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

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Екатеринбург
2011

Министерство образования и науки
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Межвузовский научный тематический сборник

Выпуск V (21)

Екатеринбург
2011

УДК 552.5 + 553.9
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, 2010. Вып. V(21). 262 с.

В очередном выпуске сборника освещен обширный спектр проблем и вопросов, связанных с изучением осадочных бассейнов и содержащихся в них горючих ископаемых. Значительное внимание уделено методологии седиментологических исследований. Приведены новые сведения по вещественному составу отложений и геологическому строению ряда объектов, включая промышленно значимые.

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

Печатается по решению Редакционно-издательского совета УГГУ

Редакционная коллегия:

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

На обложке – СТИХИЯ ЗЕМЛИ: masterveda.ru

© Уральский гос. горный университет, 2011

© Авторы, постатейно, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Представляемый сборник традиционно структурирован в несколько разделов, в большей степени повторяющихся из выпуска в выпуск. Некоторым его отличием от предыдущих является включение нескольких статей с существенно бóльшим объемом, нежели определенно традиционными правилами оформления рукописей. Такой подход во многом продиктован общим уменьшением количества присланных работ, что связано с рядом объективных (для издаваемого «ежегодника») причин.

К ним относятся:

- почти полная ликвидация такого направления, как «угольная» геология, или геология твердых горючих полезных ископаемых;
- значительное увеличение как регулярно выходящих, так и регулярно издаваемых журналов, сборников, материалов совещаний и другой печатной продукции;
- экспоненциально выросшая значимость публикаций, по т. н. «Перечню ВАК», в который издаваемый сборник не входит и входить не будет.

Редколлегия позволяет себе надеяться, что некоторое сокращение обхема сборника не повлияло на его качественный уровень. Как обычно, очередной выпуск сопровождается рядом материалов, имеющих хроникальный характер. Также тражиционно в конце сборника помещено приглашение к участию в следующем выпуске, запланированному на 2012 год, конец которого обещает быть, согласно некоему календарю, довольно интересным.

Раздел I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЛИТОЛОГИИ

УДК 552.5(551)

В. П. Алексеев[1], Э. О. Амон[2]
[1] Уральский гос. горный университет, [2] Институт геологии и геохимии УрО РАН

«РАМОЧНЫЕ» ГРАНИЦЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТУАЛИЗМА В СЕДИМЕНТОЛОГИИ

Середина XX века охарактеризовалась активной полемикой сторонников и противников использования при изучении осадочных пород *принципа и метода актуализма*[1]. Наибольшей остроты она достигла во время проведения Совещания по осадочным породам (17-24 ноября 1952 г.), на котором были подведены итоги предшествовавшей дискуссии на страницах журнала «Известия АН СССР, серия геологическая». Упрощая суть разногласий между двумя противоборствующими группировками, возглавляемыми Л. В. Пустоваловым и Н. М. Страховым, поясним, что фокус полемики был сосредоточен на возможности применения при изучении осадочных толщ принципа актуализма, в общем виде формулируемого следующим образом: «Настоящее есть ключ к познанию прошлого». После оживленного обсуждения принято Решение совещания, в котором совершенно справедливо констатировано *отсутствие* в советской литологической науке двух разных идейных направлений. Совещание подтвердило *правомерность* сравнительно-литологического метода, основы которого были разработаны Н. М. Страховым на актуалистическом принципе, и отметило неправильное отношение к этому вопросу Л. В. Пустовалова. В то же время Совещание не согласилось с тем, что в основу литологической теории должно быть положено изучение современного осадконакопления, как это прежде предлагалось Н.М.Страховым, и указало на ошибочность этого положения [19].

[1] Википедия сообщает, что «Актуализм, иначе униформизм (нем. *Aktualismus*, англ. *Uniformitarianism*, исп. *Uniformismo*) – является **основным** научным методом в геологии» (выделено нами – *В. А., Э. А.).* Актуалистические идеи были впервые изложены в 1795 г. шотландским геологом Джеймсом Хаттоном в работе «Теория Земли» и позднее развиты Чарльзом Лайелем в его главном труде «Принципы геологии» (1830 г.). Лайель связал свои методологические правила с теорией постепенности изменений (градуализмом). Надо полагать, что именно актуалистические и градуалистические воззрения привели Лайеля к ряду не просто ошибочных, но абсурдных выводов, вопреки имеющимся и известным ему фактам. Так, Лайель утверждал, что в геологической истории Земли никогда не существовали фазы повышенной природной активности (иначе катастрофы), отрицал возможность того, что когда-либо наша планета находилась в состоянии расплавленной материи, а также провозглашал, что на Земле всегда существовали континенты и океаны (приблизительно в неизмененном состоянии).

Анализ потока современной отечественной и зарубежной геологической литературы показывает, что острота постановки проблемы, несмотря на прошедшие более чем полувека, не снята. Актуалистические представления в последние два десятилетия самым широким образом используются в седиментологических построениях. Примеров тому много. К чрезмерно-гипертрофированному использованию принципа актуализма прибегают в «модных» секвенс-стратиграфических[2] реконструкциях, находя секвенсы, скажем, в докембрийских осадках [28]; поразительно также то, что клиноформное залегание *морских* по генезису тел кластолитов «распознается» в юрском *внутриконтинентальном* осадочном бассейне Западной Сибири [4]. Неплохой иллюстрацией гиперболизации актуалистического метода (генетические заключения, подгоняемые под идею, почерпнутую из британо-американской литературы) могут служить модельные представления об «эстуариевом» генезисе песчаных пластов-коллекторов аптской викуловской свиты центральных районов Западной Сибири [16].

Рассмотрение проблемы показывает, что во многих случаях при гиперболизации актуалистического подхода исследователи не оговаривают специально граничные условия применения метода, иными словами не формулируются ограничивающие рамки, в которых умозаключения, делаемые при интерпретации исходных данных, могут быть признаны достоверными и доказательными.

Первое и, пожалуй, единственное качественно выполнение исследование особенностей актуалистического метода спустя четверть века после Совещания 1952 г. [19] произвел виднейший отечественный седиментолог С. И. Романовский, сжато охарактеризовав концептуальное состояние вопроса [20, с. 8-30]. Не имея целью повторять основное содержание его работы, остановимся на «узловых точках». С нашей точки зрения они особенно ценны тем, что их осмыслил крупный методолог, далекий от субъективных предпочтений, в которых часто обвиняют исследователей генезиса пород, или попросту «фациальщиков». Выполним это в порядке изложения трех основных позиций, с учетом их выдержанности и проверки прошедшим временем, также составляющим существенную величину.

> *1. С. И. Романовский констатировал две логические схемы переноса знания, полученного при исследовании современных процессов, на объекты прошлых геологических эпох. А. Прямая экстраполяция. Б. Схема по пути создания теоретической модели, с ее последующей проверкой эмпирическими данными.*

Достаточно очевидно, что исследования по схеме *А*, то есть чистый и неприкрытый униформизм в духе Ч. Ляйеля, противоречат представлениям

[2] В данной статье использовано написание слова «с*е*квенция», происходящее от лат. – sequentia – последовательность, следование. В отечественную геологическую литературу последних десятилетий термин заимствован из сейсмостратиграфии в написании «с*и*квенс» (англ. sequence – последовательность, порядок следования, ряд разных видов и содержания).

о неизменной эволюции геологических процессов. Это, в частности, и было зафиксировано в решении Совещания по осадочным породам 1952 г. (см. выше). К большому сожалению, в последние десятилетия наблюдается своего рода «рецидив» униформистских взглядов в виде прямого переноса представлений о современных процессах осадконакопления на реконструкции древних палеоландшафтов, о чем, в частности, написано В.Т. Фроловым [24]. С подобным явлением нам часто приходится сталкиваться при изучении осадочных отложений Западной Сибири – причем как со стороны зарубежных, так и отечественных литологов [2].

