный моховой, 8 – олиготрофный травяной, 9 – олиготрофный древесный, 10 – смешанный олиготрофный, 11 – смешанный олиготрофный гумифицированный, 12 – олиготрофный гумифицированный

## Выводы

Проведенными исследованиями установлено, что совокупность условий развития торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления и ход смены этих условий могут быть чрезвычайно разнообразными. Каждый из этапов развития, независимо от стадии, отражает природные условия наиболее длительного периода их существования в рамках геологического времени и решающим образом определяет качественные характеристики торфяных отложений в залежи. Каждому этапу и стадии развития соответствуют вполне конкретные генетически взаимосвязанные характеристики общетехнических, агрохимических и физико-химических свойств торфяных отложений.

## Библиографический список

1. **Бахнов В. К.** Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука, 1986. 193 с.
2. **Дубах А. Д.** Очерки по гидрологии болот. Редиздат ЦУЕГМС, 1936. 119 с.
3. **Дубах А. Д.** Гидрология болот. Л.: Гидрометеиздат, 1944. 228 с.
4. **Иванов К. Е.** Трофность среды обитания растительного покрова болот и гидролого-географический метод оценки некоторых ее показателей // Вопросы гидрогеологии болот. Л.: Гидрометеиздат, 1988. Труды ГГИ. Вып. 333. С. 3-32.
5. **Кац Н. Я.** Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М.: ОГИЗ\*ГЕОГРАФИЗ\*, 1948. 320 с.
6. **Макаренко Г. Л., Шадрина Н. И.** Основы биогеоценологии болот (геологический аспект): Учебное пособие. Тверь: ТГТУ, 1999. 162 с.
7. **Макаренко Г. Л.** Изучение геологической природы торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. М.: РГГРУ, 2006. № 4. С. 35-39.
8. **Aaby V. & Tauber H.** Rates of peat formation in relation to degree of humification and local environment, as shown by studies of a raised bog in Denmark. *Boreas* 4. 1975. P. 1-17.
9. **Damman A.W.H.** Peat accumulation in fens and bogs: effects of hydrology and fertility. In: Laiho, R., Laine J. & Vasander H. (eds) Northern Peatlands in Global Climatic Change. Proceedings of the International Workshop. Hyvitiälä, Finland. 8-12 October 1995. Publications of the Academy of Finland 196. 1996. P. 213-222.
10. Finland – land of mires.: **Tapio Lindholm and Raimo Heikkilä (eds.)** Helsinki: Finnish Environment Institute, 2006. 273 p.
11. **Johnson L. & Damman A.W.H.** Species-controlled Sphagnum decay on a South Swedish raised bog. – *Oikos* 61: 1991. P. 234-242.
12. **Mäkilä M.** Holocene lateral expansion, peat growth and carbon accumulation on Haukkasuo, a raised bog in southeastern Finland. – *Boreas*. 26. 1997. P. 1-14.
13. **Mäkilä M. & Toivonen T.** 2004 b: Peat and carbon in a young coastal bog. – In: Päivänen, J. (ed). Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress 2. Poster Presentations: 889 – 895. International Peat Society. Tampere, Finland.

**Г. Л. Макаренко, Н. В. Овчарова**  
Тверской гос. технический университет

## **ГЕОСИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

К настоящему времени во многих регионах РФ были выработаны обширные площади торфяных месторождений (более 70 % фрезерным способом). Добыча торфа на территории Тверской области, равно как и в других регионах России, производилась в первую очередь на топливо и на нужды сельскохозяйственного производства. Ценность выработанных площадей для выбора приоритетных направлений рационального использования во многом определяется мощностью оставшегося слоя торфяных отложений: площади, предназначенные для возделывания сельскохозяйственных культур, – не менее 0,5 м; площади, передаваемые для лесоразведения, – не менее 0,3 м; площади под водоемы, прудово-рыбные хозяйства и для других целей – 0,15 м [6]. Кроме того, большинство выработанных по существующим технологиям торфяных месторождений не подготовлены для возобновления болото- и торфообразовательного процесса, и они лишь частично регенерируются естественным путем с неясно выраженной тенденцией и скоростью самовосстановления.

Согласно результатам исследований белорусских ученых, торфяные месторождения с мощной торфяной залежью в результате сработки постепенно превращаются в среднemocные, маломощные, торфяные и торфяно-глеевые, антропогенные почвы (постторфные) минеральные в разной степени гумусированные. При неглубоком уровне болотных вод (40-80 см) эволюция торфяников завершается формированием довольно плодородных дерново-глееватых и перегноино-глееватых почв. При глубоком уровне болотных вод конечной стадией их развития являются минеральные почвы, близкие к дерново-подзолистым незаболоченным. На выработанных торфяниках, где рекультивация не проводилась или оказалась недостаточной, почвообразовательный процесс может осуществляться по двум направлениям. На участках, где субстрат хорошо аэрирован и быстро минерализуется, формируется почва, близкая по свойствам к осушенным торфяникам. На участках, где остаточный слой торфа переувлажнен и подвергается затоплению, возможна реставрация почвы в результате вторичного заболачивания [1].

Оставшийся придонный слой торфа в карьерах может подвергаться ветровой эрозии, что приводит к полному или частичному обнажению минеральных отложений. При этом отсутствует анализ закономерностей тер-

риториального размещения и природных условий залегания выработанных площадей (торфяных карьеров), оставшихся после добычи. Это необходимо, прежде всего, не только для выработки основных направлений рекультивации, но и естественного восстановления болото- и торфообразовательного процесса. Особое значение приобретают геолого-геоморфологическое окружение (водосборная площадь), характер подстилающих минеральных отложений, гидрогеологический и гидрологический режим, стратиграфия и тип строения естественной залежи, состав и свойства торфяных отложений оставшегося слоя залежи (придонный слой), характер зарастания выработанной площади.

По размерам выработанных площадей торфяных месторождений административные районы Тверской области подразделяются на четыре группы: с **наибольшей** площадью более 1000 га; с **большой** площадью от 100 до 1000 га; с **малой** площадью от 10 до 100 га; с **наименьшей** площадью менее 10 га [5, 8]. Административные районы Тверской области по лесистости территории разбиваются на четыре группы: низкую – 0 – 20 %, среднюю – >20 – 40 %, повышенную – >40 – 60 %, высокую – >60 – 80 % [3]. Основные выработанные площади относятся к районам с повышенной лесистостью территории (рис. 1).

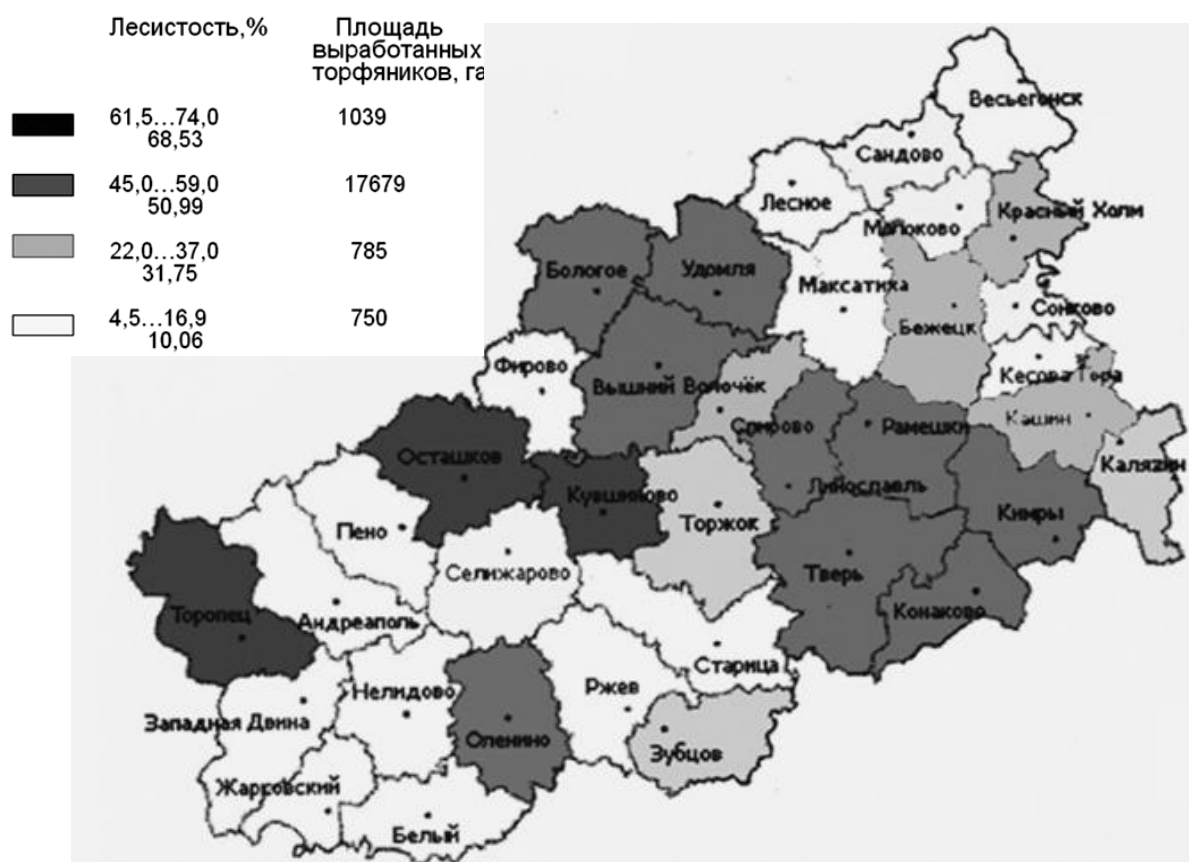


Рис. 1. Распределение площадей выработанных торфяных месторождений на территории Тверской области в соответствии с лесистостью территории

Основными формами залегания выработанных торфяников по местоположению в рельефе на территории Тверской области являются: водораздел, склон и надпойменная терраса. При этом здесь встречены все типы строения естественной залежи, которые существовали до начала разработки торфяных месторождений, и наибольшее их число приходится на водораздел и склон (рис. 2).

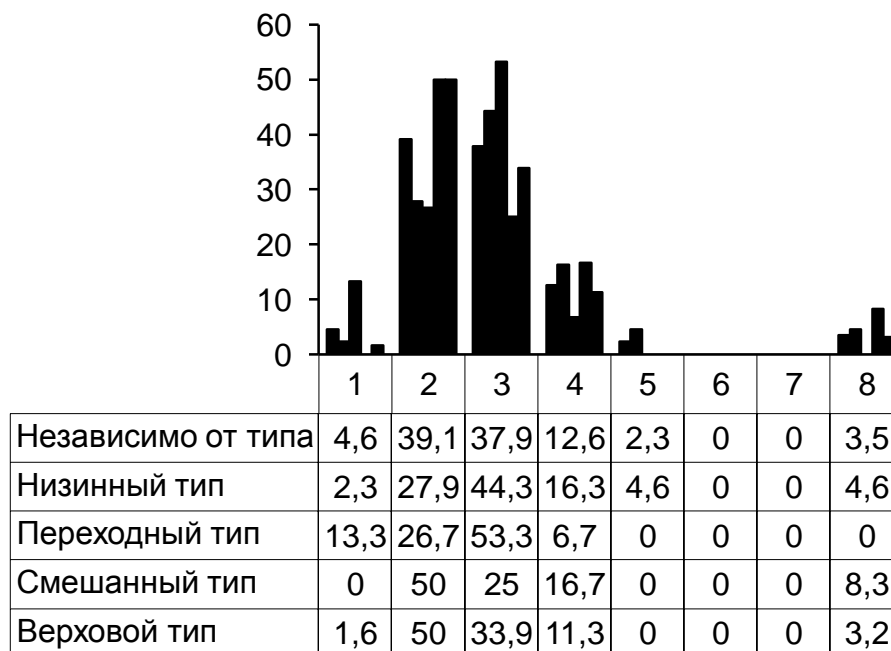


Рис. 2. Относительное распределение типов строения естественных залежей (%) Тверской области по местоположению в рельефе до начала разработки торфяных месторождений:

1 – исток; 2 – водораздел; 3 – склон; 4 – надпойменная терраса; 5 – пойма; 6 – водоприемник (тальвег, лощина, овраг, ручей, река, пруд); 7 – сточная котловина; 8 – вокруг озера

Анализ относительного распределения видов минеральных отложений по местоположению в рельефе показал, что песок присутствует на всех основных формах рельефа. Суглинок чаще всего встречается на водоразделе и реже на надпойменной террасе и пойме. Глина в равных пропорциях характерна для водораздела и надпойменной террасы. Супесь встречена только на склоне (рис. 3).

Наибольшая встречаемость видов торфяных отложений придонного слоя выработанных торфяников приходится на пески. Что же касается древесного низинного торфа, то он доминирует в составе всех встречающихся видов подстилающих минеральных отложений (рис. 4).

Наибольшим многообразием по местоположению в рельефе, типами строения естественной залежи, видами оставшегося слоя торфа отличается задровая равнина с наличием водно-ледниковых отложений (занимает 67 % территории области). Тип рельефа и местоположение в рельефе вы-

работанных площадей определяют закономерности в распределении свойств оставшегося слоя торфяных отложений (рис. 5, а, б, в).

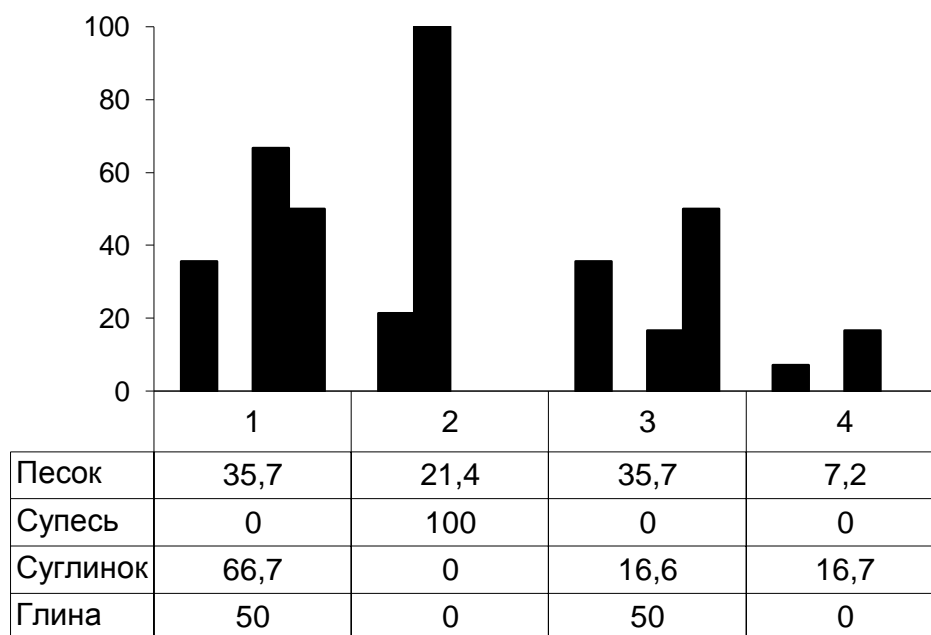


Рис. 3. Относительное распределение литологического состава минеральных отложений четвертичной системы (%) по местоположению в рельефе, подстилающих выработанные торфяники Тверской области:

1 – водораздел; 2 – склон; 3 – надпойменная терраса; 4 – пойма

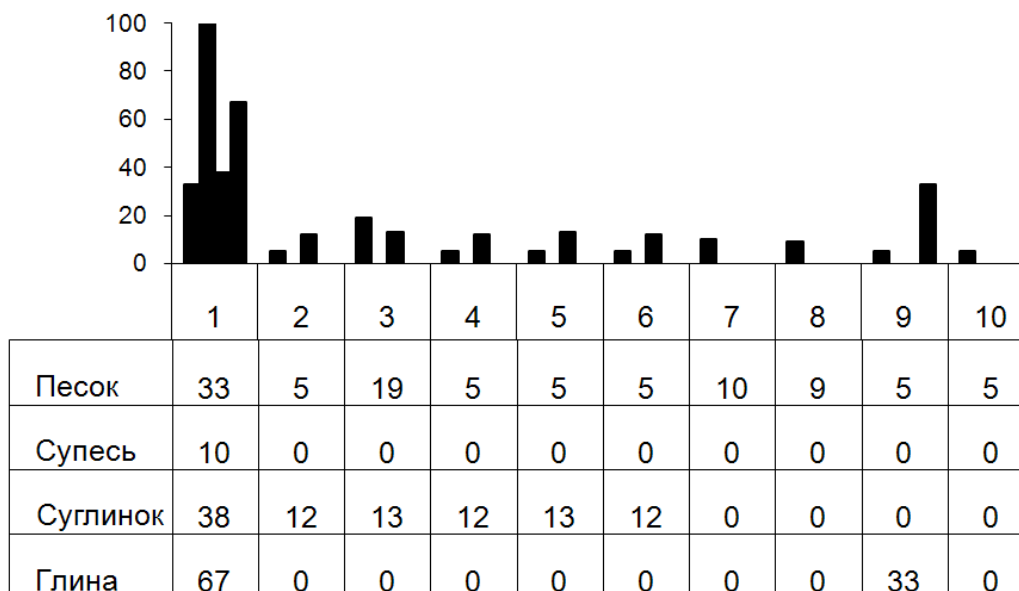


Рис. 4. Относительная встречаемость видов торфяных отложений придонного слоя залежей выработанных торфяников Тверской области. Виды торфяных отложений придонного слоя залежи:

1 – древесный низинный; 2 – гипновый низинный; 3 – древесно-травяной низинный; 4 – сосново-пушицевый верховой; 5 – пушицево-сфагновый верховой; 6 – осокково-гипновый низинный; 7 – сосновый верховой; 8 – топяной низинный; 9 – древесно-гипновый низинный; 10 – древесно-топяной низинный

Установлена закономерность распределения свойств придонного слоя торфа, в соответствии с которой при продвижении от водораздела к надпойменной террасе и пойме процентное содержание оксида алюминия  $Al_2O_3$  снижается, другие свойства (степень насыщенности основаниями V; кислотность pH; азот N; оксид кальция CaO) меняются в обратном направлении (см. рис. 5).

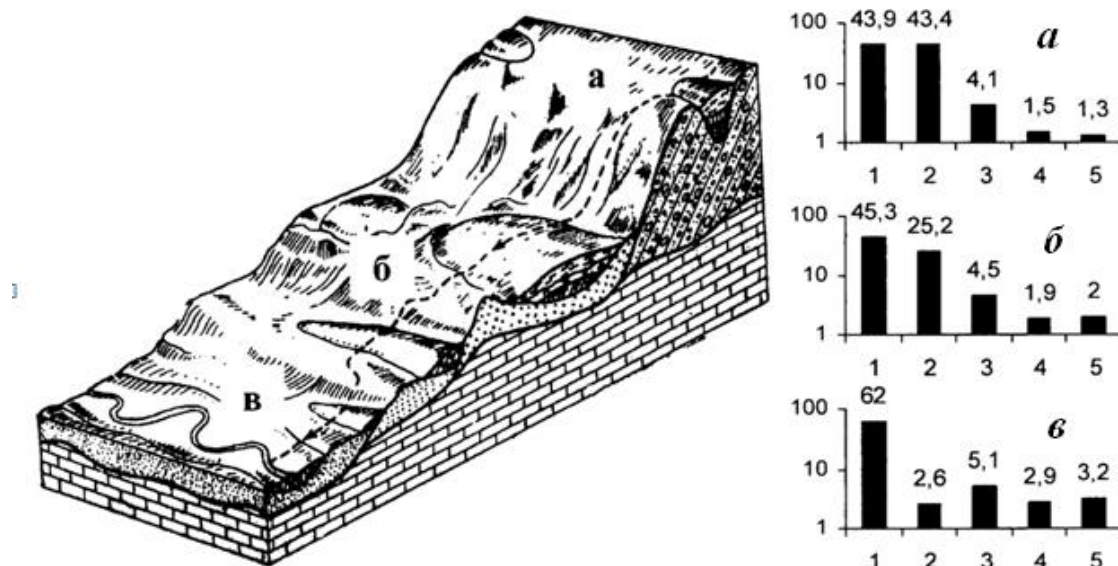


Рис. 5. Качественная характеристика придонного слоя торфа выработанных торфяных месторождений Центрального региона (на примере Тверской области) по местоположению в рельефе (*а* – водораздел, *б* – склон и надпойменная терраса, *в* – пойма): 1 – степень насыщенности основаниями V; 2 – оксид алюминия  $Al_2O_3$ ; 3 – кислотность pH; 4 – азот N; 5 – оксид кальция CaO

Характер зарастания выработанных торфяников и состав растительного покрова в определенной мере зависят от вида придонного слоя торфа и состава подстилающих минеральных отложений (рис. 6). На песке растениями-эдификаторами являются: береза, щучка, мать-и-мачеха, мятлик, кипрей, полынь. Второстепенную роль выполняют: рогоз, тростник, осока, вейник, пушица, щавелек, частуха, лисохвост, марья белая, полевица, скерда. На суглинке доминируют: щучка, рогоз, ситник, мать-и-мачеха. К растениям, встречающимся реже, относятся: тростник, осока, береза, вейник, пушица, мятлик, полынь, полевица, скерда. Состав растений на глине определяют: рогоз, мятлик, полынь, частуха, ситник, щучка (см. рис. 6).

Восстановление болото- и торфообразовательного процесса может быть вызвано избыточным увлажнением поверхности торфяного карьера. В рамках проекта по восстановлению водно-болотных угодий на месте выработанных торфяников в Великобритании, Голландии и Германии (проект BRIDGE) была разработана их классификация и рассмотрены факторы,

создающие стартовые условия для восстановления. Также рассмотрены гидротехнические приемы, применяемые при обводнении осушенных торфяников и создание условий для реколонизации территории болотными растениями [7, 9 – 12].

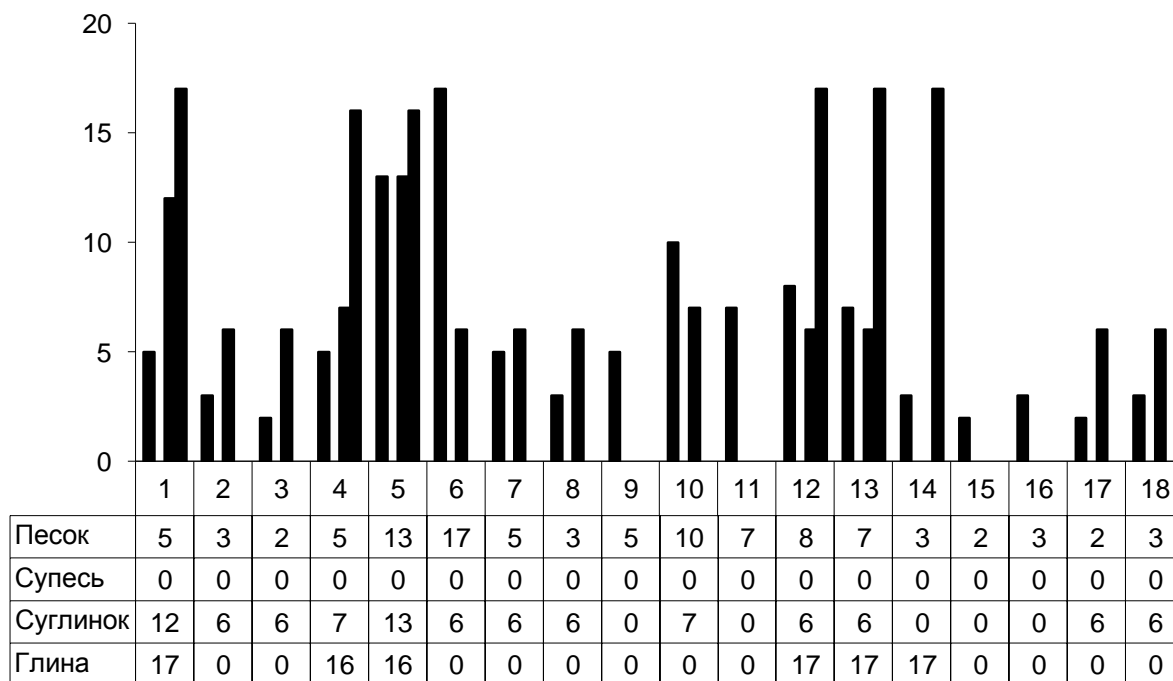


Рис. 6. Относительная встречаемость видов растительности на поверхности выработанных торфяников Тверской области (%) в зависимости от литологического состава подстилающих минеральных отложений:

1 – рогоз; 2 – тростник; 3 – осока; 4 – ситник; 5 – щучка; 6 – береза; 7 – вейник; 8 – пушица; 9 – щавелек; 10 – мать-и-мачеха; 11 – кипрей; 12 – мятлик; 13 – полынь; 14 – частуха; 15 – лисохвост; 16 – марья белая; 17 – полевица; 18 – скерда

При этом основу работ по восстановлению выработанных торфяных месторождений составляет повышение уровня грунтовых вод (УГВ). С целью восстановления нормального гидрорежима болот в открытых дренажных канавах путем установки ряда плотин-перегородок уменьшается сток воды. Конечный итог такой работы – полное зарастание канав и восстановление гидрорежима болота. Основными недостатками данных методов являются: сложность и продолжительность проведения работ; затраты на материалы для изготовления плотин-перегородок и продолжительность периода подъема уровня грунтовых вод; недостаток воды, необходимый для восстановления; отсутствие ясности в оценке морфологии дна карьеров; пересушенность остаточного торфяного слоя и его слабое намокание, его экранирующая роль при большой степени разложения. Главная проблема обводнения – это распределение воды во времени и пространстве выработанного торфяного месторождения.

В результате проведения системного анализа было установлено, что



восстановление болото- и торфообразовательного процесса может быть достигнуто при сохранении УГВ, что достигается дополнительной сработкой оставшегося придонного слоя торфа и части слоя минеральных отложений до появления подвижного горизонта капиллярной каймы (ПГКК). Как показывает анализ, придонный слой торфа не является «второсортным» видом сырья для некоторых видов продукции и не играет никакой роли для возобновления болотообразовательного процесса. В результате анализа были установлены следующие факты, отражающие целесообразность извлечения придонного слоя торфа: остаточный слой торфа на поверхности выработанных торфяников подвержен ветровой эрозии (дефляции); при существующих технологиях добычи 20-30 % выработанных полей не имеют установленного защитного слоя торфа и обнажены до минеральных отложений; экономически целесообразно добывать торфяное сырье полностью с целью получения наибольшей экономической эффективности из данного горного отвода; остаточный слой торфа высокой степени разложения при восстановлении болотообразовательного процесса не пропускает влагу, частично аккумулируя ее на поверхности в виде небольших обводненных участков.

Для обоснования добычи подстилающего минерального сырья можно указать следующие причины: добыча минерального сырья повышает экономическую эффективность торфяного производства посредством получения дополнительных ресурсов и расширения ассортимента производимой продукции на основе органо-минеральных композиций [5]; снятие части слоя минеральных отложений приближает УГВ к поверхности, формируя ее избыточную увлажненность. Это способствует развитию болото- и торфообразовательного процесса, определяя появление ПГКК вблизи поверхности торфяного карьера как зоны периодического водонасыщения (рис. 7) [4, 5].

В процессе системного анализа выяснилось, что минеральная геологическая среда, независимо от генезиса, по фракционному составу представляет собой раздробленный обломочный раздельнозернистый или трещиноватый горизонтальнослоистый материал. Как энергетически ослабленная зона изначально является субстратом наземных форм жизни на суше и областью минерального питания болотных растений [4].

Капиллярные силы практически не меняют структуры воды, и поэтому капиллярная вода по своим физическим свойствам мало отличается от свободной и удерживается в горной породе силами поверхностного натяжения, образуясь на границе фаз вода – воздух – твердая поверхность [2].

Каждая из разновидностей сред ПГКК минеральной геологической среды или динамической части залежи болота (ДЧЗ), исходя из особенностей их водно-физических свойств, обуславливает вполне конкретную гидродинамическую и гидрохимическую обстановку, условия пита-

ния подземных органов растений и условия разложения отмершей растительной массы (см. рис. 2, поз. 2, 3, 4). Кроме того, с этим могут быть связаны развитие и рост определенных растительных группировок и формирование определенных форм микрорельефа поверхности болота.

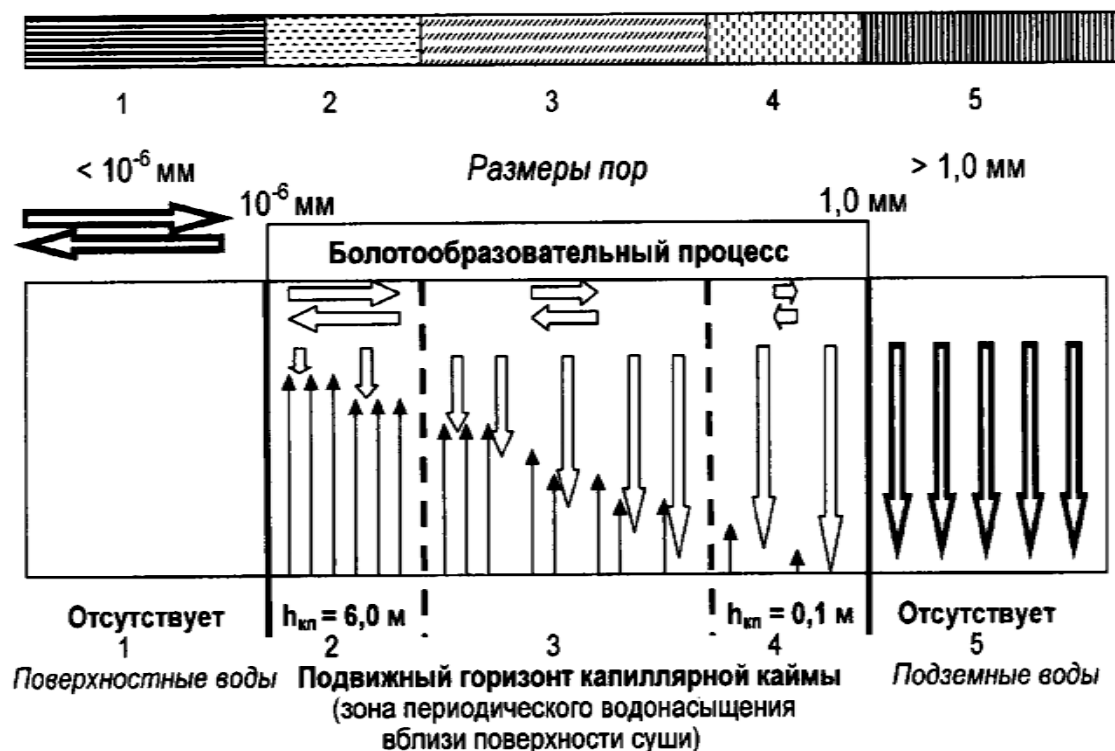


Рис. 7. Обобщенная модель водно-физических свойств минеральной геологической среды поверхности суши:

наименование сред: 1 – микропористая (водоупор), 2 – высококапиллярно-пористая, 3 – среднекапиллярно-пористая, 5 – макропористая,  $h_{кп}$  – высота капиллярного поднятия. Стрелки указывают основные направления передвижения природной воды

Геосистемная оценка условий залегания выработанных торфяных месторождений и дополнительное комплексное извлечение минеральных и органоминеральных ресурсов являются одним из перспективных направлений в области природоохранного обустройства территорий и рационального природопользования по получению новой органо-минеральной композиционной продукции, которая по качественным характеристикам значительно превосходит различные виды торфяной продукции. Предлагаемые мероприятия могут стать одним из методов повышения экономической эффективности торфяных предприятий.

### Библиографический список

1. Инишева Л. И., Аристархова В. Е., Порохина Е. В., Боровкова А. Ф. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: ТГПУ, 2007. 225 с.

2. **Королев В. А.** Связанная вода в горных породах: Новые факты и проблемы // Соровский образовательный журнал. 1996. № 9. С. 79-85.
3. **Макаренко Г. Л.** Оценка ресурсного потенциала природных объектов (на примере Тверской области): Учебное пособие. Тверь: ТГТУ, 2004. 148 с.
4. **Макаренко Г. Л.** Изучение геологической природы торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. 2006. № 4. С. 35-39.
5. **Макаренко Г. Л., Яконовская Т. Б., Тимофеев А. Е., Макаренко А. Г.** Технология комплексного использования органических и минеральных запасов торфяных месторождений с последующим восстановлением болотообразовательного процесса // Проблемы природопользования и инженерной экологии. Тверь: ТГТУ, 2007. С. 47-59.
6. **Марков В. Д.** Оценка и перспективы использования торфокарьерных площадей на территории РСФСР // Природа болот и методы их исследований. Л.: Наука, 1967. С. 233-236.
7. **Рекомендации** по восстановлению болот, нарушенных осушительными работами / Мищенко А. Л., Суханова О. В. и др.. М.: Союз охраны птиц России, 2002. 17 с.
8. **Справочник** выработанных площадей торфяных месторождений Калининской области. М.: Трест "Геолторфразведка", 1973. 55 с.
9. **Eggelsmann R. R. F.** Rewetting for protection and renaturation/regeneration of peatland after or without peat winning // Proceeding of the 8th International Peat Congress. Section III. Leningrad, 1988. P. 251-260.
10. **Conserving Bogs (R. Stoneman, S. Brooks, eds.).** Edinburg: The Stationery Office, 1997.
11. **Gensior A., Zeitz J., Dietrich O., Dannowski R., Wichtmann W.** Fen restoration and reed cultivation: first results of an interdisciplinary project in Northeastern Germany – Abiotic Aspects // Peatland Restoration and Reclamation. Duluth, 1998. Jyvaskyla, 1998. P. 229-234.
12. **Guidelines** for Wetland Restoration of Peat Cutting Areas. (Eds. Blankenburg J. & Tonis W.). Bremen, 2004. 56 pp.

**И. А. Тарасенко<sup>1</sup>, Т. В. Тарасова<sup>2</sup>, А. В. Зиньков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

<sup>2</sup>ДальвостНИИпроектуголь

<sup>3</sup>Дальневосточный гос. технический университет

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРГАЛЬСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Ургальское каменноугольное месторождение находится в центре крупного Буреинского каменноугольного бассейна, расположенного в Верхнебуреинском районе Хабаровского края. По степени сложности отработки оно относится к третьей группе — к месторождениям с достаточно сложными гидрогеологическими условиями, которые определяются высокой фильтрационной изменчивостью пород, наличием многочисленных тектонических нарушений и сквозных таликовых зон. В результате, шахты «Ургал» и «Северная», расположенные в месте слияния таких двух крупных водотоков, как реки Чегдомын и Ургал, а также пересекаемые в пределах шахтного поля менее крупными водотоками, являются самыми обводненными на Дальнем Востоке.

Величина среднемесячных водопритоков на шахте зависит от количества атмосферных осадков, вскрытия отдельными выработками или подработки лавами обводненных тектонических нарушений или зон трещиноватости, приближения к водным объектам. Долгое время водоотливная система шахты «Ургал» по технологии отличалась своим несовершенством и несоответствием, все более возрастающими водопритоками, взаимосвязанными с расширяющимися объемами отработок. Позже, после реконструкции и переоснащения водоотливного шахтного комплекса, была достигнута эффективность средств водоотлива – организована поблочная система, состоящая из трех насосных станций, расположенных в трех технологических блоках шахты.

К настоящему времени, из-за действующего на шахтном поле пожара, горные работы по добыче угля на шахте «Ургал» не ведутся. В связи с этим сократилось и количество насосных станций в водоотливном комплексе шахты. Уголь добывается в смежной шахте «Северная» (участок «Северный Ургал»), а водопритоки с нее перекачиваются и перепускаются на насосную станцию шахты «Ургал», в результате чего она испытывает значительные нагрузки, особенно в летний период.

В связи с планированием отработки пластов В-26 и В-12 весьма актуальным является достижение максимальной степени надежности обоснования всех проектируемых инженерных мероприятий, обеспечивающих промышленную и экологическую безопасность.

Основная цель работы заключалась в анализе техногенного режима действующей шахты «Северная» и прогнозе динамики изменения водопритоков в шахту «Ургал», выполненных в рамках единой гидрогеологической схематизации на основе дифференциации источников водопритоков в шахты.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- Определить алгоритм формирования водопритоков в горные выработки шахт;
- Разработать аналитические решения и дать прогноз водопритоков при отработке угольных пластов.

Изучение и прогнозирование геофильтрационного процесса с целью выяснения закономерностей изменения водопритоков в шахты осуществлялось на основании исследования характера природно-техногенных гидрогеологических структур, сформировавшихся при ведении очистных горных работ.