2. «Гипотеза или теоретическая модель, нацеленная на объяснение механизма исследуемого явления, должна удовлетворять в первую очередь требованию принципиальной эмпирической проверяемости» [20, с. 18].

С. И. Романовский одним из первых (по меньшей мере, в отечественной геологии) четко сформулировал главный методологический принцип моделирования: обязательность проверки теоретической модели новыми (эмпирическими, геологическими…) данными. Такой верификации генетических построений мы уделили большой внимание в ряде работ, в том числе [1]. В принципиальном виде такой путь показан на рис. 1.

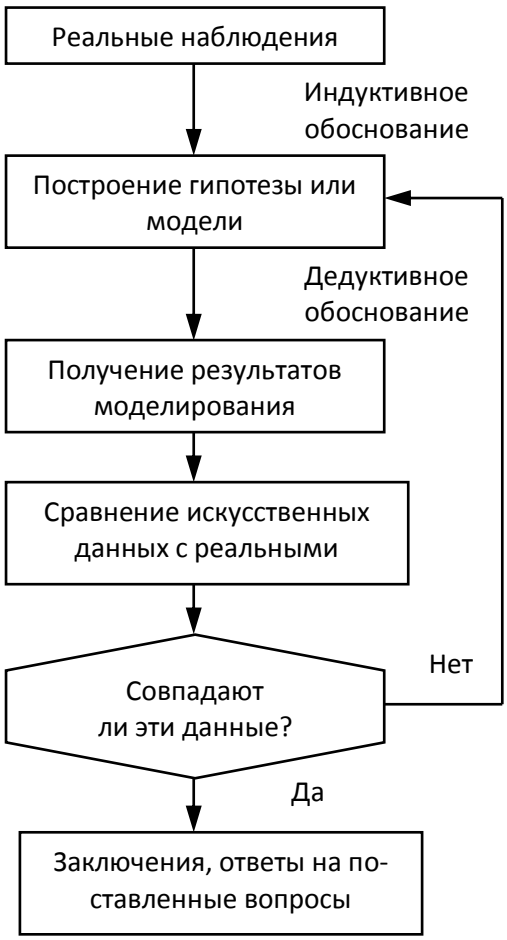


Рис. 1. Блок-схема, показывающая последовательные этапы моделирования [25].

Под искусственными данными в нашем случае понимаются новые (геологические) сведения

3. «… если актуалистический принцип познания можно рассматривать как своеобразную методологическую основу при реставрации геологических процессов прошлого, то фациальный анализ является конкретно методическим воплощением этого принципа, нацеленным на его практическую реализацию» [20, с. 19].

Особо отметим, что подлинный фациальный анализ представляется нам исключительно в его *индуктивной* реализации (от частного – к общему). Несоблюдение такого подхода приводит к парадоксальной ситуации, описанной в работе авторитетного геофизика (!) Ю. П. Ампилова.

«По результатам собственных работ, на основе литературных данных и используя доступные материалы РОСГЕОЛФОНДА, было проанализировано 47 объектов опережающего сейсмофациального анализа, после которого было произведено поисковое, разведочное или эксплуатационное бурение. Среди них были объекты в Западной Сибири, Волго-Уральской провинции, на шельфе Баренцева и Печорского морей, а также на шельфе Южной Африки и Индии. Из 47 случаев только в 17 наблюдалось 100%-е подтверждение гипотезы, основанной на результатах сейсмофациального анализа. Это действительно был риф, русловые отложения и т. п. (кстати, далеко не всегда они были продуктивными). Еще в 14 случаях результативность прогноза была неопределенной. К примеру, это оказывались песчано-глинистые отложения, но русловые или нет, по результатам бурения одной скважины окончательно не ясно. В остальных 16 случаях прогноз был отрицательным: это были породы другого генезиса» [5, с. 84-85].

Дедуктивная же реализация, иными словами подгонка под некие существующие общие представления, «втаскивание в прокрустово ложе» сейсмообразов фаций, якобы адекватных реальным эмпирическим данным, существенно повышают вероятность ошибочной интерпретации. Как видно из приведенного выше примера, не менее трети проведенных реконструкций ошибочны, не соответствуют действительности.

Основываясь на перечисленных положениях, и исходя из необратимости и эволюционности геологических процессов, определим и установим «рамочные» границы в использовании метода актуализма, в виде трех векторов направленности. Отдельные аспекты векторов перепроверим с позиций современной логики[3] и методологического анализа.

1. **Временно́й вектор**, освещенный в большом количестве именно фациальных работ, устанавливающий временные границы, за пределами которых индуктивно-экстраполяционные суждения становятся все менее обоснованными и доказуемыми. Учитывая, что это положение является краеугольным камнем специального направления – исторической геологии

[3] Речь идет о современной модальной логике [21 и др.], а не о классической формальной [10 и др.], остановившейся в своем развитии в Средневековье. Надо полагать, именно формальная логика служила основанием Ч. Лайелю и другим выдающимся геологам XIX века основанием для выдвижения своих теоретических положений.

s. l., ограничимся показом эволюции процессов в осадконакоплении на примере интенсивности нефтеобразования (рис. 2). Из него со всей очевидностью следует этапность нефтеобразования с первым максимумом в позднем палеозое, и вторым – в мезозое, с десятикратным увеличением интенсивности процесса. Наиболее вероятным фактором данного явления представляется *эволюция* в развитии Земли. Так, Т. К. Баженова [6] считает, что эволюция нефтегазообразования в истории Земли – процесс филогенетический, внутренним движущим фактором которого является развитие биосферы. Основу захороняемого в осадках органического вещества (ОВ) со времен докембрия представляет фитопланктон, обладающий высокой долей липидов, служащих источником углеводородов. В среднем палеозое в фоссилизированном ОВ существенная роль принадлежит зоопланктону. С появлением низколипидных макрофитов, создавших гумусовое ОВ в осадках, существенно возрос газогенерационный потенциал ОВ в целом. Заметим, что, несмотря на то, что нефть – это в основном детище фитопланктона, существующего и по ныне, состав его в разные геологические эпохи был разным: в докембрии – доминировали цианофиты, в палеозое – акритархи и зеленые водоросли, с юры – динофиты, с мела – динофиты и диатомеи (рис. 3).

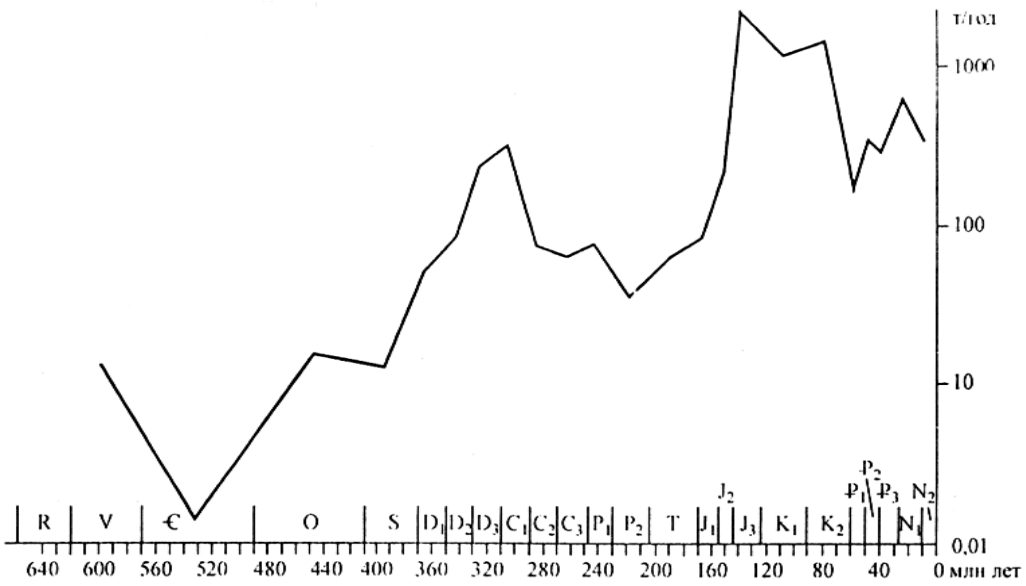


Рис. 2. Эволюция интенсивности нефтеобразования в истории Земли [7]