Гидрогеологические особенности Ургальского месторождения определяются такими факторами, как: специфические условия формирования водопритоков в горные выработки; значительный объем водоотлива, оказывающий существенное влияние на горно-технологические особенности разработки месторождения; наличие криогенной области, характеризующейся прерывистым распространением толщи многолетнемерзлых пород (ТМП), занимающих до 85–90 % площади месторождения. Мощность ТМП достигает 80–100 м, составляя в среднем 40 м. Льдистость верхних частей разреза изменяется от 20 до 40 %. Наблюдаются прослои и линзы льда мощностью от 0,1 до 0,5 м. Температура пород по подошве деятельного слоя изменяется от  $-1,8$  до  $+1,1$  °С, а мощность — от 0,3 до 3,5 м. Для района характерно развитие наледей, морозобойных трещин, бугров пучения и термокарстовых озер. Под руслами и долинами рек (Ургал, Чегдомын и Чемчуко) и крупных ручьев (Большие Сатанки, Тыгдылечи и Белый) ТМП отсутствует. Здесь развиты массивы талых пород с приуроченными к ним подземными водами, принадлежащими к различным горизонтам и комплексам и гидравлически связанными между собой. Талики на месторождении занимают около 15 % площади. Через сквозные талики происходит питание подземных вод. Толща многолетнемерзлых пород разделяет подземные воды на надмерзлотные и подмерзлотные, являясь нижним водоупором для первых и верхним — для вторых.

Надмерзлотные воды на месторождении приурочены к деятельному слою и к толще аллювиальных отложений подрусловых таликов рек и крупных ручьев.

Основной областью питания подмерзлотного водоносного комплекса являются отроги Буреинского хребта, расположенного северо-восточнее месторождения. Помимо регионального питания, подмерзлотные воды по-

лучают подпитку через таликовые окна из поверхностных водотоков. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники, угли, аргиллиты и алевролиты. Проницаемость массива горных пород неравномерна как в плане, так и в разрезе. Наиболее проницаемы породы в интервалах от нижней границы мерзлоты до глубины 180–200 м.

По результатам опытно-фильтрационных работ средняя величина проводимости верхней части угленосной толщи составляет 50–60 м<sup>2</sup>/сут. Эта часть толщи может рассматриваться как гидравлически единый водоносный комплекс трещинных вод. На локальных участках развития тектонических нарушений, зон высокой трещиноватости, отмечается аномально высокая водопроницаемость угленосных отложений (200–300 м<sup>2</sup>/сут). Коэффициент водопроницаемости в области сквозных таликов составляет 40–400 м<sup>2</sup>/сут. Фильтрационно-емкостные свойства водовмещающих пород характеризуются по величине среднеквадратичного отклонения как закономерно-неоднородные. Таким образом, по всей площади разработки отмечается высокая фильтрационная неоднородность продуктивной толщи как в горизонтальном, так и вертикальном разрезе.

Воды сквозных таликов развиты в долинах рек Ургал и Чегдомын, на южных бортах долины руч. Большие Сатанки. Наиболее крупный талик прослеживается под долиной р. Ургал. Подземные воды таликов представляют собой подмерзлотный водоносный комплекс, отличительной особенностью которого является мощная зона интенсивной трещиноватости. Статистические уровни подземных вод таликов устанавливаются на отметках уровня воды в реках Ургал и Чегдомын и руч. Большие Сатанки.

Таким образом, основным источником обводнения является подмерзлотный водоносный горизонт, а также инфильтрация по площади разработки выпадающих атмосферных осадков.

В протяженности годового цикла шахтный водоприток подвержен режимным изменениям. Минимальное количество приурочено к периоду с января по апрель, с апреля – мая наблюдается постепенный рост притока, в июле – сентябре достигается максимальное количество и с октября – постепенный спад притока

Промышленное освоение месторождения началось с 1939 года – с началом эксплуатации шахты «Ургал». По мере углубления горных работ, начиная с отработки пластов на горизонте +250 м, общий шахтный водоприток стал увеличиваться и к середине 60-х годов составлял уже 400–500 м<sup>3</sup>/ч.

При ведении подготовительных работ на горизонте +200 м происходит дальнейшее увеличение шахтного водопритока до 740 м<sup>3</sup>/ч, а в водный 1972 год – до 970 м<sup>3</sup>/ч. К 1980 году расход водопритока достиг уже 1200 м<sup>3</sup>/ч, а в 1982 год – 1440 м<sup>3</sup>/ч. К концу 80-х годов общий шахтный водоприток составлял уже 2090 м<sup>3</sup>/час, то есть за десятилетний период эксплуатации шахты он увеличился почти в 2 раза.

Статистический анализ позволил установить прямую связь увеличения притока с расширением отработанных площадей, что, в свою очередь, вызвало формирование депрессионной воронки и увеличение инфильтрации на подработанной и осушенной территории.

Дальнейшее развитие горных работ на горизонте +200 м, особенно на флангах шахтного поля вблизи р. Чегдомын и руч. Большие Сатанки, сопровождалось неуклонным ростом водопритоков. В первой половине 90-х годов их среднегодовые значения изменялись уже от 2000 до 2600 м<sup>3</sup>/ч.

В течение года колебания водопритоков напрямую связаны с количеством выпадающих осадков, инфильтрацией их на подработанных территориях. Вследствие выпадения в летне-осенний период 1990 г. значительного количества атмосферных осадков в декабре того же года на шахте произошла крупнейшая авария – затопление горизонта +200 м в блоке № 1. Авария произошла в результате несовершенства системы шахтного водоотлива и слабого его технического оснащения — шахтный водоотлив не справился с поступлением воды.

За последующие 10 лет (1996–2005 гг.) величина водопритоков на шахте «Ургал» практически не изменилась и составила 2038– 2445 м<sup>3</sup>/ч при среднем значении 2190 м<sup>3</sup>/ч, т. е. в течение 15-ти лет водопритоки оставались стабильными.

Высокие значения среднегодовых водопритоков определяются обилием атмосферных осадков, а также обусловлены техногенными факторами, связанными с возрастанием площадей отработки. Так, максимальный шахтный водоприток в 3800 м<sup>3</sup>/ч, фиксируемый в августе 2004 г., сформировался как за счет обильных летних осадков, так и в результате продвижения забоя лавы № 267 (пласт В-31) в сторону высокообводненной зоны долины ручья Большие Сатанки. В результате водоприток по лаве № 267 достиг 500 м<sup>3</sup>/ч, являясь дополнительной нагрузкой в систему водоотлива шахты. Увеличение шахтного водопритока в этот период также было связано с технологическими процессами – закачкой воды для пожаротушения по пластам В-31 и В-26 в блоке № 3.

Таким образом, коэффициент водообильности шахты за последние 10 лет изменялся от 14 до 20 м<sup>3</sup>/т, максимального значения (28 м<sup>3</sup>/т) он достиг в 1998 году. Поскольку на месторождении и за его границами повсеместно развит единый гидравлически связанный подмерзлотный водоносный комплекс, влияние водоотлива на участке «Поле шахты «Ургальской»» за более чем 60-летний период существования вызвало изменения в режиме подземных вод комплекса. В результате водоотлива на поле образовалась обширная депрессионная воронка с понижением уровня подземных вод в центре до 60 м. По данным режимных наблюдений, проводившихся в 80-е годы, граница воронки в северо-восточном направлении простирается до ручья Тыгдылечи.

При схематизации гидрогеологических условий подмерзлотный водоносный трещинный комплекс (при наличии его профильной и плановой неоднородностей) был разделен на 4 водоносных горизонта (слоя) с различными фильтрационными параметрами (см. таблицу, рисунок).

#### Гидрогеологическая характеристика подмерзлотного водоносного трещинного комплекса

Номер слоя	Средние значения абс. отметок подошвы слоев, м	Средние значения условных отметок подошвы слоев, м	Коэффициент фильтрации, м/сут.		
			по шахтному полю	по долинам рек и ручьев	по тектоническому нарушению № 1
1	200	450	0,35	2,0	0,6
2	100	350	0,03	0,04	0,04
3	±0	250	0,003	0,004	0,003
4	-250	0	0,001		

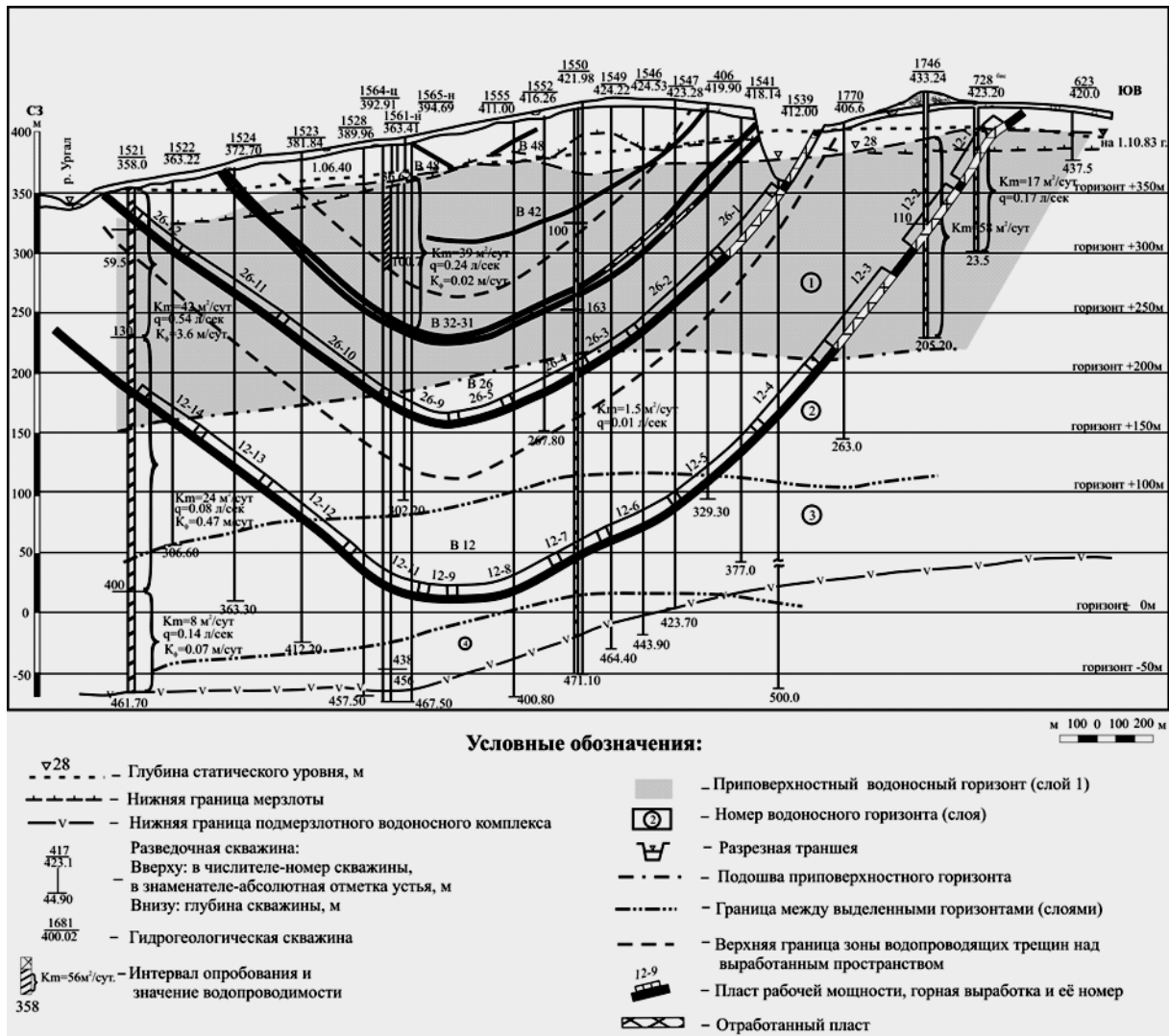
Примечание. Значение абсолютной отметки кровли слоя 1 в среднем составляет +400 м.

Прогнозная оценка водопритоков в горные выработки шахты «Северная» (участок «Северный Ургал») осуществлялась согласно варианту одновременной отработки пластов В-12 и В-26 сначала в восточном, а затем в западном крыле мульды. Далее, после завершения очистных работ на этих участках, горные работы по пластам В-12 и В-26 продолжатся севернее нарушения – в замковой части Ургальской синклинали. Прогнозный водоприток на шахту «Ургал» и участок «Северный Ургал» по завершении работ в итоге составит 5784 м<sup>3</sup>/ч, в том числе по шахте «Ургал» – 1997 м<sup>3</sup>/ч, по участку «Северный Ургал» – 3786 м<sup>3</sup>/ч. После завершения отработки угля в западном крыле водоприток на шахте «Ургал» снизится незначительно – на 42 м<sup>3</sup>/час. Это объясняется близостью к горным выработкам границы с обеспеченным питанием – р. Ургал. Основной водоприток в горные выработки шахты будет поступать как за счет регионального потока, так и за счет границы питания. Размеры образовавшейся на первом этапе работ (в восточном крыле) депрессионной воронки после отработки западного крыла по прогнозу не увеличатся, поскольку работы продвинулись к реке, и воронка к тому времени уже достигла границы питания водоносного комплекса. Значительные водопритоки наблюдаются в выработки по пласту В-26 и особенно на высоких горизонтах (лавы 26-12 – 26-10).

#### Выводы

При отработке угольных пластов В-26 и В-12 в восточном крыле Ургальской синклинали на участке «Северный Ургал» (шахта «Северная») от





Схематический гидрогеологический разрез Ургальского месторождения (масштаб: гор. 1:10000, верт. 1:2000)

горизонта +350 – +300 м до осевой части – горизонтов +150 ÷ ±0 м суммарный водоприток в горные выработки (здесь и далее – максимальный из среднегодовой) по результатам прогнозного расчета достигнет 2440–2500 м<sup>3</sup>/ч. Водопритоки в лавы составят от 70 до 226 м<sup>3</sup>/час. Водоприток в смежную шахту «Ургал» снизится до 2039–2100 м<sup>3</sup>/ч.

Исходя из опыта ведения очистных работ на поле шахты «Ургал», при приближении к ручью Большие Сатанки следует ожидать значительного увеличения водопритока в лаву – на 300-500 м<sup>3</sup>/час. Поскольку очистные работы ведутся с последующим обрушением кровли, вызывающим нарушение монолитности горного массива и образование зоны водопроводящих трещин на высоту до 100 м над выработкой, ведение очистных работ лавами 26-12÷26-9, 12-14÷12-12 под ручьем Большие Сатанки не рекомендуется.

Рассмотрение гидрогеологических условий свидетельствует о необходимости численного моделирования и создания общей геофильтрационной модели Ургальского месторождения. Для этого необходимо:

- дополнительное изучение гидрогеологических условий тектонического нарушения №1, пересекающего шахтное поле участка «Северный Ургал» с востока на запад — к реке Ургал;
- детальное исследование западного крыла Ургальской синклинали и, соответственно, условия формирования водопритоков в горные выработки шахты «Северная» в этой части шахтного поля;
- дополнительные исследования для уточнения фильтрационных характеристик приповерхностного горизонта и положения его подошвы, поскольку основные водопритоки в горные выработки осуществляются из приповерхностного горизонта (слой 1), притоки которого в этой части месторождения формируются за счет реки Ургал.

УДК 621.311:662.613.12

**Л. Я. Кизильштейн**  
Южный федеральный университет

## **ЗОЛОТВАЛЫ УГОЛЬНЫХ ТЭС – ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ (Сообщение 2. Магнетитовые микрошарики)**

В предыдущем сборнике (№17) помещена статья автора, посвященная описанию одного из компонентов золошлаковых материалов (ЗШМ) угольных тепловых электростанций (ТЭС) – алюмосиликатным полым микросферам (АСПМ). В предлагаемой статье приводится характеристика еще одного ценного компонента ЗШМ – магнетитовых микрошариков (ММШ). Так же как и АСПМ, они образуются при сжигании углей в котлоагрегатах ТЭС, улавливаются электрофильтрами, в составе пульпы транспортируются в золоотвалы и там складываются. В отличие от АСПМ, которые, благодаря низкой плотности и «непотопляемости», оказываются в пруде-отстойнике и системах оборотного водоснабжения ТЭС, ММШ, имеющие высокую плотность, концентрируются в минеральном материале золоотвала [2]. Возможность сравнительно простыми способами извлекать

ММШ из ЗШМ и использовать их в ряде промышленных технологий привлекает внимание к ММШ, что отражено в научных статьях и патентной литературе [4].

### **Строение и состав магнетитовых микрошариков**

Магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – редко встречающийся минерал в составе торфа и угля. Довольно значительные концентрации этого минерала в ЗШМ объясняются термохимическими преобразованиями минеральных компонентов при сжигании углей. ММШ являются типичным техногенным материалом.

Железо присутствует в торфяниках в составе растений-торфообразователей («конституционное железо»), железоорганических комплексов, растворов – чаще всего гидрата закиси –  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , хемогенных и терригенных минералов. Преобладают двухвалентные формы железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ), что объясняется восстановлением окисных форм в среде торфа, а также деятельностью анаэробных микроорганизмов [1]. Содержание железа в торфяниках зависит от состава пород области минерального питания (размыва) и геоморфологического типа торфяной залежи: суммарное содержание Fe в низинных торфяниках примерно в десять раз выше, чем в верховых [6]. Двухвалентное железо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) входит в состав пирита ( $\text{FeS}_2$ ) и сидерита ( $\text{FeCO}_3$ ), а также органоминеральных соединений (гуматов и комплексных гуматов) [8]. Терригенные компоненты представлены железосодержащими алюмосиликатами, обычно – иллитом. Редко встречающимися минералами железа являются анкерит, гематит, пирротин, магнетит [8].

Поведение минеральных компонентов углей при сжигании, в частности железосодержащих, рассмотрено в работах [7, 8]. Обращено внимание на то, что состав конечных продуктов зависит не только от ассоциации минеральных компонентов топлива, но и температуры сжигания, времени нахождения в топке котла, степени измельчения угля, состава газовой фазы и некоторых других факторов. Сложный и изменяющийся состав железосодержащих минеральных компонентов углей приводит к образованию многофазных и многокомпонентных систем плавления в топках котлоагрегатов. Поэтому, как указывает М. Я. Шпирт [8], ориентировочные оценки состава минеральных продуктов, образовавшихся в процессе сжигания углей, могут быть получены только расчетами с использованием программ химической термодинамики. Диаграммы состояния и термодинамические расчеты для систем, состоящих из  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO}) - \text{CaO}$ , показывают возможность образования эвтектик с температурами плавления от 920 до 1140 °С в зависимости от состава жидких фаз [7]. Поскольку температура плавления магнетита около 1590 °С, жидкоплавкое состояние системы, включающей эвтектики: силикаты – магнетит и чистый магнетит – возможно в диапазоне температур от 900 до 1590 °С.

Изучение методами минераграфии ЗШМ показало, что ММШ сравнительно редко состоят из чистого магнетита, а обычно представляют собой двухкомпонентную эвтектику магнетита и кварца (или муллита) с включениями маггемита, гематита и пирротина (последний – в ММШ из золы бурых углей). Указывается также на присутствие ортосиликатов железа: фаялита –  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ , феррата магния –  $\text{MgFeO}_4$ , феррата кальция –  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  [7]. Структура эвтектик разнообразна [4, 5]. Размеры ММШ колеблются в пределах от единиц до 300 мкм. Относительное содержание магнетита находится в обратной зависимости от диаметра ММШ [4, 5]. В соответствии с варьированием состава плотность ММШ изменяется от 5000 до 3100 кг/м<sup>3</sup>, в среднем 3200 кг/м<sup>3</sup>. Сравнение ММШ с магнитным концентратом Криворожского горно-обогатительного комбината по величине магнитной восприимчивости показывает, что они являются магнито-жестким материалом с температурой точки Кюри  $525 \pm 25$  °С. Удельная магнитная восприимчивость при напряженности магнитного поля 10,056 А/м – 3,2; коэрцитивная сила – 1,91; коэффициент квадратности петли гистерезиса – 0,35. Показатель отражения магнетита ММШ колеблется от 8,5 до 11,0 %, среднее 9,3 %. Природный рудный магнетит имеет показатель отражения от 8,5 до 10,0 %, в среднем составляя 9,4 %. Содержание элементов-примесей, определенное методом нейтронно-активационного анализа, показало обогащение ММШ по сравнению с ЗШМ Sr, Cr, Co, Ni, Mo, Cd, Hg, т. е. сидеро- и халькофильными элементами. Удельные активности естественных радионуклидов в ММШ (на примере Новочеркасской ГРЭС) составляют (Бк/кг):  $\text{Ra}^{226}$   $72 \pm 5$ ,  $\text{Th}^{232}$   $42 \pm 8$ ,  $\text{K}^{40}$   $327 \pm 51$ , что заметно ниже, чем в ЗШМ. Отметим, что большая часть приведенных выше характеристик ММШ получены при изучении магнетитовых микрошариков, извлеченных из ЗШМ ТЭС, сжигающих угли Донецкого бассейна. Характеристики ММШ других бассейнов РФ и СНГ приведены в работе [4].

### **Процессы образования ММШ, ресурсы и методы извлечения**

Как говорилось выше, железо в углях находится в основном в сульфидной (пирит, марказит), карбонатной (сидерит) и органоминеральной формах. Небольшая часть железа связана в составе алюмосиликатов и некоторых других минералов. В углях разных бассейнов преобладающие минеральные формы железа различны: например, в Экибастузском бассейне (Казахстан) – сидерит, Донецком и Подмосковном – пирит, Кузнецком – примерно в равных долях алюмосиликаты, пирит, карбонаты (сидерит), Канско-Ачинском – органоминеральные соединения значительная часть.

На образование ММШ мобилизуется железо углей, находящееся во всех минеральных формах. Это очень важное заключение, которое опирается на доказанную для углей разных угольных бассейнов сильную корреляционную связь между содержанием ММШ в ЗШМ и валовым содержа-

нием железа в ЗШМ независимо от его минеральных форм в топливе (см. выше). Вывод о связи между содержанием ММШ в ЗШМ и железа в углях имеет важное практическое значение, поскольку позволяет прогнозировать возможное содержание ММШ по содержанию железа (химическому составу золы) [4].

Сферическая форма ММШ является результатом дробления расплавленной минеральной массы в газозооушном потоке продуктов сгорания на отдельные частицы (капли) и приобретение ими сферической формы под действием сил поверхностного натяжения (как и в случае образования алюмосиликатных полых микросфер). Состав капель варьирует от чистого магнетита до эвтектик с разными соотношениями магнетита и силикатной фазы. При увеличении доли силикатной фазы плотность и вязкость капель расплава снижаются. В результате сферическую форму за счет сил поверхностного натяжения могут приобретать все более крупные капли. С увеличением содержания магнетитовой фазы размеры (диаметры) капель, соответственно, уменьшаются [4].

Магнетитовые микрешарики представляют собой тонкодисперсный материал, который отличается от основной массы ЗШМ плотностью и намагниченностью. Эти особенности ММШ могут быть использованы для их извлечения из ЗШМ ТЭС.

Возможность извлечения ММШ из ЗШМ Новочеркасской ГРЭС, сжигающей донецкий антрацитовый штыб, была изучена на оборудовании Новошахтинской ЦОФ. Технологическая линия регенерации магнитных суспензий тяжелосредного обогащения углей на обогатительной фабрике включала два последовательно установленных электромагнитных барабанных сепаратора – ЭБМ 90/250 и ЭБМ 80/170П.

Производительность линии при сепарации ЗШМ – 165 т/ч. Масса полученного магнитного концентрата составила около 3 т/ч. Содержание ММШ в магнитном концентрате 90,1 %, плотность концентрата 3480 кг/м<sup>3</sup>. При уменьшении напряженности магнитного поля содержание магнетита в концентрате (качество концентрата!) может быть увеличено, но выход концентрата при этом, естественно, снижается [4].

Результаты оценки содержания и ресурсы магнетита в 15 ТЭС СНГ, приведенные в работе [4], показывают: масса ЗШМ, образующихся на ТЭС, от 50 до 5610 тыс.т/год; содержание ММШ от 5,7 до 16,0 %; ресурсы ММШ от 7,0 до 448,8 тыс. т/год. Указанные оценки имеют приближенный характер. Для получения достоверных данных необходимо бурение на зоошлакоотвалах разведочных скважин в соответствии с инструктивными материалами, используемыми при проведении геологоразведочных работ на природных месторождениях с близкими морфологическими и структурными признаками (например, россыпей). При этом должны быть учтены особенности распределения в отвале (техногенном месторождении) полезных компонентов. Эта проблема рассмотрена автором в работе [2].

## Перспективные направления использования ММШ

Среди перспективных направлений промышленного использования ММШ могут быть указаны следующие [4].

Выплавка стали, чугуна, ферросплавов – природный легированный концентрат железа совместно с рудным магнетитом.

Весьма перспективно использование ММШ в качестве утяжелителя минеральных суспензий при тяжелосредном обогащении полезных ископаемых. Изучение ММШ показало, что они близки по составу и свойствам к стандартному магнетитовому концентрату, используемому при обогащении, но имеют несколько более низкую плотность и большее содержание мелких гранулометрических классов, чем это регламентируется техническими условиями. Следует учесть, однако, что последнее позволяет создать более однородную рабочую среду обогащения, а сферическая форма частиц ММШ – снизить ее вязкость. То и другое являются положительными технологическими факторами. Во всяком случае, ММШ могут использоваться при обогащении в смеси со стандартным магнетитовым концентратом. Привлекательно при этом то, что выделение ММШ из ЗШМ, как показано выше, может производиться на оборудовании угольных обогатительных фабрик. Таким образом, получаемый продукт будет использован на месте производства.

Проведенные эксперименты показали возможность использования ММШ в составе специальных “тяжелых” бетонов, предназначенных для экранирования электромагнитных и радиоактивных излучений. ММШ могут быть сырьем для производства железоксидных пигментов в составе красителей, в порошковой металлургии, при производстве композиционных материалов и магнитопроводов [4].

Важно отметить, что извлечение ММШ снижает содержание железа в ЗШМ, что положительно влияет на технологические свойства последних при изготовлении различных стройматериалов [7, 8].

### Библиографический список

1. **Кизильштейн Л. Я.** Генезис серы в углях. Ростов-н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1975. 198 с.
2. **Кизильштейн Л. Я.** Оценка ресурсов некоторых ценных компонентов в золошлаковых отходах при пылеугольном сжигании антрацитов // Химия твердого топлива. 2006. № 6. С. 75-82.
3. **Кизильштейн Л. Я.** Геохимия и термохимия углей. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 2006. 288 с.

4. **Кизильштейн Л. Я. и др.** Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.
5. **Кизильштейн Л. Я., Калашников А. С.** Магнетитовые микрошарики из золы – уноса пылеугольного сжигания углей на ТЭС // Химия твердого топлива. 1991. № 6. С. 128-134.
6. **Ковалев В. А., Генералова В. А.** Геохимические особенности миграции железа в современных торфяниках Белоруссии // Геохимия. 1969. № 2.
7. **Коробецкий И. А., Шпирт М. Я.** Генезис и свойства минеральных компонентов углей. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1988. 227 с.
8. **Шпирт М. Я.** Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых / Под ред. Б. Н. Ласко-рина. М.: Недра. 1986. 255 с.

УДК 552.7

## СУДЬБА ГЕОЛОГА-УГОЛЬЩИКА (Биографический очерк к 75-летию А. М. Сухорукова)

Сухоруков Александр Михайлович родился 12 августа 1933 г. в зауральском селе Мишкино Курганской области. Детство прошло в Каслях и его окрестностях, в том числе на бурно осваиваемом после войны Вишневогорском месторождении, которое стало для семиклассника своеобразным учебным «полигоном» для знакомства с минералогией. Закончив среднюю школу в Карталах, куда переехали родители, он в 1951 году поступил в Свердловский горный институт на геофак и начал учиться на геолога-нефтяника. Однако после второго курса количество студентов этой специальности резко сократили, переведя их на кафедру техники разведки. Сухоруков А. М. попал в число этих студентов, но, проучившись на «буровика» две недели, перевелся в группу «угольщиков», которая создавалась тогда Я. М. Черноусовым на геологоразведочном факультете (фото 1, 2, 3). В 1956 г. закончил институт по специальности «Геология и разведка угольных месторождений», получив направление в Северную геологоразведочную экспедицию Уральского геологического управления геологом в самой северной партии этой экспедиции, ведущей поисковое бурение на уголь в бассейне реки Северная Сосьва. База геологов находилась в поселке Толья в Березовском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. В 1957-1959 гг. был наибольший разворот поисковых работ, усиленный геологической съемкой масштаба 1:200000, проводимой Уральской геологосъемочной экспедицией (УГСЭ) группой геологосъемочных партий под руководством В. А. Лидера, который сам недавно занимался поисками угля в Северо-Сосьвинском районе и установил парали-



Фото 1. А. М. Сухоруков студент 3-го курса геофака СГИ

ческий характер угленакопления. А. М. Сухоруков считает его первым и главным геологическим учителем; в то время В. А. Лидер был не только ру-



ководителем геологической съемки, но и идейным вдохновителем геологических работ в этом районе. На приведенной редкой фотографии, сделанной в 1959 году, запечатлены молодые геологи, осваивающие суровый труднопроходимый район бассейна р. Северная Сосьва (фото 4). Многих из них сейчас нет в живых.



Фото 2. Стенгазета геофака, в которой сотрудничал А. М. Сухоруков в качестве оформителя-художника во время учебы в вузе (1951-1956)

База Тольинской партии находилась примерно в 350 км к северу от экспедиции, или от «большой земли», как выражались жители поселка, сообщение с которой осуществлялось самолетами, исключая период осенней и весенней распутицы, когда временно закрывался грунтовый аэродром в Толье. Зимой грузы и продукты завозились тракторами по «зимнику» и бывали моменты в жизни населения поселка, когда кончались продукты в



Фото 3. Группа студентов-угольщиков на 5-м курсе. В первом ряду справа А. М. Сухоруков (1956)



Фото 4. Группа геологов-единомышленников, осваивавших Северо-Сосьвинский район, во главе с В. А. Лидером

магазине и жители переходили на «подножный корм»: охотились в тайге на боровую дичь и лосей, а летом в реках ловили рыбу: тайменей, хариусов, щук и деликатесную северососьвинскую селедку, которая якобы поставлялась к кремлевскому столу.

Обилие дичи и рыбы быстро охватывало мужское население страстью к охоте и рыболовству, Даже дилетанты легко осваивали методы ловли рыбы, что прекрасно проиллюстрировали корреспонденты областной газеты, прилетевшие к геологам на несколько дней в августе 1958 года и знакомившиеся с работой буровиков на отдаленных участках, на которые их в лодке возил А. М. Сухоруков с начальником партии. На одной из остановок фотокорреспондент забросил блесну примитивно сделанного самодельного спиннинга, изготовленную из консервной банки, и тут же поймал щуку. Он радовался, как ребенок: прыгал, хлопал руками по бедрам и кричал: «Поймал, поймал!» Позднее, вернувшись в Свердловск, они по-

местили свой репортаж в одном из августовских номеров газеты под заголовком «В краю непуганых птиц».

Казалось бы, работы в бассейне Северной Сосьвы получают все больший и больший размах. Уже работало 7 буровых станков, пущен локомотив на угле, который добывали двумя штольнями на выходе пласта Главного в обрывистом правом берегу реки напротив поселка (фото 5), действовал небольшой кирпичный заводик, выпускающий кирпич-сырец для кладки печей, гудела пилорама, строились бревенчатые многоквартирные дома, прилетали корреспонденты центрального журнала и областной газеты.



Фото 5. Вид на правый берег р. Толья с устьями двух штолен, из которых добывали уголь по пласту «Главный» для локомотива Тольинской партии. 1958 г.

Поговаривали о создании школы с начальным классом. Но в конце 1959 г. пришел приказ из Управления о прекращении работ и ликвидации партии. То было началом нефтегазового Западносибирского «бума», дыхание которого ощутило угольное направление в Уральском геологическом управлении: закрывались все геологоразведочные работы на уголь по Уралу в системе Министерства геологии; прерогатива на эту деятельность сохранялась у Министерства угольной промышленности. Конторскую мебель и геологическую документацию партии вывезли по зимней трассе (зимнику) в конце декабря 1959 г. на автомашине повышенной проходимости, которую сопровождали старший геолог В. В. Гуляев и геолог А. М. Сухоруков, ехавшие целые сутки с редкими получасовыми остановками для короткого сна и отдыха водителя грузовика. Прощальный фотоснимок был сделан у зимней р. Северная Сосьва, напротив мансийской юрты (поселения) Курикова, на ко-

тором увековечены группа мансийцев и шофер, вывозивший геологов (в центре; фото 6).

На новой базе Северной экспедиции, которая к тому времени перенеслась ближе к железной дороге и г. Ивделю, геологический персонал ликвидированной партии приступил к составлению сводного отчета по геологоразведочным работам на бурый уголь в бассейне р. Северная Сосьва за 1949-1959 гг., тем самым поставив точку над «і». А. М. Сухоруков составил раздел по подсчету запасов разведанных месторождений, которые позднее были учтены ГКЗ.

В то время угли района рассматривались как резервная база угледобывающих предприятий Свердловской области.

Сразу же после сдачи отчета А. М. Сухоруков перевелся в УГСЭ и был назначен начальником одной из тематических партий по изучению четвертичных отложений Урала. Направление по изучению уральского антропогена возглавил В. А. Лидер, знакомый А. М. Сухорукову по геологосъемочным работам в бассейне р. Северная Сосьва, закончивший к 1960 г. съемку этого района.

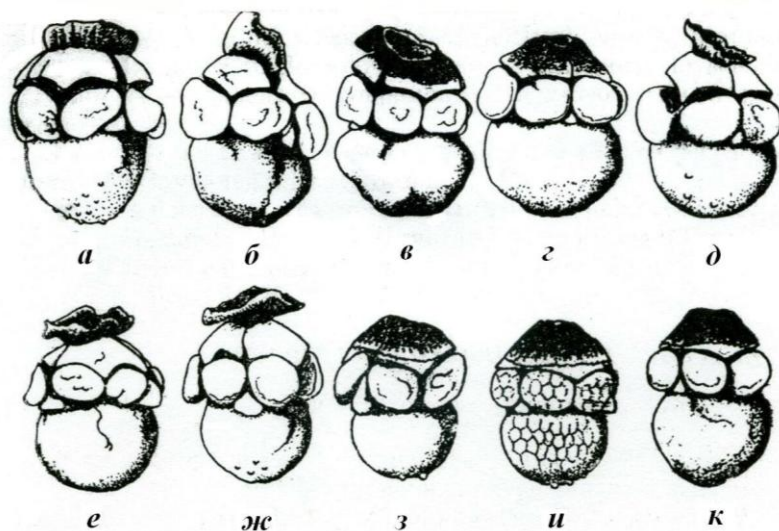
Новая проблема полностью овладела молодыми геологами, являющимися центром четвертичного направления в Уральском регионе. Она увлекла бывшего «угольщика» А. М. Сухорукова полностью

и, казалось, до конца трудовой деятельности. В задачу его подразделения входило изучение плиоценовых и четвертичных отложений на площади миллионного листа О-41, включающего Свердловскую область и припограничные части юго-востока Тюменской и запада Курганской областей. Проводились многодневные лодочные и автомобильные маршруты в течение нескольких летних полевых сезонов; в одном из таких маршрутов принимал участие крупный специалист СССР в области карпологии доктор наук из Ленинграда П. И. Дорофеев, которому А. М. Сухоруков и его со-



Фото 6. Группа мансийцев с шофером (в центре), доставившим имущество Тольинской ГРП в момент её ликвидации на базу экспедиции. На заднем плане – строения юрты Курикова. Декабрь 1959 г.

трудники помогали в поисках и сборе ископаемых семян и плодов растений из отложений кайнозоя. В знак признательности П. И. Дорофеев присвоил фамилию Сухорукова одной из новых форм растений, что вызвало гордость у молодого «четвертичника» (см. рисунок).



Семена новой формы ископаемого растения, названного в честь геолога Сухорукова. 1965 г:

*Azolla suchorukovii* sp. nov., мегаспоры (x 37): а – голотип № 511-2/5; б – экз. № 511-2/1; в – экз. № 511-2/2; г – экз. № 511-2/6; д – экз. № 511-2/3; е – экз. № 511-2/4; ж – экз. № 511-2/7; з – экз. № 511-2/8; и – экз. № 511-2/9; к – экз. № 511-2/10; правый берег р. Тавды у д. Белоярки; олигоцен

Четвертичная «эпопея» закончилась составлением общеуральского комплекса мелкомасштабных карт четвертичного времени и запиской к ним в 1961 г. Из многочисленной группы геологов-четвертичников остались единицы во вновь образованной партии инженерной геологии, мало привлекательной для А. М. Сухорукова, и он перешел на геоморфологическую съемку, где проработал один полевой сезон в отряде, картировавшем рыхлые отложения в Исовском золото-платиновом районе, а в 1968 г. получил должность начальника партии по систематизации полевых материалов в УГСЭ и тему по разработке системы долгосрочного хранения керн и другого каменного материала в условиях базисного хранилища. Система разрабатывалась совместно с научными сотрудниками кафедры техники разведки Горного института (В. Л. Челышев, С. Г. Эйнгорн и ряд других) и была внедрена в специально построенном механизированном хранилище в Среднеуральской ГРЭ, демонстрировалась на ВДНХ, а ее разработчики удостоены медалей ВДНХ; А. М. Сухоруков получил серебряную медаль в 1973 г. Уже в 1971 г. А. М. Сухоруков возвращается в «полевую геологию»: руководит отрядом по поискам древних (докембрийских) металлоносных конгломератов на Южном Урале в Кусинском и Бакальском районах, а в 1981 г. по просьбе В. А. Лидера становится старшим геологом партии инженерной геологии, успев за это время принять участие в Международном конгрессе по изучению четвертичного периода (1984) и разработать совместно с Н. Н. Дерябиным (СГИ) механизированный способ отбора геохимических проб из керн твердых пород. Оригинальность этого способа

заключалось в том, что синхронно осуществлялся отбор проб и ее подготовка к анализу. Этот метод был достойно оценен Министерством геологии, и ее авторы удостоены серебряных медалей ВДНХ (1988).