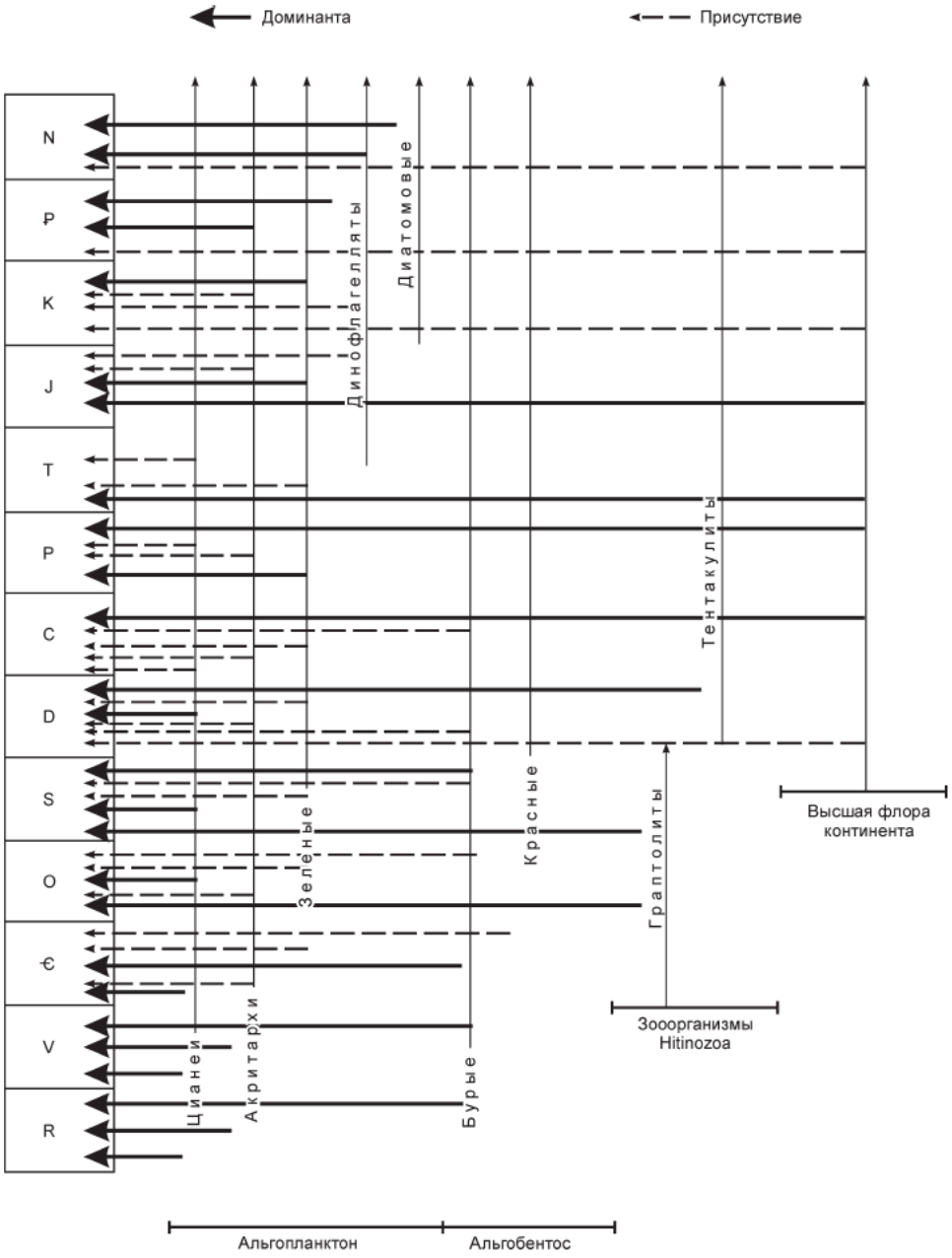


Рис. 3. Биоценотический состав исходного ОВ в нефтегазоматеринских горизонтах различного возраста [6]

Добавим к этому хрестоматийную ситуацию, связанную с возникновением растительного покрова на суше только в середине палеозоя. Соответственно, до этого времени отсутствовали линейно протяженные, закрепленные в пространстве водотоки (реки). Л. Ш. Давиташвили, рассматривая условия образования девонского красного песчаника, образно описывает палеогеографическую обстановку следующим образом. «В раннем и среднем девоне молодые каледонские горные сооружения не имели таких «хранителей вод для рек» (в виде горных лесов. – *В. А., Э. А.*), не было тогда мощного регулирующего фактора, и процессы разрушения и сноса

должны были протекать совершенно иначе, чем теперь, крайне неравномерно, временами чрезвычайно бурно, интенсивно, в таких масштабах, какие позже (например, в мезозое) в связи с дальнейшим прогрессом флоры стали невозможными» [1, с. 185].

Не раз отмечалось, что изучая геологическую летопись как, например, историю фациальных систем, геологи с закономерностью приходят к выводу, что современный этап геологического развития отличается от предыдущих повышенной контрастностью, динамизмом, неравновесностью факторов среды осадочного процесса. Д. К. Патрунов [18] подчеркивал, что чем дальше мы продвигаемся в глубь геологического времени, тем слабее становятся проявления дифференцированности континентального и океанического ландшафтных секторов, тем больше роль мелководных бассейнов с гипертрофированными переходными зонами и неглубокими впадинами с застойным режимом, так же как прогибов с проградирующими склонами.

Весьма показательна в качестве примера геологическая история аноксийных обстановок морских вод. В докембрии придонная аноксия мелководных бассейнов проявлялась в ассоциации водорослевых карбонатов с углеродистыми осадками, бескарбонатными или содержащими доломит, иногда сидерит. Граница окислительной и восстановительной среды, возможно, располагалась на глубине лишь нескольких метров [18]. В палеозое и мезозое расширялись поверхностный аэробный и промежуточный дизаэробный слои водной толщи углублявшихся бассейнов, которые объединялись в системы протяженных ранних океанов. В условиях плотностной стратификации и вялой гидродинамической активности выпаривание морских вод приводило к внутриморской эвапоритовой седиментации, что особенно характерно для палеозоя.

Для мезозойского времени характерен динамизм расслоения морских вод по степени аноксии. Аноксийные события в связи с подъемом верхней границы бескислородных вод до глубин мелководного карбонатонакопления вызывали эффект затопления карбонатных платформ. Только с установлением устойчивой термогалинной циркуляции с середины миоцена аноксийные события, оказывавшие большое воздействие на состояние и развитие морской среды, утрачивают свое значение [18].

Обратим внимание, что здесь косвенно указано на временно́й предел действия актуалистического подхода – средний миоцен, это примерно 14 млн лет назад. Разумеется, возможны совершенно различные оценки такого предела в зависимости от смыслового содержания (контента). Хрестоматийным является формирование густого растительного покрова на суше только начиная с позднего девона (и то локально): см. выше. Поэтому в пределе (lim) палеогеографические реконструкции с «прямым» актуалистическим подходом можно отодвинуть до визейского яруса раннего карбона, это примерно 345 млн лет. По мнению Ю. Б. Гладенкова [9] кайно-

зойская шельфовая экосистема Северной Пацифики представляется для изучения палеоэкосистем одной из наиболее благоприятных в связи с возможностью использовать для ее анализа метод актуализма при относительно значительной длительности ее геологической истории – около 70 млн лет.

Еще раз повторим, что временной вектор базируется на фундаментальном принципе необратимости геологического развития планеты Земля и ее биосферы. Наиболее отчетливо это понимают биостратиграфы, так, в частности, в стратиграфии был выдвинут принцип объективной реальности и неповторимости (уникальности) стратиграфических подразделений: «Стратиграфические подразделения (стратоны), представляя реальный результат геологических событий, объективно отражают суть этих событий и не повторяются во времени и в пространстве» [22, с. 48].