В 1986 г. Уральское геологическое управление после длительного перерыва возобновило геологоразведочные работы на уголь по Свердловской области, и А. М. Сухорукову предложили возглавить тематический отряд по углю – своеобразный «штаб» по анализу угленосности и выработке направлений поисковых и разведочных работ на уголь в области (тогда уже геологическая служба страны «разбежалась» по региональным «квартирам» и Геологическое управление стало «хозяином» только Свердловской области). Кроме того, Геологическое управление учитывало интересы угледобывающих предприятий области, входящих в ПО «Вахрушевуголь», и выполняло их просьбы. Проведенный отрядом анализ угленосности по Свердловской области (последний раз в 90-х годах прошлого века с использованием гравиметрических полей, дающих хорошие поисковые признаки продуктивности угленосным отложениям), показал отсутствие крупных ресурсов угля, доступных для эксплуатации открытым способом. К тому же нижнекарбоновые угленосные отложения обладают ограниченными угольными ресурсами (суммарно 2-3 млрд т), а их месторождения являются мелкими, угольные ресурсы которых не превышают 200 млн т. Они не могут конкурировать с газовым энергетическим топливом, поступающим к нам из соседней Тюменской области, и с энергетическим углем Экибастуза, идущим на Рефтинскую ГРЭС – «монстра» Свердловэнерго. К этому следует добавить, что нижнекарбоновые угли области имеют высокую степень метаморфизма и не приспособлены к существующей технологии сжигания на станциях Свердловэнерго, а месторождения нередко метаноносны. Наряду с энергетическими углями в нижнем карбоне были выделены несколько прогнозных площадей с коксующимися углями, как, например, Рычковская, Подосининская, Маньинская и ряд других, характерных только для Свердловской области.

Угли триасового возраста, являющиеся главным поставщиком энергетических углей для местных мелких ТЭЦ, оказались выработанными углеразрезами; шахтная же добыча на них была прекращена в конце XX столетия.

Поиски угля в Свердловской области шли в малом объеме и с большим трудом, так как сказался большой перерыв в разведке угля: отсутствие кадров геологов и буровиков, геофизиков-каротажников, химиков-лаборантов (специализирующихся на анализе углей). В это время активную просветительскую работу по угольным месторождениям Урала проводила лаборатория угля УрО АН, с которой сотрудничал А. М. Сухоруков. Горный институт увеличил выпуск геологов угольной специализации, которые стали поступать в поисковую геологоразведку сразу после институтской скамьи. Однако наступившее время рыночной экономики, этого своеобразного российского неокapитализма, привело к медленному «вымиранию» уг-

ледобывающих предприятий в области, снижению угледобычи и переходу местной энергетики на дальнепривозной уголь.

Министерство природных ресурсов России оценило вклад А. М. Сухорукова, наградив его на закате трудовой деятельности значком «Отличник разведки недр», и в начале 2001 г. он вышел на пенсию по состоянию здоровья.

Тем не менее А. М. Сухоруков сумел опубликовать 50 научных статей, в том числе 22 по угольной проблематике и справочник по угольным месторождениям Свердловской области.\*

Сейчас геологоразведочные работы на уголь практически прекращены, и лишь на Подосининском месторождении ООО «Горняк» осуществляет оценку этого месторождения на его флангах.

### Послесловие

В 70-е годы прошлого века в Северо-Сосьвинский район на место геологов Уральского управления пришли геологи Главтюменгеологии и сделали открытие нового «этажа» угленосных отложений – *триасового*, залегающего в Тольинском грабене под чехлом юрских отложений. В угленосном триасе ими было открыто несколько новых буроугольных месторождений и самое крупное для района *Люльинское* с авторскими запасами около 700 млн т. В настоящее время район обладает солидными угольными ресурсами, величина которых приближается к 16 млрд т, разведанными запасами юрских месторождений по низким категориям в 1,27 млрд т.

---

\* Угольные месторождения и проявления Свердловской области / А. М. Сухоруков. Екатеринбург, 1998. 105 с.

## ПИСЬМО ИЗ «ДАЛЕКА»

В архиве отв. редактора сборника 30 лет хранилось интересное письмо, которое в «угольную» бытность кафедры геологии полезных ископаемых не представляло сколько-нибудь большого интереса. Его отправитель – В. Б. Порфирьев – являлся крупным ученым, оставившим заметный след в геологии всех видов горючих ископаемых.

ПОРФИРЬЕВ Владимир Борисович(1899-1982) – академик АН УССР, видный геолог-нефтяник. Деятельность его как ученого «...можно разделить на два периода: I (1926-1956) – разработка теории происхождения нефти и газа из гомогенных масс ископаемого органического материала и критика концепции о происхождении нефти и газа из органических остатков, тонко рассеянных в глинах, глинистых сланцах, мергелях, известняках и других осадочных породах «нефтегазоматеринских» толщ, свит или горизонтов; II (с 1957 г.) – переход на позиции природного неорганического нефтегазообразования в условиях верхней мантии Земли. Вклад ученого в решение этих проблем весьма весомый» (\*, т. 2, с.13).

Адресат – Ольга Денисовна РУСАНОВА (1906-1996) – на момент получения письма (ок. 1979-1980 гг.) была профессором кафедры месторождений полезных ископаемых Свердловского горного института. С ее разрешения и была снята *копия* письма. «Закрытых» сведений в нем нет, а затрагиваемые вопросы непреходяще актуальны. Переформатирование сборника явилось толчком к извлечению письма из архива и его опубликованию без сокращений и корректуры.

Глубокоуважаемая Ольга Денисовна!

Я очень хорошо помню Вас и Вашу героическую защиту докторской диссертации в Горном институте, о чем неоднократно рассказывал своим студентам и коллегам при обсуждении деятельности ВАК'а.

Угли меня всегда интересовали, в основном в геохимическом плане и как одно из звеньев природной цепи уголь – нефть. Я даже прошел курс обучения углепетрографии у Ергольской. Я близко знал Стадникова и был дружен с Орловым. И много времени провел с ним, а потом с В. А. Успенским в жарких спорах о судьбах захороненной органики. Вместе с М. Ф. Двали мы в 1928 г. во ВНИГРИ начинали проблему «нефтематеринских пород». И много времени и труда я потратил на поиски в природе этих «нефтематеринских пород» и изучение их в геохимическом плане.

---

\* Порфирьев В. Б. Природа нефти, газа и ископаемых углей. Киев: Наук. думка, 1987. Т. 1. Нефть и уголь - каустобиолиты. 224 с. Т. 2. Абиогенная нефть. 216 с.



В 1940 г. я опубликовал работу «Проблема нефтеобразования в свете современных данных», в которой подвел итоги рассмотрения этих пресловутых «материнских» пород и уже навсегда отказался от них. Но в плане моих работ по генезису нефти «свиты» эти остались навсегда в аспекте их отношения к вопросам природы ископаемых углей и нефти.

Результатом моего сидения с 1941 по 1944 гг. в Ташкенте и моих предыдущих и последующих работ явилась моя книга «Метаморфизм ископаемых углей», опубликованная во Львове в 1948 г. Судьба ее странная. Я докладывал ее содержание в Москве в ГИНе и получил очень лестные оценки от Страхова, Пригоровского и Веселовского. Пригоровский просил меня повторить этот доклад для угольщиков Геолкома. Но тут получилась осечка. Геолкомовская группа (Погребницкий, Иванов, Титомиров) яростно ополчились на меня и напечатали крайне резкую и отрицательную рецензию в «Советской геологии». А мне не удалось напечатать свой ответ, так как в это время «Советская геология» почему-то не выходила.

С 1945 г. я работал во Львове вместе с моим другом, талантливым геохимиком И. В. Гринбергом, и мы опубликовали ряд работ по парагенезису углей и нефтей, по асфальтам и жильным углям и т. п. Но об этом, частично известном Вам материале я скажу дальше. Эти издания Львовские и по-видимому имели ограниченный ареал распространения.

Все это я пишу для того, чтобы представить Вам себя как подходящего партнера для разговоров на близкие к нам обоим темы.

Должен Вам сказать, что после возвращения в Киев в 1963 г. я страдаю от отсутствия партнеров. Здесь нет собеседников на эти темы.

Возвращаюсь к многоуважаемому Н. Б. Вассоевичу. Мы с ним в одно время кончали Горный институт и какое-то время работали во ВНИГРИ, из которого он ушел на производство. Потом, уже после моего переезда в Киев вернулся.

Вассоевич успешно начал свою карьеру в качестве геолога-тектониста-стратиграфа на сложном Кавказском материале. Его работы по флишу расценивались высоко. Но потом его черт попутал, и он полез в нефтяную геохимию, где он попал на богатую жилу и сделался идеологом современного варианта органической теории происхождения нефти.

Тут сложная ситуация, отнюдь не научного характера. В начале 50-х годов выступили Н. А. Кудрявцев и Н. Н. Кропоткин с сенсационными утверждениями о неорганической и только неорганической природе нефти, что в корне противоречило представлениям правящей верхушки нефтяной (производственной) геологии. Признать это новое учение означало бы дискредитацию как ученых этой могущественной группы во главе с академическими корифеями школы покойного И. М. Губкина, кстати сказать, никогда не бывшего ортодоксом.

Сначала казалось, что разоблачить эту ересь не представляет никакого труда, но на деле это оказалось очень трудным. Особенно после того, как в 1956 г. вступила в эту борьбу наша Львовская группа.

Общий характер сложившейся к настоящему времени ситуации Вам, надо полагать, известен. Многолюдные совещания, названные «дискуссиями» ни к чему не привели. Эти сложные и мало популярные вопросы органической геохимии, вопросы механизма миграции и формирования месторождений, соотношение угольных и нефтяных образований и т. п. мало знакомы основной массе геологов – и угольщиков, и нефтяников. И если рядовых геологов это мало беспокоит, то совсем другое дело с геологами, определяющими направление работ (Трофимук, Мирчинк, Максимов и др.), весь этот нефтегеологический истеблишмент, определяющий направление поисково-разведочных работ и распределяющий колоссальные средства на разведочное бурение,

Я вспоминаю чемпионат борьбы экстра-класса между такими титанами нефтяной геологии, как, с одной стороны, Сенюков и Варенцов, и Мирчинк и Брод – с другой. Силы равные и борцы одинаковой категории. И вот Сенюков обвинил Мирчинка в том, что, занимая пост главного геолога нефтяного министерства в течение 20 лет, он, распределяя средства на разведочное бурение, исходил из ошибочных представлений и причинил государству ущерб в сумме 17 триллионов рублей. Астрономичность цифры спасала Мирчинка. 17 триллионов не взыщешь. Но, представьте себе, что он вдруг бы признал, что действительно исходил из ошибочных представлений. Не такого склада был Мирчинк, чтобы признаться в своей некомпетентности и погубить свое научное реноме, а следовательно, и материальное благополучие.

Вот так и получается. А что же делать с этими упорными еретиками? Опыт борьбы путем дискуссий и научных публикаций результатов не дает. Что же делать? А лучше всего их заблокировать. И заблокировали. Для нас закрыты все центральные издания. Для меня особенно, с 1935 г., когда меня судили за «идеализм в геологии». Только благодаря моему званию и благоприятной ситуации нам на Украине это можно еще делать в Украинской Академии.

Н. Б. Вассоевич с удовольствием отмечает в каждой своей статье, что Международный нефтяной конгресс на своих сессиях не рассматривает неорганические теории образования нефти. Это верно, но нужно еще добавить, что и сторонники неорганической теории на эти конгрессы не допускаются. Так, в 1972 г. в Москве была VIII сессия Международного нефтяного конгресса. На 2000 делегатских мест от Советского Союза не нашлось пригласительного билета для Н. А. Кудрявцева, крупнейшего геолога-нефтяника, автора трех крупных монографий по теоретическим вопросам нефтяной геологии, но, увы, лидера неорганистов.

Благодаря энергичным шагам Украинской Академии наук мне дали билет, но доклад мой не пропустили и запретили выступать в прениях. Товарищи хорошо знают свое дело.

Теперь представьте себе на этом фоне Н. Б. Вассоевича. Бесспорный ученый, чрезвычайно экспансивный и писучий, неистовый, несколько экстравагантный борец против еретиков. Статьи его, правда, почти непонятные из-за обилия аббревиатур и какой-то мании к изобретению новых терминов, изобилующие всевозможными диаграммами и схемами, с полным основанием могут считаться научной базой подновленной старой (Андрусов, Михайловский – начало столетия) теории нефтематеринских свит, теории органической природы нефти, взятой на вооружение.

Любопытно отметить, что аргументация этой теории в «осадочно-миграционном» варианте Н. Б. Вассоевича лежит в области чисто (или точнее псевдо) - геохимической аргументации, при полном игнорировании геологической стороны вопроса. Все-таки нефть – объект геологический и образующийся в геологической обстановке и находящийся под действием геологических факторов. И все практические следствия: миграция, формирование залежей, оценки перспектив относятся к области геологии.

По-моему, Вассоевич – типичный параноик. Признаки этой болезни отмечались и раньше в его «преднефтяной» истории. Но его статья в Вестнике Московского университета явно лежит за пределами науки.

Ваши критические замечания в его адрес убийственны. Но Вы сами принадлежите к лагерю «органистов», и не со всеми Вашими представлениями в этой области можно согласиться. И я на этом остановлюсь, но сначала закончу с углями.

Я совершенно согласен с Вами в том, что остатки рассеянной растительно-животной субстанции и в стадии диагенеза и в стадии термального метаморфизма могут образовать всевозможные формы органических соединений, встречающихся и в углях, и в нефтях. В том числе и битумы. Согласен и с тем, что именно эти битумы и обуславливают способность спекания некоторых углей. И с этих позиций образование последовательной шкалы различно метаморфизованных углей (от бурых до антрацитов-графитов) можно рассматривать как вариант растянутого технологического процесса коксования в природных условиях.

В этом аспекте антрацит можно сопоставлять по составу и по свойствам с технологическим коксом. И это очень важно, так как температура образования кокса известна и равна примерно 600 °С. Следовательно, и температура образования природного антрацита была тоже 500-600 °С. И это достоверно, так как никакой другой фактор метаморфизма не может заменить фактор термический.

Но так оно и было до недавнего времени. И Стадников, и Жемчужников, и ряд других определяли границу между бурыми и длиннопламенными углями в 250-300 °С, соответствующую температуре распада карбоксила

(COOH). А именно распад карбоксила определяет переход угля в каменно-угольную стадию.

Но это было убийственным для современного варианта органической (осадочно-миграционной по Н. Б. Вассоевичу) теории. Такая температура «органистов» никак не устраивала. Они вынуждены были сопоставлять вероятные температуры метаморфической шкалы с геотермическим градиентом осадочных толщ современных бассейнов (Зап.-Сибирский, Волго-Уральский, Парижский и др.). Поэтому, не говоря худого слова по адресу Стадникова, Жемчужникова и др., просто и без обсуждения снизили эти температуры в 3 раза (!).

Ход рассуждения (предполагаемого) был таков. Нефтепроизводящими для Западно-Сибирского бассейна явно должны быть юрские битуминозные (нефтепроизводящие) породы. А они залегают и всегда залежали на небольших глубинах, и по существующему сейчас градиенту температура в них не поднималась выше 100 °С. Следовательно, нефть здесь образовалась при температуре ниже 100 °С. А следовательно, и каменные угли марок Д, Г тоже образовались (по схеме Н. Б. Вассоевича и И. В. Высоцкого и др.): Д = 110 °, Г-150°, И=155-200 °, ПА=300 °С.

Очень любопытна в этом плане другая работа К. А. Машковича «Критический пересмотр положения о высоких температурах и давлениях, якобы необходимых для генерации углеводородов». Применяв такой же анализ нефтеносного региона Поволжья, автор приходит к заключению, что нефть здесь образовалась в девонских отложениях при температуре «около 25 °С» (!).

И очень даже хорошо. И напрасно Вы думаете, что индейка в холодильнике не изжарится. И очень даже изжарится. В крайнем случае, можно прибегнуть к термokatалитическим реакциям. И углепетрографы молчат, и углехимики тоже. Значит – все в порядке.

Работая в различных областях и имея дело со специфическим комплексом фактических (геологических) данных, мы невольно и переоцениваем, и недооцениваем их в аспекте общей проблемы – изменения захороненного органического вещества (биогенного) в уголь или в нефть.

А почему, собственно говоря, в уголь или в нефть? В природе мы часто встречаем образования, которые могут иметь и биогенное, и минеральное (неорганическое) происхождение. Повинуясь законам химии, общим для всей Вселенной, углерод и водород могут образовывать все виды углеводородов, вплоть до изопреноидных форм и даже порфиринов, как биогенным «угольным» путем, так и путем неорганического синтеза. И если мы выделяем такие формы, как фитан, пристан и порфирины из углестого комплекса «нефтематеринских» пород, то вряд ли кто будет сомневаться в их биогенном происхождении.

Естественно, что, обнаружив эти характерные формы, эти «биологические метки» в нефтях, мы без колебания утверждаем биогенную природу

и нефти. Ну, а если мы обнаруживаем и фитан, и пристан, и порфирины в углистых метеоритах и изготавливаем порфирины в лаборатории путем неорганического синтеза, то как прикажете воспринимать заклинания Н. Б. Вассоевича о том, что органическая природа нефти доказана «окончательно», «бесповоротно» и «навсегда»?

«Очень много убежденности и мало убедительности». Это очень удачная фраза для надписи на памятнике на могиле «органической» теории.

Проблема природы нефти – проблема комплексная, и всякая теория образования природной нефти должна быть аргументирована в двух планах – и химическом, и геологическом. Во всех статьях Н. Б. Вассоевича и его сподвижников вся аргументация лежит в химическом плане при полном игнорировании геологической стороны.

И я прошел этот путь. Мне тоже казалась бесспорной идея органической природы нефти, и много лет я потратил на бесплодные поиски «материнских» пород в Средней Азии и в других регионах.

Попытки найти такие породы в региональной геологической ситуации даже Средней Азии с ее комплексом угольных и нефтяных месторождений и с удивительной обнаженностью оказались безуспешными, и пришлось перейти к представлениям о гомогенных скоплениях органики, идентичной и для образования углей и нефтей.

Над аргументацией этой идеи мы работали долго и в химическом, и в геологическом планах. Результатом явилась схема «парагенезиса угольных и нефтяных образований», в которой были показаны способы вероятного образования всего ряда каустобиолитов, в зависимости от характера исходного материала и действия различных факторов метаморфизма. В ней было показано, при каких обстоятельствах скопления захороняющейся органики могли превратиться в нефть или в уголь, и в ней нашел свое место и «котел», о котором Вы упоминаете. Кстати, не «котел», а «пласт-реактор».

Прошло уже много времени после опубликования этой схемы, и никак она не была принята, в том числе, по-видимому, и Вами. Но и не была кем-либо раскритикована. Просто «не принята» и все. За исключением разве Г. Л. Стадникова. Но и этот ограничился заявлением, что Порфирьев в химии ничего не понимает, и потому критиковать его нет смысла.

Это был очень своеобразный тип. Человек непомерной гордости, считавший геологов стоящими ближе к обезьянам, чем к *Homo sapiens*, а геологию не наукой, а сборником анекдотов. По воле судьбы я лучше, чем кто-либо, знаю его бурную жизнь, полную драматических ситуаций. И мог бы написать о нем целую книгу.

Я сам отказался от «пласт-реактора», так как не нашел в реальной геологии нефтяных и угольных месторождений примеров такого вычурного сочетания необходимых условий. И хотя схемы перехода по простиранию угленосных комплексов в нефтяные казались весьма реальными (Фер-

гана, Приуралье, Донбасс), чисто геологические факторы потребовали отказа от идеи парагенетических соотношений уголь – нефть.

Неумолимые логика и геологические факты заставляют трактовать нефть как продукт неорганического синтеза в глубинных зонах, по видимому, Верхней Мантии с ее высокими значениями температуры и давления. Но и теперь я не вижу оснований отказываться от идеи «пласта-реактора». И я не видел критики ее. И был бы очень рад получить от Вас эти критические замечания.

Письмо мое затянулось. Так много в Вашем критическом обзоре интересных замечаний, на которых хотелось бы остановиться. В частности, об асфальтитах, жильных углях и лигнитах. Мне кажется, что было бы вполне логичным оформить этот обзор в виде статьи и опубликовать последнюю. Это не так просто, принимая во внимание «эмбарго», наложенное на статьи с таким содержанием. Но можно было бы попробовать. На худой конец, в нашем «Геологическом журнале» Украинской АН.

Послали ли Вы Ваш «ответ» во ВНИГРИ в Ленинграде? Там возглавляет группу диссидентов Аникиев Кирилл Александрович. В ИГГиРГ в Москве желательно было бы послать директору Еременко Николаю Андреевичу. Это достаточно «свободомыслящий», но зажатый дисциплиной человек. Я бы послал также в ГИН Кропоткину Петру Николаевичу и, конечно, в МГУ Александру Кирилловичу Матвееву.

Извините, что я даю Вам совет. Но уж очень меня это касается. Кстати сказать, Н. Б. Вассоевич в последнее время начал искать поддержку и рассылает по всем адресам письма, очевидно, того же характера, что и письмо к Вам. Пишет даже моим сотрудникам.

В заключение, примите еще раз мою глубокую признательность за Ваше внимание. Посылаем Вам ряд наших изданий, которые, вероятно, редко к Вам доходят.

С глубоким уважением

Порфирьев

*От редколлегии.* На копии письма нет даты его написания. Ориентировочно, как указано в преамбуле, это 1979 или 1980 год. Помнится, что письмо вначале едва ли не было послано в Ташкент, по месту работы О. Д. Русановой, до 1967 г. В любом случае редколлегия и отв. редактор надеются, что публикация данного послания будет небезынтересна читателям, и рассчитывают на их реакцию по затронутым вопросам – как в историческом аспекте, так и со стороны сегодняшних реалий.

УДК 553.9 (98) (092)

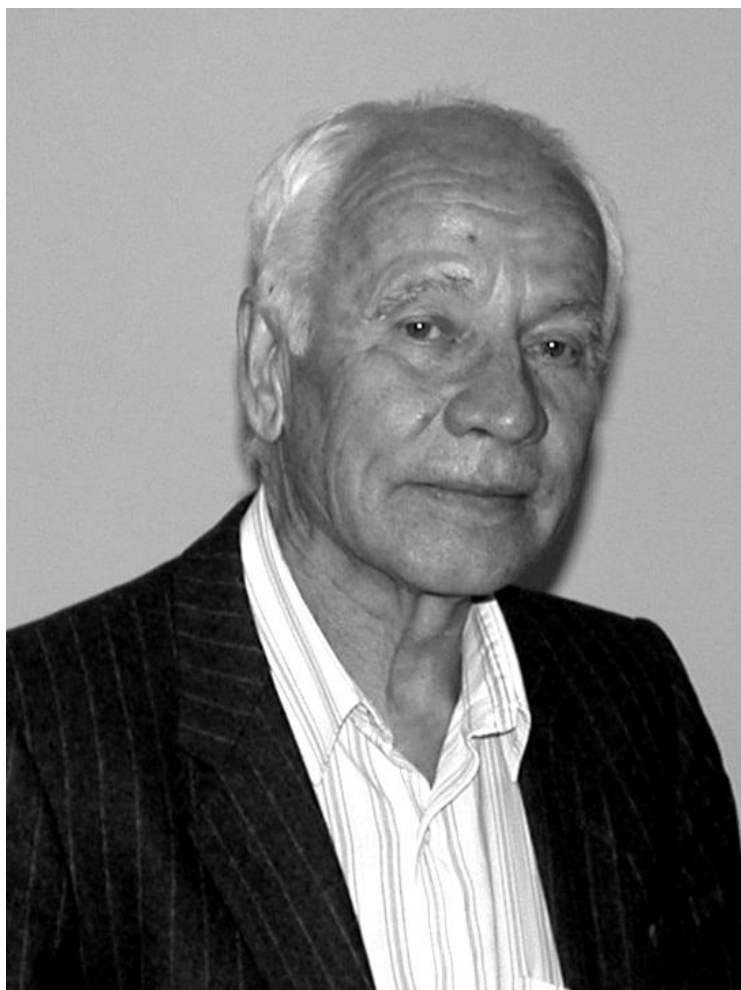
**А. В. Лапо<sup>1</sup>, Н. К. Евдокимова<sup>2</sup>, В. М. Власов<sup>1</sup>,  
И. Н. Дроздова, Л. В. Клитина**

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт  
им. А. П. Карпинского (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов  
Мирового океана им. И. С. Грамберга (ВНИИОкеангеология)

**АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПАВЛОВ  
(1930-2007)  
ПРОЩАЛЬНОЕ СЛОВО**

Ушел из жизни Александр Васильевич Павлов – ведущий специалист в области геологии горючих ископаемых Российской Арктики и архипелага Шпицберген (Норвегия), старший научный сотрудник ВНИИОкеангеологии (Санкт-Петербург), близкий нам человек.



А. В. Павлов (1930-2007)

А. В. Павлов родился в Ленинграде 12 января 1930 г. Его детство, включая годы войны, прошло в Новгородской области, в городе Валдае. Двенадцатилетним школьником он был зачислен в расквартированный на Валдайских высотах батальон Северо-Западного фронта. Несмотря на свой юный возраст, Саша Павлов был почти настоящим солдатом: ему выдали солдатскую форму (видимо, несколько для него мешковатую) и поставили на денежное довольствие. В его обязанности входили уход за лошадьми, подвоз воды и дров для батальона и даже патрулирование Валдая и окрестностей [30]. Прослужил в армии Саша полтора года, до передислоцирования батальона. Так, задолго до своего совершеннолетия, Павлов вступил во взрослую жизнь.

После окончания в 1948 г. средней школы в г. Валдае Павлов поступает на геологоразведочный факультет Ленинградского горного института, где в то время преподавали такие выдающиеся геологи разных специальностей, как Д. В. Наливкин, П. М. Татаринев, И. И. Горский, Ю. А. Жемчужников, Е. О. Погребницкий, Г. А. Иванов. Полевую практику в годы обучения в ЛГИ А. В. Павлов дважды проходил в Печорском бассейне. Эти студенческие практики стали для А. В. первым опытом работы в области угольной геологии. Учился он блестяще, удивляя однокашников трудолюбием и исключительно серьезным отношением к учебе. После окончания института в 1953 г. Павлов был оставлен в очной аспирантуре ЛГИ по специальности «Геология угольных месторождений». Его научным руководителем был Юрий Аполлонович Жемчужников (1885-1957). Впоследствии А. В. с гордостью называл Ю. А. Жемчужникова своим Учителем, для которого он оказался одним из последних аспирантов.

Обучение в аспирантуре Горного института А. В. Павлов совмещал с работой в Отделе каустобиолитов ВСЕГЕИ, где он занимался изучением палеоген-неогеновых угленосных отложений Дальнего Востока, попутно собирая материал для своей диссертации. В 1955 г. он женился на Лие Владимировне Клитиной, также обучавшейся в аспирантуре у Ю. А. Жемчужникова и специализировавшейся в области углепетрографии. На протяжении более полувека Л. В. Клитина была не только женой Александра Васильевича, подарившей ему двух детей, но и его коллегой, соавтором нескольких совместных отчетов и статей [21, 22].

Незадолго до окончания А. В. Павловым аспирантуры появилось новое требование ВАКа о необходимости наличия у соискателей как минимум двух публикаций по теме диссертации. Публикаций у А. В. еще не было, и защита откладывалась. По истечении срока аспирантуры А. В. Павлов с 1957 по 1959 гг. работал в Ленинграде сначала в тресте «Геофизуглеразведка», а затем в Северо-Западном геологическом управлении (СЗГУ). В эти годы он занимался изучением редкометального оруденения углей Донецкого бассейна и горючих сланцев Прибалтийского бассейна, а



также геологическим обоснованием участков, пригодных для строительства подземных газо- и нефтехранилищ.

В 1959 г. вышли в свет две первые публикации Павлова [5, 6], и в начале следующего года в ЛГИ состоялась успешная защита его кандидатской диссертации «Литология и генезис угленосных отложений Супутинского месторождения Приморского края» [7]. В марте 1960 г., вскоре после защиты диссертации, А. В. Павлов переходит на работу в Институт геологии Арктики (НИИГА). В этом институте, неоднократно менявшем свою структуру и название (в настоящее время это ВНИИ геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И. С. Грамберга), А. В. проработал до конца своих дней (с небольшими перерывами, обусловленнымиграничными командировками).

В первые годы своей деятельности в НИИГА А. В. Павлов работал в Секторе геологии угля, возглавляемом Алексеем Ивановичем Гусевым (1908-1969), ведущим в то время специалистом по геологии угольных месторождений Арктики, неортодоксально мыслящим исследователем того интеллектуального типа, классическим воплощением которого в биологии был А. А. Любищев. Думается, что А. И. Гусев оказал определенное влияние на формирование научного стиля молодого А. В. Павлова.

В НИИГА А. В. назначается ответственным исполнителем крупной темы «Стратиграфия, литология и метаморфизм углей Алдано-Чульманского района Южно-Якутского угольного бассейна», освоение которого тогда только начиналось. В рамках этой темы в 1960 и 1961 гг. было проведено два полевых сезона. По воспоминаниям одного из авторов этой статьи (И.Н.Д.), это было незабываемое время. Работа в большом сплоченном коллективе геологов, углепетрографов, углехимиков, палеоботаников (А. И. Гусев, Е. С. Корженевская, Н. Д. Василевская, Л. Н. Абрамова, И. Н. Дроздова и др.) под руководством А. В. Павлова шла продуктивно и без лишнего напряжения.

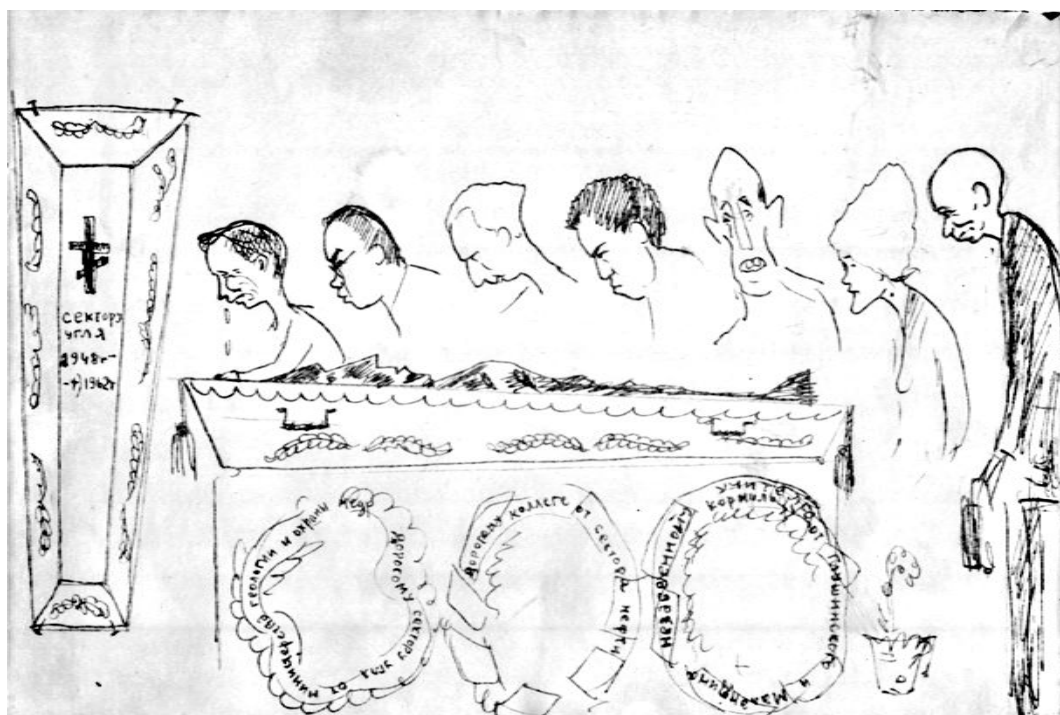
Тема, первоначально задуманная на многие годы, неожиданно была прервана в 1962 г. и завершилась написанием коллективного отчета. Результаты исследований в полном виде не были опубликованы и вышли в свет лишь в виде отдельных статей [9, 16, 17, 27 и др.].

После ликвидации в том же 1962 г. Сектора геологии угля в качестве структурного подразделения Отдела горючих ископаемых НИИГА А. В. Павлов остается сотрудником этого отдела и занимается изучением различных угленосных площадей Арктики: Ленского бассейна, Норильского района и других территорий [10, 18, 20, 29 и др.], однако главным объектом его работ на многие годы становится архипелаг Шпицберген (Свальбард).

Являясь главным геологом Шпицбергенской партии с момента её основания, Александр Васильевич задал высокий уровень геологических исследований в этом районе. Основной задачей работ на архипелаге была геологическая съемка, однако проводились также тематические исследования



А. В. Павлов на полевых работах на Супутинском бурогольном месторождении (1954)



Дружеский шарж В. Васильева «Похороны Сектора геологии угля НИИГА». Слева направо: первый – А. В. Павлов, пятый – А. А. Кордилов, шестая – Л. Н. Абрамова, седьмой – А. И. Гусев (1962)

по разным направлениям, в том числе по оценке угленосности и нефтегазоносности [25]. Особый интерес А. В. проявлял к изучению угленосности и качества углей острова Медвежий [21], на котором расположено одно из немногих на планете месторождений коксующихся углей девонского возраста.

Итогом многолетних работ НИИГА на Шпицбергене явился фундаментальный отчет «Угленосные отложения архипелага Свальбард» (1981). В этой сводной работе, опубликованной также лишь в форме отдельных статей [8, 22, 24 и др.], впервые были обобщены и систематизированы материалы по угленосности архипелага. Угленосность, качество углей и их ресурсная оценка в отчете были представлены главным образом по результатам полевых исследований, проводившихся под руководством и при активном участии А. В. Павлова.

Деятельность Павлова по изучению угленосности арктических территорий в 60-70-е годы дважды прерывалась заграничными служебными командировками. Так, в 1969 г. он был командирован в Северный Вьетнам (тогда ДРВ), где в течение двух лет работал главным геологом экспедиции, занятой поисково-съёмочными работами в антрацитовом бассейне Куангинь, который относится к тому же типу угленосных формаций, что и хорошо знакомый Павлову Южно-Якутский бассейн. За геологическую съёмку месторождения Бао-Дой А. В. был награжден медалью ДРВ «Дружба народов».

Успешно пройдя искусы первой заграничной командировки (которая в те годы могла быть только в страну советского блока), беспартийный А. В. Павлов получил в 1973 г. неординарную возможность поехать в служебную командировку с женой на три года в страну сугубо капиталистическую – Иран (за несколько лет до исламской революции, коренным образом изменившей здесь жизнь). По договору с Иранской национальной металлургической корпорацией А. В. Павлов осуществлял руководство поисково-съёмочными работами на каменный уголь в Чахар-Даштском районе и на площадях Мансур-Кух и Шах-Кух (Восточный Эльбурс), а Л. В. Клитина работала в химико-углепетрографической лаборатории, занимаясь прогнозом качества углей этого региона. Сухой и жаркий климат Ирана больше нравился А. В., чем влажный субтропический климат Вьетнама, однако в самое жаркое время года супруги уезжали в отпуск на Родину. С иранскими коллегами, как и во Вьетнаме, у Павлова сложились самые сердечные отношения, и в день отъезда супруги получили в подарок два небольших ковра ручной работы.

Начиная с 80-х годов в связи с перепрофилированием института на изучение геологии Мирового океана, основным направлением научной работы А. В. Павлова становится исследование углеводородного потенциала осадочных бассейнов акватории Российской Арктики, а частично также Северной Америки и Антарктики. По этой проблеме за последние четверть



А. В. Павлов и Л. В. Клитина (в центре) в Иране во время экскурсии  
в г. Мешхед (1974)

века своей жизни А. В. Павловым совместно с коллегами были написаны около десяти объемистых (иногда многотомных) отчетов. Павлов становится одним из ведущих специалистов института по углеводородному сырью [3, 4].