Вместе с тем, это знание о необратимости гео-биологической эволюции планеты Земля, уникальности, неповторимости событий, для многих специалистов является как бы фоновым, представляется самоочевидным и не заслуживающим особого внимания. В логике и теории коммуникаций кажущиеся самоочевидными положения и умозаключения называют «энтимемами» (греч. «эн тиме» – в уме) [21]. Их возникновение и широкое распространение связано с естественным стремлением к лаконизации языка и текста, экономии в мышлении используемых средств. Однако подобное стремление если вполне допустимо в обыденной в жизни, то в научной деятельности с ее повышенной требовательностью к строгости и логичности доказательств, не всегда приемлемо. Дело в том, что в энтимемах опущен ряд исходных посылок и вследствие этого иногда трудно ответить на вопрос, отсутствует ли между посылками и заключением необходимая логическая зависимость или же эта зависимость камуфлирована неочевидными пропусками каких-то элементов логических операций. С другой стороны, в некоторых ситуациях энтимематические умозаключения предоставляют свободу в выборе недостающих посылок, при этом одна и та же энтимема может быть развернута в умозаключения разного типа. Наконец, при коммуникации следует иметь в виду, что разные люди могут обладать неодинаковым запасом знаний и разными навыками мышления; очевидное (подразумеваемое) для одного бывает далеко не очевидно для другого. Такие особенности энтимем, малоизвестные широкой научной общественности, способны привести к ошибочным или ложным выводам, порой абсурдным заключениям.

С подобного рода вольными или невольными заблуждениями сталкиваешься при анализе формирования секвенс-стратиграфических конструктов в геокартировании, впервые разработанных американскими геологами-нефтяниками на базе сейсмостратиграфии в 60-70-х гг. XX века и далее развитыми специалистами разных стран (работы Боума, 1962, Слосса,

1963, 1972, Вейла, 1977, Хака и Харденбола, 1987, Ван Вагонера, 1990, Хенфорда и Лука, 1993 и др.) [8].

Надо полагать, что П. Вейлу, его коллегам и последователям [29, 30 31] представлялось самоочевидным, что эвстатические изменения уровня моря и связанные с ними секвенсы, характерны именно для того состояния Мирового океана, который они рассматривали (мезозойская океаносфера). И действительно, секвентная стратиграфия превосходно работает в мезозойских осадочных бассейнах – великолепный пример дан Б. Н. Шурыгиным с коллегами для васюганского горизонта юго-востока Западной Сибири (келловей – верхняя юра) [27], или Р. Р. Габдуллиным с коллегами для сеномана Крыма [8].

Вероятно, столь же самоочевидным представлялось Н. Кристи-Блику с коллегами [28 и др.] и другим исследователям, что секвентная стратиграфия может быть с успехом применена к протерозойским отложениям запада США и центральной Австралии. Однако эти «самоочевидности» существенно различаются, и, в полном соответствии со свойствами энтимем в свободе выбора недостающих посылок, неверный тезис о равенстве (тождестве) протерозойского и мезозойского океанов стал базисом для постройки секвенс-стратиграфических моделей в протерозойских осадочных бассейнах. Нет нужды как-то особо описывать громадные различия между докембрийской и мезозойской океаносферами – интересующиеся могут обратиться к известным изданиям [14 и др.].

Отрадно, что отечественные исследователи (не исключено, что не все!) пока воздерживаются от подобных чрезмерных экстраполяций, хотя, может быть, и с внутренним сожалением: «Не нашли пока применения в изучении осадочных ассоциаций типового разреза рифея [на Урале] и всей Волго-Уральской области приемы и методы, используемые при секвенс-анализе, под которым понимается изучение последовательностей тем или иным образом организованных фаций и ассоциирующих с ними поверхностей несогласий» [15].

2. **«Латеральный»** или сравнительно-пообъектный вектор, заключающийся в желательном сравнении объектов одной или близких эпох осадконакопления. Тем самым минимизируется влияние первого вектора. В итоге, в понимании Е. В. Шанцера, принцип актуализма начинает пониматься как «прошлое есть ключ к познанию настоящего» (!) [20, с. 11], и такая трактовка наиболее близка к сравнительно-историческому методу. Данному вектору наиболее близки положения, изложенные в работе Л. Ш. Давиташвили. «Устья таких потоков (дающие в итоге толщи с мощностью во много сотен метров и километры – *В. А., Э. А.*) позднепермской эпохи не могли образовать дельт в обычном смысле слова, но при впадении в море давали, по всей вероятности, сплошную, тянувшуюся вдоль морского берега полосу осадков, к которым ближе всего стоят из типов нынешних осадков именно дельтовые. Поэтому пока нет специального термина, мы

можем условно называть верхнепермские «пестроцветы» дельтовыми отложениями палеозойского типа, или палеодельтовыми, помня, что они существенно отличаются от отложений настоящих дельт, которые мы наблюдаем в современную нам эпоху» [11, с. 192].

Важно заметить, что латеральный вектор в неявном виде уже довольно давно используется в стратиграфии в виде «принципа хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков С. В. Мейена», выдвинутого в 1974 г. [17]. В изложении [26, с. 30] принцип формулируется так: «Хронологически тождественными или взаимозаменяемыми являются такие стратиграфические признаки, которые отражают следы одной и той же геосистемной перестройки» (рис. 4).

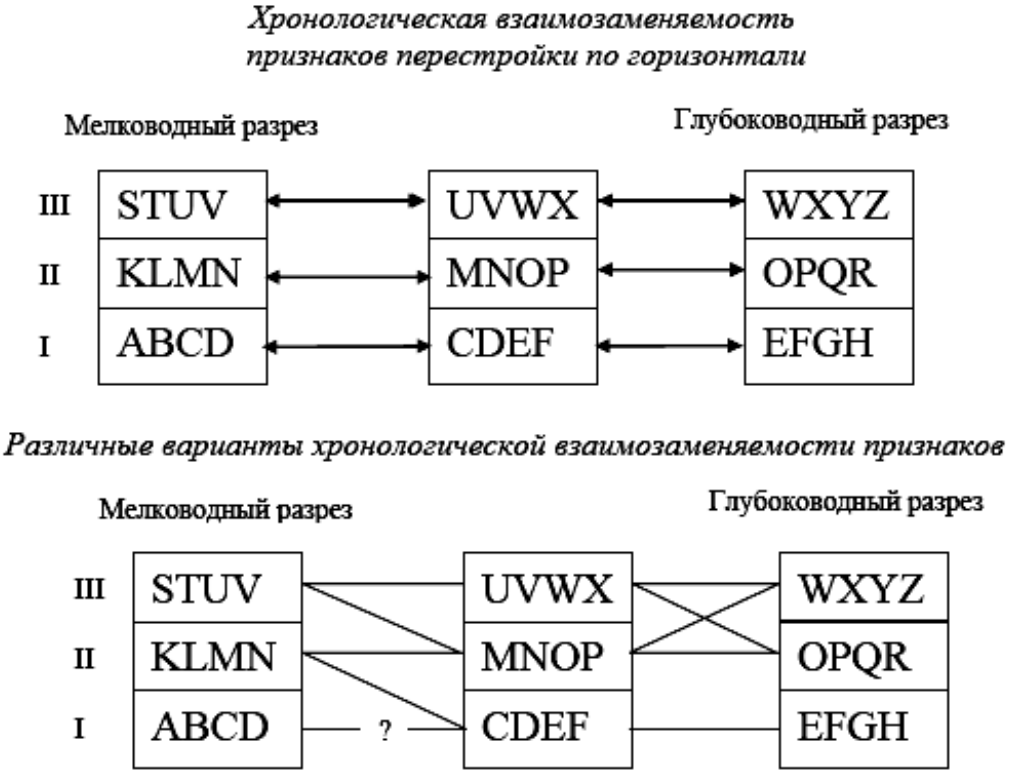


Рис. 4. Иллюстрация принципа хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков С.В. Мейена, литеры – стратиграфические признаки [26]

Принцип Мейена, или как его нередко называют «принцип ХВП», основан на каузальном (причинном) подходе в стратификации геосистем. Поступающий в геосистему извне сигнал (например, похолодание или изменение солености) отражается одновременно во всех признаках или элементах экосистемы. Прослеженные по горизонтали признаки одной и той же перестройки можно считать хронологически взаимозаменяемыми. В реальности же на одни и те же сигналы (воздействия) элементы геосистем реагируют по-своему и в результате появляются различные варианты хронологической взаимозаменяемости признаков. Выбор из них одного ос-

новного связан с решением вопроса веса признаков, при этом признаки, связанные отношением взаимозаменяемости (хронологической тождественности), являются наиболее весомыми. Приходится также комплексировать признаки, т. к. несколько недостаточно надежных показаний, будучи скомплексированными, дают одно надежное. Принцип ХВП особенно важен при корреляции частных разрезов с эталонными [26].