Работы А. В. по нефтегазоносности прерываются на полтора года в 1989-1990 гг. в связи с его очередной поездкой на Шпицберген, на этот раз с зимовкой. В должности главного геолога Баренцбургской ГРЭ он занимает-

ся теперь главным образом составлением документации по геолого-промышленной характеристике Баренцбургского месторождения каменных углей. Эта работа была необременительной и не удовлетворяла А. В. Друзьям он пишет: «Служить мне здесь трудно. Обычно жалуются на большую загруженность. Я же огорчен другим: очень мало работы. Может быть, удастся присоединиться к нашим ленинградским геологам и посетить 1-2 участка, поработать на них». Александру Васильевичу не по душе было просто «служить», обеспечивая тем самым своей семье прожиточный минимум на Родине. Его творческая натура требовала иных способов самовыражения, и он активно включается в общественную жизнь небольшой советской колонии на Шпицбергене: в местной газете «Шахтер Арктики» печатает цикл научно-популярных статей («Драгоценные и цветные камни», «Вулканы на Шпицбергене», «Минеральная вода рядом», «Климат Шпицбергена в наши дни и в геологическом прошлом» и др.), проводит встречи с горняками в Доме культуры.

В 1990 г. Павлов возвращается к работе во ВНИИОкеангеологии по изучению нефтегазоносности арктических акваторий. Он продолжает исследования и в области угольной геологии: подготавливает разделы по твердым горючим ископаемым в отчетах института по ресурсному потенциалу Арктики и Антарктики, а также в объяснительной записке листа S-47-49 Гостгеолкарты РФ [23], публикует статью об угленосности архипелага Земля Франца-Иосифа [15]. Коллективная сводка по твердым горючим ископаемым Российской Арктики [1] стала последней прижизненной публикацией Александра Васильевича, итогом его почти полувековых исследований угленосных отложений северных регионов России.

Геология горючих ископаемых была не единственной областью знания, которой занимался Александр Васильевич в последние годы жизни. Обладая широким научным кругозором и острым критическим умом, он пишет и публикует в 2000-2005 гг. в «Российском геофизическом журнале» дискуссионные статьи по вопросам земного магнетизма и даже космогенеза.

Скончался Александр Васильевич 29 августа 2007 г. В оставшихся после его смерти бумагах нашли такую его запись, сделанную на отдельной странице: *«Совесть ученого важнее его авторитета. Надо говорить, что думаешь, даже если не будут слушать».*

Это было кредо А. В. Павлова, его завещание потомкам...

Работы А. В. Павлова в области геологии горючих ископаемых (в 60-70-е годы – ископаемых углей, а начиная с 80-х – главным образом нефти и газа) имели большей частью региональную направленность. К сожалению, лишь небольшая их часть была опубликована в виде статей в журналах и тематических сборниках [1, 3,4, 15-17, 20-24, 27, 29 и др.]. В более частной области – угольной геологии – А. В. Павлов опубликовал несколько теоретических [5, 12, 19]; его интересы в этой области были связаны

главным образом с геохимией угольных пластов и включений, а также с проблемой самовозгорания каменных углей.

Изучением редких элементов в углях Донецкого бассейна и горючих сланцев Прибалтийского бассейна А. В. Павлов начал заниматься еще в конце 50-х годов. При проведении этих работ в шахтах Донбасса им впервые были выявлены промышленные концентрации германия и других редких элементов. Большая часть этих исследований оказалась изложенной лишь в фондовых отчетах, и только в 1962 г. появилась единственная статья А. В. Павлова и Е. И. Фокиной [28] с результатами секционного опробования на редкие элементы одного из угольных пластов Лисичанского района Донбасса (по условиям секретности район исследования в ней не был указан). Авторы пришли к выводу, что наивысшие содержания редких элементов, особенно германия, приурочены к приконтактовым частям угольных пластов.

Несколько лет спустя по материалам приводившихся в НИИГА комплексных исследований угленосных отложений Алдано-Чульманского района А. В. Павлов опубликовал статью [9], содержащую всестороннюю вещественную характеристику угольных включений этого района. По существу это было первое обстоятельное геохимическое исследование угольных включений, произведенное в нашей стране [31], в котором было убедительно показано, что угольные включения в угленосной толще отличаются повышенными содержаниями многих редких элементов при сравнении с угольными пластами.

Продолжая эти исследования на материале углей Западного Шпигбергена, А. В. Павлов [8] констатировал, что среди всех изученных им микроэлементов только германий образует повышенные концентрации в приконтактовых горизонтах угольных пластов. Резюмируя, А. В. пишет: «Отмеченная выше закономерность проявляется в региональном масштабе. Поэтому её можно рассматривать как закон приконтактового германиевого оруденения в пластах угля, который мы предлагаем назвать *законом Зильберминца*. Его можно сформулировать следующим образом: в случае германиевого оруденения наиболее высокие концентрации элемента приурочены к маломощным пачкам угля, непосредственно примыкающим к породам почвы и кровли» [8, с. 132-134].

В своих «Записках геохимика» Я. Э. Юдович сорок лет спустя следующим образом оценил роль Александра Васильевича в исследовании микроэлементного состава угольных пластов: «Именно Павлов одним из первых обратил внимание на металлоносность угольных включений. Павлов печатно предложил назвать глобальную геохимическую закономерность - обогащение германием приконтактовых частей угольных пластов – «законом Зильберминца». Это был благородный поступок, ибо В. А. Зильберминц (любимый ученик Вернадского) был расстрелян в 1938 г. как враг народа, а в те годы отнюдь не спешили с реабилитациями. В частности,

моя попытка в одной из своих книг поместить портрет Зильберминца привела редакторшу издательства в состояние шока» [32, с. 27].

Другим предметным направлением угольной геологии, которым специально занимался Павлов, являлась важнейшая в практическом отношении проблема самовозгорания каменных углей. На материале скрупулезного изучения шахт Норильского месторождения [10] А. В. создал обобщенную модель самовозгорания каменных углей в подземных горных выработках и дал следующий прогноз пожароопасности каменных углей: «Пожароопасными будут такие угольные пласты, при разработке которых допускаются большие потери угля, а геологической ситуацией и расположением подземных горных выработок создаются условия для прососов воздуха непосредственно через крупные массы разрыхленного каменного угля» [13, с. 75]. В связи с участившимися в последние годы авариями на угольных шахтах (в Донецком и Кузнецком бассейнах, в КНР) этот прогноз А. В. Павлова имеет важнейшее практическое значение. Будет ли он услышан – неизвестно, но будем помнить завет Павлова: «Надо говорить, что думаешь, даже если не будут слушать».

Научный стиль А. В. Павлова уже в 1966 г. четко охарактеризовал известный геолог-угольщик, профессор ЛГИ Евгений Осипович Погребницкий (1900-1976): «Работы А. В. Павлова отличаются строгостью аргументации, обоснованностью и оригинальностью выводов. Он очень хороший наблюдатель, умеющий подметить новые факты и явления там, где, казалось бы, все уже изучено, а в выводах своих он не боится подвергнуть сомнению уже сложившиеся представления по тому или иному вопросу» (цитируется по машинописному оригиналу).

Павлов не любил скороспелые научные работы, содержащие малообоснованные, недостаточно проверенные выводы, и критически высказывался о них как в печати [11, 17], так и на заседаниях Ученого совета. С повышенными требованиями он относился и к результатам собственных исследований. Это обстоятельство стало одной из причин того, что публикации А. В. далеко не в полной мере отражают значение его вклада в науку.

К лидерству Павлов никогда не стремился, но всеми силами старался сохранять свою внутреннюю независимость. Он был по-детски обидчив, порой упрям, но очень доброжелателен и деликатен в отношениях с окружающими. С мальчишеских лет он увлекался лыжами и пронёс это увлечение до той поры, пока не заболел астмой во время своей зимовки на Шпицбергене в 1989-1990 гг.

Многие полевые сезоны Александр Васильевич проводил преимущественно в женском коллективе, где ему доставалась наиболее тяжелая физическая работа: оборудовать лагерь, таскать хворост или плавник для костра, рубить дрова и т. д. Один из авторов (Н.К.Е.) так вспоминает о своих совместных с А. В. Павловым полевых работах на Шпицбергене в 70-е годы: «Мы, женская часть отряда, конечно же, пытались помочь и не отста-

вать от шефа, однако он, будучи прирожденным джентльменом, как правило, старался все сделать сам. Опасности, однако, делились поровну. Так, из-за частых смен погоды мы нередко попадали в густой туман, когда на расстоянии вытянутой руки ничего не было видно, или когда внезапно, на фоне ясного неба, обрушивается ураганный ветер. Помню один такой нередовой даже для Арктики случай, произошедший на острове Медвежий. Во время маршрута на горе на высоте около 500 м поднялся сильный ветер типа смерча. Находиться в такой момент на склоне можно было только лежа, закопавшись в осыпи и воткнув в нее для надежности молоток. Однако меня, наверно, из-за малого веса или неопытности это не спасло и силой урагана с большой скоростью покатило вниз по склону. Не знаю, как удалось Александру Васильевичу, человеку отнюдь не гигантского сложения, в считанные секунды перемахнуть разделяющее нас расстояние и перехватить меня внизу фактически у самого обрыва скалы. Александр Васильевич тогда буквально спас мне жизнь...».

В последние годы своей жизни А. В. Павлов считал своим моральным долгом писать мемориальные статьи об ушедших товарищах и коллегах [2, 14, 26 и др.]. Настал наш черед написать об Александре Васильевиче... Вечная ему память!

### Библиографический список

1. **Богомазов В. М., Волкова Г. М., Гуревич А. Б., Золотов А. П., Могилев А. Е., Павлов А. В., Соколова Г. В.** Бурые и каменные угли, горючие сланцы Арктической зоны // Минерально-сырьевые ресурсы Российской Арктики. Состояние, перспективы, направления исследований. СПб.: Наука, 2007. С. 137-179.
2. **Виноградов В. А., Павлов А. В.** Петр Иванович Глушинский (1908-1990) // На пути к недрам Арктики, Антарктики и Мирового океана. Очерки об ученых-геологах АНИИ-НИО ГГУ-НИИГА-ВНИИОкеангеология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2006. Вып. 2. Часть 1. С. 5-8.
3. **Лазуркин Д. В., Павлов А. В.** Перспективы нефтегазоносности Восточно-Арктического шельфа России (моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское) // Геология и полезные ископаемые шельфов России. М.: ГЕОС, 2002. С. 84-93.
4. **Лазуркин Д. В., Павлов А. В.** Осадочные бассейны глубоководной части Северного Ледовитого океана и перспективы их нефтегазоносности // Доклады АН. 2005. Т. 401. № 3. С. 362-365.
5. **Павлов А. В.** О расщеплении угольных пластов // Записки ЛГИ. 1959. Том 35. Вып. 2. С. 123-127.
6. **Павлов А. В.** Генезис третичных угленосных отложений Супутинского месторождения (Приморский край) // Там же. С. 128-142.



7. **Павлов А. В.** Литология и генезис угленосных отложений Супутинского месторождения Приморского края: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Л.: ЛГИ, 1960. 12 с.
8. **Павлов А. В.** Вещественный состав золы углей некоторых районов Западного Шпицбергена // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1966. Вып. 8. С. 128-136.
9. **Павлов А. В.** Углистые включения юрско-меловых угленосных отложений Алдано-Чульманского района (Южно-Якутский каменноугольный бассейн) // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 2. С. 69-78.
10. **Павлов А. В.** Геологические факторы самовозгорания углей Норильского месторождения // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1969. Вып. 16. С. 162-173.
11. **Павлов А. В.** По поводу статьи Я. Э. Юдовича «О распределении зольности в каменных углях Алмазно-Марьевского района Донецкого бассейна» // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 1. С. 153-154.
12. **Павлов А. В.** Закон Н. А. Головкинского и его нарушения в разрезе угленосной формации Донецкого бассейна // Уголь в XXI веке. Научные чтения, посвященные 100-летию Е. О. Погребницкого: Тезисы докладов. СПб.: СПГГИ, 2000. С. 27-28.
13. **Павлов А. В.** Модель самовозгорания каменных углей в подземных выработках // Отечественная геология. 2002. № 3. С. 70-75.
14. **Павлов А. В.** Алексей Иванович Гусев (1908-1969) // На пути к недрам Арктики. Очерки об ученых-геологах АНИИ-НИО ГГУ-НИИГА-ВНИИОкеангеология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2003. Вып. 1. С. 148-150.
15. **Павлов А. В.** Угленосность, качество и ресурсы бурых углей Земли Франца-Иосифа // Отечественная геология. 2005. № 2. С. 14-20.
16. **Павлов А. В., Василевская Н. Д., Абрамова Л. Н.** К стратиграфии юрско-меловых угленосных отложений Алдано-Чульманского района // Ископаемые угли Сибири и методы их изучения. Новосибирск: Наука, 1971. С. 189-196.
17. **Павлов А. В., Василевская Н. Д., Корженевская Е. С. и др.** О геохимии угленосных отложений Южной Якутии (по поводу статьи А. А. Кордикова) // Литология и полезные ископаемые. 1964. № 4. С. 140-143.
18. **Павлов А. В., Войцеховская А. Г.** О фосфоритонности нижнеюрских отложений Оленекского района // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1968. Вып. 12. С. 115-120.
19. **Павлов А. В., Гусев А. И.** К вопросу о способе накопления ископаемых углей // Информационный бюллетень Института геологии Арктики. 1962. Вып. 32. С. 37-44.

20. **Павлов А. В., Данюшевская А. И.** О находке мальты в юрских отложениях Лено-Анабарского прогиба // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1966. Вып. 9. С. 224-227.
21. **Павлов А. В., Евдокимова Н. К., Клитина Л. В.** Угленосность и качество углей о. Медвежий // Геология Шпицбергена. Л.: ПГО «Севморгео», 1983. С. 102-109.
22. **Павлов А. В., Клитина Л. В., Евдокимова Н. К.** О метаморфизме углей стурвольской свиты острова Шпицберген // Геология осадочного чехла архипелага Свальбард. Л.: НИИГА, 1980. С. 100-109.
23. **Павлов А. В., Межвилк А. А., Сороков Д. С.** Горючие ископаемые // Гос. геолог. карта РФ. Масштаб 1:1 000 000. Лист S-47-49 – оз. Таймыр. Объяснит. записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. С. 160-172.
24. **Павлов А. В., Панов А. И.** Геология и угленосность Земли Геера острова Шпицберген // Геология осадочного чехла архипелага Свальбард. Л.: НИИГА, 1980. С. 81-94.
25. **Павлов А. В., Соколов В. Н.** К истории формирования и развития Западно-Шпицбергенского прогиба // Материалы по геологии Шпицбергена. Л.: НИИГА, 1965. С. 45-54.
26. **Павлов А. В., Сотникова Т. К., Лапо А. В., Дроздова И. Н.** Елена Сергеевна Корженевская (1908-2001) // На пути к недрам Арктики. Очерки об ученых-геологах АНИИ-НИО ГГУ-НИИГА-ВНИИ-Океангеология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2003. С. 151-164.
27. **Павлов А. В., Сяндюков Ш. А.** О цикличности юрско-меловых угленосных отложений Алдано-Чульманского района (Южно-Якутский бассейн) // Литология и геохимия осадочных толщ Якутии. Новосибирск: Наука, 1975. С. 49-59.
28. **Павлов А. В., Фокина Е. И.** Распределение германия в разрезе угольного пласта простого строения // Информационный бюллетень Института геологии Арктики. 1962. Вып. 30. С. 42-51.
29. **Павлов А. В., Шуплякова В. П., Вожакова Л. В.** Плотность и магнитная восприимчивость юрско-меловых отложений Лено-Анабарского прогиба // Ученые записки НИИГА. Региональная геология. 1968. Вып. 13. С. 175-188.
30. **Сотрудники** Института геологии Арктики, ВНИИОкеангеологии – солдаты Великой Отечественной войны. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1995. 120 с.
31. **Юдович Я. Э.** Геохимия угольных включений в осадочных породах. Л.: Наука, 1972. 84 с.
32. **Юдович Я. Э.** Записки геохимика. Сыктывкар: Геопринт, 2006. 196 с.

## НА КНИЖНУЮ ПОЛКУ

В предлагаемом выпуске мы представляем презентацию нескольких изданий, принадлежащих *авторам сборника*, с той или иной регулярностью публикующихся на его страницах. В основном приведены авторские аннотации, иногда дополненные краткими примечаниями от редколлегии.

- **Алексеев В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.**

Первая часть представленного Атласа содержит общую характеристику требований к работам такого рода, опирающуюся на чеканные представления Л. Н. Ботвинкиной. Кратко разобраны диагностические признаки фаций. Дана систематика фациального состава юрских терригенных внутриконтинентальных отложений Северной Евразии, и описываются их особенности. На конкретных примерах показан порядок работы с Атласом с применением специальных таблиц, впервые предложенных составителями классического Атласа литогенетических типов среднего карбона Донецкого бассейна.

Во второй части выполнено подробное описание всех выделенных макрофаций и фаций с использованием наиболее известных работ зарубежных и отечественных исследователей.

Третья часть работы – собственно Атлас – состоит из 46 фототаблиц, содержащих почти 300 сканированных отображений керна скважин. Большая часть использованных образцов отобрана из глубокозалегающих отложений тюменской свиты Западно-Сибирского осадочного мегабассейна. Это рассчитано на широкое использование Атласа при изучении нижнеплитного комплекса Западно-Сибирской плиты, содержащего значительные нераспределенные нефтегазовые ресурсы.

Для литологов; геологов, работающих на поисках и разведке горючих полезных ископаемых; магистрантов и аспирантов геологических специальностей.

*Аннотация*

- **Кизильштейн Л. Я. Геохимия и термохимия углей. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. 288 с.**

Геохимия углей – составная часть науки об угле, предметом которой является твердое концентрированное ископаемое органическое вещество земной коры. Рассмотрен биохимический состав углеобразующего растительного материала, приводятся данные о химических особенностях микрокомпонентов (мацералов), составе и генезисе минеральных примесей, связи химического состава и молекулярной структуры углей с их технологическими свойствами. Описаны термохимические процессы промышленной переработки углей и связанные с этим молекулярные трансформации органического вещества при получении кокса, жидких продуктов и синтетического газа. Изложены соображения о превращениях мине-

ральных компонентов при сжигании углей на тепловых электростанциях. Рассмотрены экологические проблемы энергетики.

Предназначено для геологов-угольщиков, технических работников угольной и энергетической промышленности, научных работников, аспирантов и студентов.