Вместе с тем, как хорошо видно из приведенных разъяснений, принцип ХВП и латеральный вектор требуют немалого труда в корректном применении и исполнении, и во многих случаях выступают *ad hoc*, иными словами, не являются всеобщими. Это скорее пожелание, чем неукоснительно соблюдаемая норма. Связано это с обязательным и перманентным измерением веса *всех* признаков, доступных в исследовании, и нет гарантий, что какой-либо из признаков не попал в поле внимания про причине технических, технологических или иных затруднений. Здесь отчетливо проступает ограничивающий, «рамочный» характер вектора – полученный вывод возможен и действителен только для той суммы (поля) признаков, которые были задействованы в исследовании, и не более того. Любое произвольное (не оговоренное специально) изменение поля признаков, либо путем изъятия какого-то признака (пусть даже самого ничтожного), либо путем добавления новых, должно считаться нарушением адекватности вывода исходным характеристикам объекта, процесса, явления.

Обратим внимание также на следующее. В науке, как особом виде познавательно-коммуникативной деятельности, огромное значение имеет *доказательство*, понимаемое как интеллектуальная операция (и ее результат), состоящая в установлении истинности некоторого суждения посредством его выведения из других суждений, истинность которых полагается установленной до этой операции и независимо от нее [21].

В сравнительно-побъектном векторе доказывание и доказательство играют исключительно важную роль, поскольку в цепи попарно проводимых сравнений (по неопределенному числу признаков и итераций) недопустимы ложные или недоказанные звенья. Устанавливаемую принадлежность/непринадлежность объектов p к классу S, а объектов q к классу M всякий раз необходимо обосновывать посредством правильно проведенных (в логическом смысле) доказательств. С этой точки зрения хотелось бы предостеречь исследователей от наиболее распространенных логических ошибок, относящихся к доказательству.

При всем многообразии доказательственных процедур в каждом доказательстве можно обнаружить три элемента: тезис, аргументы (основания), демонстрацию.

Правила и ошибки, относящиеся к тезису. Из комплекса правил этой группы наибольшее значение имеют требование максимально возможной *точности* в формулировке тезиса, а также принцип, согласно которому тезис должен оставаться *неизменным* в продолжение всей операции. Ошибка,

проистекающая из нарушения последнего правила, называется: подмена тезиса. Ее суть состоит в том, что выдвинутый в начале операции тезис по ходу доказательства вольно или невольно заменяется другим. С психологической точки зрения подобные (зачастую малозаметные) смещения могут вызываться субъективной уверенностью в достоверности доказываемого. На деле, однако, это нередко приводит к тому, что желаемое выдается за действительное [21].

Правила и ошибки, относящиеся к аргументам. Любая выводная операция приобретает доказательную силу только в случае истинности исходных суждений. С необходимостью вытекающее из этого факта правило истинности аргументов заложено в природе доказательства. Надежность процедур доказывания в этом плане связана с познавательным статусом аргументов, в качестве каковых используются суждения об удостоверенных фактах, аксиомы, определения, ранее доказанные суждения. Несостоятельность последнего приводит к тому, что в доказательстве появляется ошибка, которая называется: ошибка недоказанного основания.

Существует любопытная ошибка – круг в доказательстве. Ее логический механизм ясен из следующего: суждение p играет роль тезиса в доказательстве D_n, среди аргументов которого имеется суждение q; в операции же D_{n-1} где q является тезисом, в качестве одного из аргументов используется p. Получается, таким образом, что p доказывается при помощи q, а q – при помощи p. Принцип, предостерегающий от такой ошибки, называют правилом доказательственной независимости аргументов [21].

Нет необходимости в дополнительных разъяснениях по поводу существа логических ошибок в доказательстве, однако можно дать иллюстрацию. И. Д. Исаев с коллегами сообщил о том, что на территории Шаимского региона Западно-Сибирской плиты в пелитолитах верхней юры (даниловская свита) выявлены карбонатные конкреции, представляющие собой строматолитовые постройки, образованные в процессе жизнедеятельности симбиотических сообществ бактерий и сине-зеленых водорослей. Строматолитовые маты – признак крайней мелководности, что позволяет предположить мелководный генезис образования всех пелитолитов, содержащих бухии, иноцерамы, аммониты, белемниты, залегающие выше по разрезу [14].

В таком суждении о мелководности слабость доказательной базы состоит в том, не соблюдено требование максимально возможной точности формулировки и произведена подмена тезиса. Так, согласно классике, строматолиты – это фоссилизированные остатки *цианобактериальных* матов, формировавшиеся на дне мелководных бассейнов, наиболее характерные для докембрийских толщ, в частности для рифея Урала [21]. Поскольку И. Д. Исаевым не приведено никаких данных о том, что желваковидные и ветвящиеся образования в даниловской свите сформированы именно

цианеями, а не другими микроорганизмами, то именно строматолитовая природа таких образований ставится под сомнение.

Далее, исходя из приведенного фактического материала видно, что найденные в скв. 226 строматолитовые? образования находятся в интервале глубин 2172,5-2176,5 м [13]. Согласно нашим данным верхний контакт даниловской свиты на северо-западе Шаимского района проходит в интервале глубин 1605-1905 м [4], отсюда становится ясно, что находки строматолитов? относятся к нижней части свиты (васюганский горизонт). Тем не менее, вывод о мелководности распространен на все пелитолиты даниловской свиты («мелководный генезис образования всех пелитолитов, содержащих бухии, иноцерамы, аммониты, белемниты, залегающие выше по разрезу» – [13, с.8]), включая ее верхнюю часть относящуюся к баженовскому горизонту. На самом же деле, глубины этой акватории баженовского моря Западной Сибири были никак не меньше 200-400 м [12 и др.]. Таким образом осуществлена подмена тезиса – то, что свойственно только низам даниловской свиты (васюганский горизонт) перенесено на верхи свиты (баженовский горизонт), и желаемое выдано за действительное.

Любопытный пример круга в доказательстве можно обнаружить в статье А. Л. Медведева с коллегами, посвященной комплексу заполнения речных долин в продуктивных пластах викуловской свиты Каменного месторождения центральных районов Западной Сибири [16]. Так, здесь выводное суждение о нефтеперспективности верхов викуловской свиты обосновывается и доказывается: существованием осадочного комплекса заполнения (аргумент *a*) врезанных речных долин (аргумент *b*), долины, в свою очередь, наличием речной сети (аргумент *c*), снижением базиса эрозии (аргумент *d*), колебательной эвстазией (аргумент *e*), а эвстазия – перепадом глубин и наличием комплекса заполнения (аргумент *a*).

3. **Методологический**, заключающийся в необходимости индуктивного подхода к изучению осадочных толщ. К отмеченному выше добавим цитату, которую мы нередко используем в качестве оптимального образца индуктивных исследований. «Детальное изучение и описание разреза в обнажении или по керну, составление литологической колонки, определение литогенетических типов и фаций, выделение циклов, составление литогенетических профилей по участкам и районам, составление межрайонных фациальных профилей и, наконец, построение фациальных и палеогеографических карт – таков путь анализа и обобщения материалов исследования, с постоянной взаимной, так сказать «обратной» проверкой исходных данных и предыдущих построений и выводов» [23, ч. 1, с. 120].

Можно посоветовать исследователям более четко представлять себе, что являет собой индукция в научном и логическом смыслах, поскольку именно индуктивным путем следуют друг за другом рассуждения при построении адекватных ретроспекций в палеогеографии, палеотектонике и др. В логике умозаключения, в которых посылки по степени общности

превосходят заключение (и, следовательно, мысль движется от более общего к менее общему), получили название дедуктивных или просто дедукции (лат. *deductio* – выведение)[4]. Выводы же, в которых, напротив, заключение представляет собой суждение большей степени общности, чем посылки, называют индуктивными или просто индукцией (лат. *inductio* – наведение). Выводы, в которых количественные характеристики посылок и заключения одинаковы, иногда выделяют в особый класс и именуют традуктивными (лат. *traductio* – перемещение).

Для *полной* индукции свойственно то, что если заключение имеет вид общеутвердительного (Все *S* есть *P*) или общеотрицательного (Ни одно *S* не есть *P*) суждения, то характерная черта полной индукции состоит в том, что здесь посылки должны констатировать наличие (отсутствие) признака *P* у всех без исключения объектов класса *S*. Обязательным условием этой разновидности индукции является перечисление *всех объектов* (всех ситуаций) определенного класса: если хотя бы один из них не охвачен исследованием, индукция не может быть названа полной [21].

В науке полная индукция используется весьма редко из-за своих чрезмерно жестких требований, так как применима лишь к множествам, допускающим исчерпывающий перебор некоторых элементов. Таких объектов очень немного. В геологии и других описательных науках объектом рассуждений являются, как правило, бесконечные или конечные, но неперечислимые в силу различных причин, множества, перед которыми механизмы полной индукции принципиально бессильны. Поэтому для получения общих заключений прибегают к *неполной* индукции, в ходе которой исследуется лишь часть элементов некоторого множества. Есть несколько видов умозаключений неполной индукции, отличающихся друг от друга.

Популярная индукция, относящаяся к неполным, по используемым в ней механизмам вывода похожа на полную индукцию. Здесь в посылках перечисляются некие однотипные ситуации; отличие состоит в том, что эти ситуации не исчерпывают всего класса исследуемых объектов, но заключение тем не менее охватывает класс целиком [21].

---

[4] Яркий пример движения мысли по дедуктивному пути представляют собой идеи Дж. Вудворда, изложенные в важной для истории развития геологии работе, изданной в 1695 г. Вудворд считал окаменелости остатками организмов, рассеянных во время всемирного потопа, но сходных с современными. Потоп произошел вследствие того, что по велению бога вода вырвалась из внутренности Земли. Горные породы, частично растворившиеся в воде, затем осели из вод согласно удельному весу. Разные организмы при этом оказались в различных горизонтах. Горы и долины образовались обрушением первично горизонтальных пластов. Вудворд ссылался на замерзшие трупы мамонтов в Сибири, считая их принесенными потопом. Аналогично, исходя из базовой библейской концепции, рассуждал А. Жюссье (1719 г.), описав отпечатки растений в окрестностях Сен-Шомона. Жюссье обратил внимание на то, что остатки сохранились так, как будто бы их осторожно укладывал человек. Среди остатков он не нашел современных форм Франции, все формы были «индийскими». Не допуская изменения климата, он считал, что, растения были принесены течением из Индии в ту эпоху, когда море покрывало всю Землю – следы больших наводнений были уже широко известны. Вместе с тем, трактовка Жюссье – одна из первых попыток палеогеографических реконструкций.

Популярная индукция считается недостаточно надежным видом умозаключений, поскольку само по себе перечисление однотипных ситуаций не дает гарантий того, что дополнительное исследование объектов не придет в противоречие с заключением. Приписывать выводному суждению достоверность на основании одной только повторяемости значило бы совершать ошибку, именуемую *ошибкой поспешного обобщения*. Примером такой ошибки может служить разобранный выше случай находки строматолитов? в породах даниловской свиты. Однако в качестве вероятностного умозаключения популярная индукция вполне приемлема. Более того, обращая внимание исследователей на многократную повторяемость однотипных ситуаций, она стимулирует их дальнейшее углубленное изучение.

Селективная индукция, еще одна разновидность неполной, является усовершенствованным вариантом, направленным на исключение случайного результата и, следовательно, повышение вероятности заключения. В основе лежит принцип селекции (отбора) исследуемых объектов, общий смысл которого состоит в том, что свойственное популярной индукции простое перечисление неких однотипных ситуаций заменяется определенной системой исследования, основанной на плановом отборе объектов данного класса. В этом случае вывод опирается не на любые факты, случайно попавшие в поле зрения наблюдателя, а лишь на те, которые представляют интерес под определенным углом зрения. По существу, именно к этому виду рассуждений и сводится принцип эмпирической проверяемости фаций С.И. Романовского, о чем написано в начале статьи. Это глубоко созвучно идеям В.И. Вернадского[5].

Согласно теории индуктивных выводов, один противоречащий случай, сколько бы положительных результатов ему ни противостояло, полностью перечеркивает общее заключение, даже если снабдить последнее соответствующим модальным квалификатором. Модальностью может быть, к примеру: «в высшей степени вероятно – маловероятно – невероятно» или «необходимо – возможно – случайно» и др. Современные представления об индуктивных процессах позволяют гибко оценить различные виды связи между множеством *S* и признаком *P*. Можно выявить статистические зависимости в поле исследуемых объектов и выразить их в точной форме. Такая вероятность, именуемая статистической, выгодно отличается точной формой выражения. Вероятностная индукция отчетливо прослежи-

[5] В.И. Вернадский («Размышления натуралиста», 1975): «Логика, построенная на вещах, – логика эмпирических обобщений – теснейшим образом связана с той сложной обстановкой, в которой живет, работает и мыслит человек XIX-XX столетия. Эта логика, о которой говорят в современной гуще жизни, в рабочей среде, в среде инженеров, людей мысли и действия XX в., и в естествознании резко меняется в зависимости от тех естественных тел, тех разных проявлений Природы, с которыми им приходится иметь дело. Для планеты Земля, не говоря уже о естественных телах более широкого масштаба, в которые планета входит как точка, – для солнечных систем, галаксий, Космоса или реальности, логический анализ меняется. Натуралист не может с этим не считаться при своем сколько-нибудь глубоком охвате Природы».

вается в одной из первых схем деления истории Земли на периоды – первичный, вторичный, третичный и четвертичный – предложенной Дж. Ардуино («отцом итальянской геологии») в 1759 г. на основе детального изучения Альп. В частности термин «четвертичные отложения» был принят Ардуино для обозначения аллювиальных осадков долины реки По в Северной Италии. Они явно (необходимо) отличаются от третичных, описанных Ж. Денуайе в бассейне р. Сены, и, вероятно, моложе.

Существуют и другие виды индукции, опирающиеся на каузальность, иными словами учитывающими причинную зависимость явлений. Так, если известно несколько предшествующих обстоятельств, каждое из которых в принципе может быть причиной исследуемого явления, то все они последовательно рассматриваются и исключаются, пока не останется одно; тем самым исключается и возможность случайного заключения. Это *элиминационная* индукция (лат. *eliminatio* – исключение) или индукция Бэкона-Милля. Элиминационная индукция эффективна не только для выявления общих закономерностей, действующих в каком-то множестве объектов, но и для исследования единичных обстоятельств, фактов, событий.