*Аннотация*

**• Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. 427 с.**

Авторский коллектив: В. Ф. Шульга, А. Здановски, Л. Б. Зайцева, А. В. Иванова, А. В. Иванина, Н. Д. Король, А. Котасова, А. Котас, И. Е. Костик, Б. И. Лелик, Т. Мигер, В. И. Маничев, М. Н. Матрофайло, Б. Птак, В. С. Савчук, Г. М. Седаева, Я. Г. Степаненко

В монографии изложены результаты корреляции карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов, проведенной в рамках межгосударственного польско-украинского проекта. На основе комплексного сравнительного историко-геологического анализа выполнено следующее: лито-, хроно- и биостратиграфическое расчленение угленосных отложений; выявлены особенности литолого-фациального состава, строения, угленосности, условий образования угленосных формаций и подформаций (генетических ассоциаций); дана перспективная оценка освоения промышленностью угольных месторождений, расположенных на пограничной территории Украины и Польши. Работа является первым исследованием подобного рода для угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов.

Для широкого круга специалистов, которые проводят научные исследования, поиски, разведку и промышленное освоение угольных месторождений Львовско-Люблинского бассейна.

*Аннотация*

От редколлегии: 1) к изданной на русском языке работе имеется обширное резюме на трех (!) языках – английском, польском и украинском; 2) авторы явно поскромничали в том, что это издание предназначено только для специалистов, изучающих Львовско-Люблинский бассейн: его научно-методологическое значение безусловно шире и не ограничивается только карбоном.

- **Седых А. К. Кайнозойские рифтогенные впадины Приморья (геологическое строение, минерагения и геодинамика углегенеза). Владивосток: Дальнаука, 2008. 248 с.**

В монографии приведены новейшие сведения по 38 кайнозойским приразломным впадинам Приморья с подробным разбором детально исследованных Галенковской, Угловской, Шкотовской, Бикинской и Краскинской угленосных структур.

Дан анализ стратиграфическим, фациально-литологическим, геолого-структурным и минерагеническим особенностям угленакопления во впадинах. Произведена их прогнозная оценка как объектов, вмещающих основные запасы энергетических углей, а также металлоносных (преимущественно германий содержащих) углей и углистых пород.

Осуществлён сравнительный анализ с подобными структурами других регионов в возрастном диапазоне от палеозоя до кайнозоя включительно.

Доказана определяющая роль сдвигово-раздвиговых зон разломов в заложении угленосных структур, и прослежена этапность их формирования во времени.

Расчленены выполняющие впадины терригенные и вулканотерригенные формации с одним либо двумя угленосными горизонтами, и предложена геодинамическая модель углегенеза для рассматриваемых структур, выделенных в рифтогенный тип с лимническо-потамическими условиями торфоугленакопления.

Монография рассчитана на сотрудников научных и производственных организаций, занимающихся проблемами угольной геологии, а также на студентов и аспирантов геологических специальностей.

*Аннотация*

- **Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.**

Авторский коллектив: В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, А. В. Маслов,  
В. И. Русский, М. Ф. Печеркин, М. А. Пудовкина

Впервые приведены развернутые данные по результатам применения известной методологии фациальных исследований терригенных (угленосных) толщ для глубокозалегающих отложений. Ее высокая разрешающая способность объясняется связующей ролью тюменской свиты для отложений раннемезозойской эпохи торфо(угле) накопления, обрамляющей Западно-Сибирскую плиту, и ранее изученных в соседних, преимущественно складчатых областях. Выполнено детальное описание выделяемых фаций. Большой объем вещественных характеристик пород в значительной степени использован для верификации фациальных реконструкций. Определено место тюменской свиты в общей истории геологического развития Шаимского нефтегазоносного района, охарактеризованы ее нижний (редукционный) и верхний (трансгрессив-

ный) контакты. Отмечено, что история формирования отложений и их закрепление в геологической летописи удачно описываются в контексте синергетического мировидения.

Для специалистов в областях литологии и геологии горючих ископаемых.

*Аннотация*

- **Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с.**

Авторский коллектив: В. П. Алексеев, В. И. Русский, Ю. Н. Федоров, Д. Д. Журавлева, Г. Ф. Красковская, Н. В. Пронина, Л. И. Свечников

Подробно рассмотрена угленосность глубокозалегающих юрских отложений, являющихся объектом нефтедобычи. Выполнены детальные углепетрографические исследования, позволившие установить и проанализировать условия торфо(угле)накопления. Обширный объем аналитических данных, включающий 94 определения  $R_o$ , позволил установить закономерности в изменении метаморфизма углей. Определено корреляционное значение горизонта с повышенной угленасыщенностью в пределах западного и южного обрамления Западно-Сибирской плиты. Установлена аномально низкая зольность многих углепроявлений и сделана попытка объяснения этого феномена. Выявлен новый тип метаморфизма углей (зет-метаморфизм), обусловленный постинверсионными полойными тектоническими подвижками фрикционной природы.

Для специалистов в области геологии горючих ископаемых.

*Аннотация*

- **Цейслер В. М. Полезные ископаемые в тектонических структурах и стратиграфических комплексах на территории России и ближнего зарубежья: учебное пособие М.: КДУ, 2007. 128с.**

Рассмотрены принципы тектонического районирования материковой коры. Приведена краткая геологическая характеристика крупнейших структурных элементов территории России и ближнего зарубежья. Показана приуроченность разных типов полезных ископаемых к структурам фундаментов и чехлов древних и молодых платформ, к структурно-формационным комплексам в разновозрастных складчатых областях.

Для студентов, магистрантов, изучающих региональную геологию России и ближнего зарубежья, курс «Геотектоника, геодинамика и минерагения», а также лиц, интересующихся общими закономерностями размещения полезных ископаемых.

*Аннотация*

- **Цейслер В. М., Туров А. В. Тектонические структуры на геологической карте России и ближнего зарубежья (Северной Евразии): учебное пособие. М.: КДУ, 2007. 192 с.**

В книге охарактеризованы типы структурных элементов земной коры, рассмотрены общие принципы тектонического районирования земной коры Северной Евразии, даны содержания обзорных геологических и тектонических карт, а также приемы чтения карт. Показано положение важнейших горных хребтов и нагорий на геологической карте России и соседних с ней территорий Северной Евразии. Предложены задания для самостоятельного изучения структурных элементов земной коры Северной Евразии по геологическим и тектоническим картам масштаба 1:5000000 – 1:10000000. Для заданий, предусматривающих составление тектонических схем, предложены условные обозначения и списки главных структурных элементов. Приведены сведения, необходимые для распознавания перечисленных структурных элементов на геологической карте. Несколько заданий предусматривает составление проектных разрезов скважин, а также геологических разрезов через древние платформы. Приведены рекомендации по содержанию реферативного обзора по геологии крупных регионов России и смежных территорий, дан список рекомендуемых картографических материалов и монографических изданий по региональной геологии.

Книга рассчитана на студентов геологических специальностей вузов и техникумов и может служить справочником-путеводителем по геологической карте для лиц, занимающихся региональной геологией Северной Евразии.

#### *Аннотация*

Два завершающих список издания, несомненно, выходят за рамки узкоспециальных вопросов, рассматриваемых в издаваемом сборнике. Однако тем полезнее (при своем существенном тираже) они могут быть для желающих «освежить» свои геологические познания. Аннотируя пособия, «необходимые и достаточные» для рассматриваемого круга вопросов, редакция обращает внимание читателя на издательство «Книжный дом «Университет»», взявшее на себя нелегкий труд широкого тиражирования и распространения геологической литературы. Адрес издательства «КДУ»: 119234, г. Москва, а/я 587. [www.kdu.ru](http://www.kdu.ru)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внимательно познакомившийся с предлагаемым выпуском сборника читатель, скорее всего, обратит внимание на разноплановость (многовекторность) помещенных в нем публикаций. Это проявлено во всем – от посвящения отдельных разделов крупным личностям, оставившим заметный след в разных геологических дисциплинах (Г. Е. Рябухину и В. Н. Шванову), до последнего раздела, который может быть сравнен с микститом.

В перечисленном можно видеть как положительные, так и отрицательные стороны. Переходя на синергетический «сленг», сборник после полученной встряски, еще находится в состоянии хаоса и путем самоорганизации пытается выйти на новый порядок. Надеемся, что это ему удастся, и будем способствовать реализации данного процесса.

*Редколлегия*

Уважаемые коллеги!

Редколлегия межвузовского научного тематического сборника «Литология и геология горючих ископаемых», продолжающего издание сборника «Геология угольных месторождений» приступила к сбору статей для формирования очередного III (19) выпуска. К опубликованию принимают статьи, в которых рассматриваются:

- общие вопросы седиментологии;
- литология нефтегазоносных и угленосных толщ;
- геология угольных месторождений;
- вопросы, связанные с оценкой и использованием угольных ресурсов.

Сборник предполагается посвятить юбилейным 100-летним датам со дня рождения известнейших исследователей осадочных толщ и связанных с ними горючих полезных ископаемых:

- профессора Ростовского гос. университета **Егорова** Александра Ивановича (1909-2004);
- профессора Московского гос. университета **Крашенинникова** Григория Федоровича (1909-1992).

Срок принятия статей – до 31 марта 2009 г.

Адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, УГГУ, каф. ЛГГИ,  
Алексееву В. П.

Тел. для справок: 8(343)257-65-56. Факс: (343)257-75-54.

E-mail: igg.lggi@ursmu.ru (только для обмена информацией).



## Основные требования к оформлению статей

1. Объем статьи – до ½ п. л. (не более 10 – 12 стр.). Авторство допускается в одной статье и еще в одной – соавторство. Предпочтение отдается сотрудникам вузов.

2. Статьи должны быть представлены в виде файла (формат Microsoft Word 6.0/7.0/97) на дискете 3½ и в виде копии на бумажном носителе (бумага формата А4). Основной текст: шрифт Times New Roman Cyr; размер шрифта (кегель) – 14, в таблицах – 12; межстрочный интервал – 1.0; переносы в тексте не ставятся. Поля на странице 2,5 см; красная строка (отступ) 5 знаков. Текст с минимальным количеством формул, индексов, аббревиатур.

3. Рисунки четкие, штриховые, черно-белые, до 2 – 3 на статью, предельно схематизированные, размером не более 14 x 16 см, с высотой знаков не менее 2 мм. Таблицы с заголовками – до 2-3 на статью. Ссылки на использованные источники в тексте даются в квадратных скобках, например [3]. Обязательно указывается **индекс УДК**.

4. Список литературы печатается на отдельном листе, в алфавитном порядке, включает до 5 – 8 наименований, оформляется по принятым стандартам, с указанием страниц.

5. При вставке в текст формул, созданных в Microsoft Equation, высота знаков такая же, как в основном тексте.

6. К статье прилагаются сведения об авторах, включая адреса и телефоны. При наличии сведений, потенциально имеющих служебный характер, необходимо приложить акт экспертизы с заключением о возможности публикации статьи в открытой печати.

Размер шрифта (кегель)	Пример оформления статьи				
14-й	УДК. 553.94 (552.57)				
14-й полужирный 12-й	<b>И. И. Иванов<sup>1</sup>, П. П. Петров<sup>2</sup></b> <sup>1</sup> Московский гос. университет <sup>2</sup> Уральский гос. горный университет				
16-й полужирный	<b>НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ В XXI ВЕКЕ</b>				
14-й (в табл. и под- рисуночных подпи- сях – 12-й)	Текст статьи				
14-й	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК				
14-й (фамилии авто- ров или первое слово - полужирный)	1. <b>Иванов И. И.</b> Седиментология. М.: Наука, 2005. 200 с. 2. <b>Иванов И. И., Петров П. П., Сидоров С. С.</b> Закономерности осадконакопления в палеозое и кайнозое // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2003. Вып. 13. С. 13 – 20.				
14-й	Таблица 1 (вставляется в текст или прилагается на отдельной странице)				
14-й	Основные показатели				
12-й	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Индекс пласта</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Мощность пласта, м</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Индекс пласта	Мощность пласта, м		
Индекс пласта	Мощность пласта, м				
14-й 12-й	Подрисуночные подписи (прилагаются на отдельной странице) Рис. 1. Карта угленосности: 1 – изолинии мощности, м; 2 – выход летучих, %				

## СОДЕРЖАНИЕ

РЯБУХИН Георгий Евгеньевич (краткие биографические данные) . . . . .	3
<i>Зативалов Н. П.</i> Георгий Евгеньевич РЯБУХИН – многогранный и неутомимый исследователь нефтегазовых сокровищ Советского Союза и Мира, ученый, педагог и писатель . . . . .	5
* * *	
<b>К 75-летию В. Н. ШВАНОВА.</b> . . . . .	22
<i>Тугарова М. А., Якуцени В. П., Супруненко О. И.</i> В. Н. Шванов – основоположник нефтегазовой литологии в Санкт-Петербургском государственном университете. . . . .	24
<i>Фролов В. Т.</i> В. Н. Шванов и некоторые черты Ленинградской – Петербургской школы литологов . . . . .	27
<i>Петровский А. Д.</i> В. Н. Шванов – исследователь осадочных пород. . . . .	40
<i>Щербакова М. Н.</i> Памяти профессоров С.-Петербургского университета Валентина Николаевича Шванова и Николая Васильевича Логвиненко. . . . .	48
<i>Цейслер В. М.</i> Структурно-вещественный принцип выделения геологических формаций в работах В. Н. Шванова . . . . .	51
<i>Вылцан И. А., Парначев В. П., Беженцев С. А.</i> О взглядах В. Н. Шванова на развитие представлений о структурно-вещественном анализе осадочных формаций. . . . .	58
<i>Петровский А. Д.</i> В. Н. Шванов в студенческие годы (воспоминания однокурсника). . . . .	61
<b>Раздел I. Вопросы седиментологии и результаты изучения осадочных пород</b>	
<i>Макаров В. П.</i> К проблеме механизма перемещения и осаждения твердого вещества из водных потоков. . . . .	67
<i>Макаров В. П., Сурков А. В.</i> Некоторые морфологические свойства зерен в рыхлых осадочных породах . . . . .	77
<i>Тучкова М. И., Симанович И. М.</i> Классификации песчаников и типы полимиктовых песчаных пород. . . . .	86
<i>Платонов М. В., Тугарова М. А.</i> Текстуальный анализ песчаников среднего кембрия Ленинградской области и фациально-динамические аспекты их формирования. . . . .	96
<i>Савко А. Д., Золототрубова Е. В.</i> Песчаные породы и связанные с ними полезные ископаемые аптского яруса Воронежской антеклизы. . . . .	105

<i>Шульга В. Ф., Котасова А., Котас А.</i> Литолого(фациально)-палеоэкологический анализ карбоновой угленосной формации Львовского палеозойского прогиба. Статья 2. Анализ терригенных толщ с растительными остатками . . . . .	116
<i>Кузнецов В. Г.</i> Специфические черты протерозойского карбонатакопления как отражение своеобразия протерозойской биоты. . . . .	134
<i>Шеболкин Д. Н.</i> Карбонатные обломочные породы в венлоке Приполярного Урала. . . . .	154

## **Раздел II. Осадочные последовательности и вопросы нефтегазовой литологии**

<i>Фортунатова Н. К.</i> Отражение структуры карбонатных тел надпородного уровня организации в их седиментационной цикличности. . . . .	161
<i>Шишлов С. Б.</i> Элементарные литомы сероцветных эпиконтинентальных формаций. . . . .	169
<i>Мизенс Г. А.</i> Средне- и верхнепалеозойские обломочные породы юга Урала как индикаторы палеотектонических и палеогеодинамических обстановок. . . . .	183
<i>Копорулин В. И.</i> Минерально-петрографическая и петрохимическая характеристика ранне-среднекембрийского островодужного комплекса Западного Саяна (верховья р. Абакан). . . . .	196
<i>Бирюкова М. А.</i> Литолого-фациальная характеристика отложений ванаварской свиты юго-западного склона Байкитской антеклизы (Сибирская платформа). . . . .	206
<i>Кудаманов А. И.</i> Влияние условий осадконакопления в валанжине на коллекторские свойства отложений Сургутского свода Западно-Сибирской плиты. . . . .	219
<i>Сухарев А. И.</i> Метасоматиты верхней части осадочного чехла Большехетской мегасинеклизы. . . . .	226
<i>Серков В. А., Алексеев В. П., Кузьмина Т. М., Пироженко В. А.</i> Нейросетевые технологии анализа геолого-геофизических данных . . .	231

## **Раздел III. Осадочные бассейны и горючие полезные ископаемые (от локализации до утилизации)**

<i>Запивалов Н. П.</i> Морская нефть – новая веха Человечества. . . . .	240
<i>Бурлин Ю. К.</i> Вещественный состав осадочных формаций в нефтегазоносных бассейнах переходных зон континент - океан. . . . .	254
<i>Тимофеев В. А.</i> Нефтегазоносность палеозойского комплекса Предкавказья. . . . .	265
<i>Маслов А. В., Биглов К. Ш., Ронкин Ю. Л.</i> Неорганическая геохимия нефтей ряда регионов России: опыт сопоставления. . . . .	276

<i>Алексеев В. П.</i> О проявлении нелинейности в геологии горючих ископаемых угольного и нефтяного рядов. . . . .	288
<i>Полянский Б. В.</i> Триас-юрские угленосные формации континентальных окраин Среднего Востока и граница литосферных плит. . . . .	302
<i>Макаренко Г. Л.</i> Геологические аспекты формирования состава и строения залежей торфяных месторождений лесной зоны. . . . .	313
<i>Макаренко Г. Л., Овчарова Н. В.</i> Геосистемная оценка условий залегания выработанных торфяных месторождений Тверской области. .	322
<i>Тарасенко И. А., Тарасова Т. В., Зиньков А. В.</i> Гидрогеологические особенности Ургальского каменноугольного месторождения. . . .	331
<i>Кизильштейн Л. Я.</i> Золоотвалы угольных ТЭС – техногенные месторождения ценных компонентов. (Сообщение 2. Магнетитовые микрошарики). . . . .	337

\* \* \*

Судьба геолога-угольщика (Биографический очерк к 75-летию А. М. Сухорукова). . . . .	343
Письмо из «далека». . . . .	351
<i>Лапо А. В., Евдокимова Н. К., Власов В. М., Дроздова И. Н., Клитина Л. В.</i> Александр Васильевич ПАВЛОВ (1930-2007). Прощальное слово. . . . .	358
Ни книжную полку. . . . .	370
Заключение. . . . .	375

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 II (18)

Редактор Л. В. Устьянцева  
Компьютерная верстка Н. В. Устьянцевой

Подписано в печать      Бумага офсетная      Формат 60 x 84 1/16  
Печать на ризографе. Печ. л. 23,75 Уч.-изд. л.27,0 Тираж 200 экз. Заказ №

---

Издательство Уральского государственного горного университета  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ООО «ИРА-УТК»,  
620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42