Кратко, в табличной форме назовем некоторые приемы и методы индукции Бэкона-Милля [21]:

Название метода	Основная идея
Метод единственного сходства	Если среди предшествующих обстоятельств только *A* наличествует во всех случаях, тогда как, другие обстоятельства различны, то имеется основание считать, что *A* есть причина (или как-то связано с причиной) *a*. Это обнаружение совпадающего элемента А среди обстоятельств, неоднократно вызывающих явление *a*.
Метод единственного различия	Сравниваются две ситуации, которые отличаются друг от друга лишь наличием и отсутствием обстоятельства *A*. Если этим ситуациям соответствует наличие и отсутствие явления *a*, то имеются основания считать что *A* есть причина (или как-то связано с причиной) *a*. Отсутствие (исчезновение) некоторого явления можно объяснить только отсутствием (исчезновением) вызывающей его причины. Метод различия считается более надежным в сравнении с методом сходства и часто используется для экспериментальной проверки научных гипотез.
Соединенный метод сходства и различия	Возможны условия, допускающие совместное использование метода сходства и метода различия

Элиминационная индукция, в частности по соединенному методу сходства и различия, присутствует во многих палеогеографических реконструкциях, например, в воссоздании ландшафтов. Эволюция ландшафтной оболочки в геологическом прошлом в общих чертах представляет собой упорядоченную систему и иерархию крупных природных событий про-

шлого в их последовательности. Одно из важнейших таких событий – образование палеоландшафтов и их функционирование, где ландшафты предстают как совокупность географических явлений. При этом ведущим является принцип *палеогеографической доминанты*, или палеодоминант, т.е. выделение основного (важнейшего) палеогеографического явления (либо группы) и фиксация его развития во времени. Для древнейших геологических периодов архея и протерозоя, когда отсутствовала высокоорганизованная органическая жизнь, доминантами служат особенности осадконакопления, характер проявления вулканизма и изменения состава атмосферы. В фанерозое большее значение приобретают биогенные (фауна и флора) доминанты.

Степень надежности выводов по методу сходства в значительной степени зависит от точного учета всех предшествующих исследуемому явлению обстоятельств. Однако вследствие сложной природы самой причинной зависимости даже полный их перечень может лишь повысить вероятность заключения, не сделав его достоверным. Еще раз заметим, что методы сходства и различия, являясь разновидностью неполной индукции относятся к разряду вероятностных умозаключений.

В заключение скажем об индуктивных выводах *по аналогии*. Аналогией в широком смысле слова называют сходство некоторых явлений по каким-то признакам. Про сходные (подобные) в чем-то объекты говорят, что они в этом аналогичны. Таким образом, аналогия есть особое отношение, связывающее два или большее количество предметов, ситуаций, процессов и т. д. Иногда аналогия очевидна, иногда же она охватывает сущностные, не бросающиеся в глаза связи и может быть установлена только при помощи сложных абстракций.

Сопоставляемые объекты могут обладать не только одной, но и некоторым неопределенно большим множеством аналогичных черт. Это создает возможность мысленно переносить признак, зафиксированный у одного из объектов, на второй, предполагать наличие данного признака у второго объекта. На таком переносе и основано умозаключение по аналогии (сокращенно оно иногда называется просто аналогией; в этом случае термин обозначает не сходство объектов, а интеллектуальную операцию по установлению сходства).

Умозаключения по аналогии принадлежат к классу вероятностных выводов, поэтому считается, что доказательственная сила их невелика. Следует, однако, иметь в виду, что надлежащую оценку выводные операции данного типа могут получить лишь в достаточно широком контексте конкретных обстоятельств, которые в состоянии существенно повысить или понизить вероятность заключения. Особое значение при этом имеют не столько количественные, сколько качественные аспекты аналогии. Важно не просто найти как можно больше общих свойств у сопоставляемых объектов, но и учесть их возможное отношение к переносимому при-

знаку. Вообще в идеале следует стремиться к тому, чтобы сходные элементы и переносимый признак были связаны друг с другом достаточно сильной зависимостью [21].

Очевидные и неочевидные аналогии широчайшим образом используются в геологической практике, например в съемке и геолкартировании при «протягивании» осадочных образований по латерали, «сбивке» соседних листов геологической карты, прогнозной оценке перспективных районов и проч. Суждения и выводы по аналогии вообще очень свойственны ранним этапам геологического изучения и освоения территорий, достаточно вспомнить героический период изучения Западной Сибири в период конца 40-х – первой половины 60-х годов XX века. Однако то, что приемлемо на начальных стадиях изысканий, когда остро ощущается дефицит достоверной информации, недопустимо в период зрелого исследования при построении сложных абстракций высокого уровня. Поэтому при актуалистических ретроспекциях, обращенных в геологическое прошлое, особенно отдаленное, и даже при наличии полной и достоверной информационной базы, всегда следует иметь в виду, что конечные выводы и заключения *вероятностны*. То же самое относится и к прогнозным суждениям на перспективу, столь модным в последние два десятилетия (гипотезы грядущего потепления климата, повышения уровня вод Мирового океана, падения метеорита и др.), которым подыскиваются прямые или косвенные аналогии в геологическом прошлом.

Возвращаясь к решению обозначенной проблемы и исходя из трех охарактеризованных векторов, сжато сформулируем полученные результаты.

1. Принцип актуализма, как это и определено более полувека назад на Всесоюзном литологическом совещании, вполне применим при реконструкциях обстановок формирования мезозойско-кайнозойских осадочных толщ, естественно, с уменьшением степени достоверности по мере удревнения исследуемых объектов. При создании седиментологических моделей в них *обязательно* должна закладываться возможность проверки (верификации), что делает возможным осторожное использование актуалистического подхода и для более древних эпох, возможно, вплоть до протерозоя.

2. Наиболее действенным и продуктивным подходом при генетических исследованиях (с неизбежным использованием актуалистического воззрения), является максимально широкое изучение одно- или близковозрастных толщ. Это по сути является базой детального *сравнительно* (в полном понимании)-литологического (седиментологического) анализа, в понимании Н.М. Страхова.

3. Полноценный фациальный анализ, базирующийся на актуалистическом подходе, необходимо выполнять в соответствии с *индуктивным* принципом (от частного – к общему). Будучи дополненным принципом эмпирической проверяемости (в геологии – новым материалом по тому же объекту), либо применением на новых объектах), данный подход является

основным методом изучения осадочных толщ; в частности – нефтегазовой литологии. Однако его ни в коем случае нельзя сводить к простейшему униформизму, рецидив чему можно наблюдать в последние десятилетия.

Библиографический список

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

2. **Алексеев В. П.** Фациальный анализ и (или) фациальные этикетки (?) // Актуальные вопросы литологии. Матер. 8 Уральского литол. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. С. 11-13.

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

4. **Амон Э. О., Алексеев В. П., Глебов А. Ф. и др.** Стратиграфия и палеогеография мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 257 с.

5. **Ампилов Ю. П.** От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. М.: ООО «Издательство Спектр», 2008. 384 с.

6. **Баженова Т. К.** Эволюция нефтеобразования в истории Земли и прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 4. С. 412-424.

7. **Вышемирский В. С., Конторович А. Э.** Циклический характер нефтенакопления в истории Земли // Геология и геофизика, 1997. Т. 38. № 5. С. 503-517.

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

9. **Гладенков Ю. Б.** Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века). М.: ГЕОС, 2004.

10. **Григорьев Б. В.** Классическая логика: учебное пособие. М.: ВЛАДОС, 1996. 192 с.

11. **Давиташвили Л. Ш.** Эволюция условий накопления горючих ископаемых в связи с развитием органического мира. М.: Наука, 1971, 296 с.

12. **Захаров В. А.** Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии // Эволюция биосферы и биоразнообразия. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. С. 552-568.

13. **Исаев Г. Д., Алейников А. Н., Микуленко И. К. и др.** Первые находки губок, строматолитов и фациальная природа верхнеюрских пелитолитов Шаимского региона // Георесурсы. 2008. № 5 (28). С. 8-10.

14. **Короновский Н. В., Хаин В. Е., Ясаманов Н. А.** Историческая геология: Учебник. 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Академия, 2006. 464 с.

15. **Маслов А. В., Гареев Э. З., Крупенин М. Т.** Осадочные последовательности типовой местности рифея (ретроспективный обзор седиментологических, палеогеографических, литолого-минералогических и петрогеохимических исследований). Уфа: Уфимский научный центр РАН. Институт геологии. 1998 (http://www.uran.ru /structure /institutions /igg/Lithology /publics /sovmestn/sovmestn.htm).

16. **Медведев А. Л., Хэнфорд Р., Лопатин А. Ю. и др.** Новый нефтеперспективный объект – комплекс заполнения врезанных долин в продуктивных пластах викуловской свиты Каменного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 1. С. 4-20.

17. **Мейен С. В.** Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 213 с.

18. **Патрунов Д. К.** Эволюция фациальных систем // Литология и палеогеография. Вып. 5. СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1997. С. 13-25.

19. **Решение** Совещания по осадочным породам. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 32 с.

20. **Романовский С. И.** Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.

21. **Свинцов В. И.** Логика: учебник для вузов. М.: Изд-во МГАП «Мир книги», 1995. 260 с.

22. **Степанов Д. Л., Месежников М. С.** Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с.

23. **Строение** и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна / Ю.А. Жемчужников, В.С. Яблоков, Л.И. Боголюбова, Л.Н. Ботвинкина, А.П. Феофилова, М.И. Ритенберг, П.П. Тимофеев, З.В. Тимофеева. М.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 1959. 331 с. Ч. 2. 1960. 346 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 15).

24. **Фролов В. Т.** Наука геология: философский анализ. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.

25. **Харбух Дж., Бонэм-Картер Г.** Моделирование на ЭВМ в геологии/Пер. с. англ. М.: Мир, 1974. 320 с.

26. **Холмовой Г. В., Ратников В. Ю., Шпуль В. Г.** Теоретические основы и методы стратиграфии: учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Воронежский гос. университет, 2008. 154 с.

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

28. **Christie-Blick N., Grotzinger J. P., von der Borch C. C.** Sequence stratigraphy in Proterozoic successions // Geology. 1988. V. 16. P. 100-104.

29. **Sea-level changes**: an integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ. № 42, Tulsa, Oklahoma, 1988. 407 p.

30. **Vail P. R.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level / P.R. Vail [et al.] // Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. 1977. № 26. P. 49-212.

31. **Vail P. R.** Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy: Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure / P.R. Vail // Atlas of seismic stratigraphy. Vol. 1. № 27. 1987. P. 1-10.

УДК: 552:5 (571.1)

Г. Н. Леоненко
Российский государственный геологоразведочный университет

О ЛИТОЛОГИИ, СЕДИМЕНТОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ИССЛЕДОВАНИЯМ

О седиментологии и литологии. Литология сегодня, как известно, представляет собой одну из важнейших фундаментальных наук о вещественном составе, строении, происхождении горных пород, их эволюции в истории Земли и постседиментационных преобразованиях при прогреве и погружении в недрах. Она имеет прочный фундамент из реальных законов, касающихся типов литогенеза, стадий осадочного породообразования (от зарождения, через перенос, осаждение, превращение осадка в породу, до её исчезновения в результате выветривания или метаморфизма) механической и химической дифференциации вещества, и включает реконструкцию обстановок накопления осадочного материала, выявление их эволюции с сопутствующими цикличностью, эклектичностью и фрактальностью, которые отражают особенности порционного поступления и самоорганизации вещества [4, 7, 10, 12 и др.]. Теоретические основы науки были сформулированы отечественными учёными Д. А. Архангельским, П. П. Авдусиным, В. П. Батуриным, Н. Б. Вассоевичем, Л. В. Пустоваловым, Л. Б. Рухиным, Н. М. Страховым, М. С. Швецовым и многими другими. История её развития, и анализ направлений будущих исследований освещены видными учёными и внушают оптимизм [5, 10, 12 и др.]. Седиментология представляет собой науку об осадочных горных породах и является вообще сино-

нимом литологии, принятым за рубежом. Но объём наук чаще всего воспринимается неодинаково. Например, в науке существует в качестве отрасли литологии – седиментология физическая. Она изучает процесс осадконакопления во взаимодействии между движением среды (волновых потоков, течений, спокойных вод и др.) и тел (зёрен), формирующих осадок, и рассматривает различия форм физического накопления, строения осадков, их размещение по площади бассейна в зависимости от движения среды. Содержит предпосылки реконструкции по ископаемому материалу. С другой стороны, включение в состав седиментологии раздела науки, связанного с постседиментационными преобразованияеми пород в осадочных бассейнах (ОБ), может у специалистов вызывать неоднозначную реакцию.

Седиментогенез (стадия седиментогенеза или седиментации), согласно Н.М. Страхову, включает выветривание, мобилизацию вещества (приобретение его подвижности), перенос, осадконакопление, вплоть до его завершения. Он предшествует диагенезу – изменению осадка. По Л. В. Пустовалову после накопления осадка следует сингенез (ранний диагенез), эпигенез (поздний диагенез), а затем метагенез. А. Е. Ферсман ввёл для обозначения породообразовательного процесса термины: сингенез – образование осадков, диагенез - их изменение, катагенез – преобразование до наступления глубинного (высокотемпературного) метаморфизма или гипергенеза (выветривания). В настоящее время понятие седиментогенез отражает образование осадка и используется для выявления особенностей состава и строения объектов (от пород до комплексов, ассоциаций); для реконструкций их происхождения и выявления истории осадконакопления (за исключением катагенетического преобразования пород в осадочных бассейнах под влиянием их прогрева и погружения).

При литологических исследованиях используется значительное количество способов и направлений исследований. Изучение вещественного состава, строения и реконструкции эволюции осадочного породообразования основаны на применении групп специфических литологических методов, включающих генетические, фациально-литологический, литоциклический, стадиальный и другие анализы. Они объединяются принципами историзма, сравнительно-литологического подхода, понятием времени и системного анализа. Интересные в теоретическом отношении и важные для практики результаты даёт комплексирование с палеогеографическими, флюидодинамическими методами, с сейсморазведкой и результатами геофизических исследований скважин [11]. Решение литологических проблем базируется на системном подходе – методологии, которая в основу любой науки ставит объект (и методы) исследования: осадочные породы, их состав, структуру, происхождение, изменения (динамику) и признаёт многочисленность типов различных связей этого объекта. В сопряжённых с ней геологических науках за основу берутся другие объекты или системы (например, в тектонике – структуры, плиты, их расположение и развитие; в

гидрогеологии – подземные воды, их происхождение и движение). Литологические исследования проводятся на разных уровнях детальности (иерархии): региональном, зональном, детальном (локальном). Они позволяют на региональном уровне определять состав, строение; с учётом реконструкций характеризовать нефтегазоносность комплексов и условия их формирования; на зональном уровне изучать изменение строения пород на структурах, участках выклинивания, в зонах разломов, трещин; на детальном – выявлять локальные вещественные природные тела и оценивать в разных масштабах перспективы поисков месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых. При этом не следует отступать от использования в качестве общей основы традиционного системного геологического подхода, направленного на формирование целостного представления об объекте в системе наук (стратиграфии, тектоники, гидрогеологии, нефтегазоносности и других).

Значительный интерес вызывают проблемы, касающиеся детального изучения строения осадочных толщ, их цикличности, восстановления условий образования отложений, которые развиваются В. П. Алексеевым и его учениками и включают формационный и бассейновый анализ [1, 2 и др.]. Для дальнейшего развития литологии привлекательны переиздания трудов ведущих литологов, новые идеи, оригинальные подходы к исследованиям.

В целом, поддерживая представления ведущих учёных в отношении седиментологии и литологии, надо отметить, что различное толкование терминов и многообразие подходов к решению рассматриваемого вопроса определяется историей развития науки, сложностью и многообразием литологических объектов, неопределённостью их ограничений, неодинаковым объёмом знаний у разных исследователей, особенностями восприятия и различиями в понимании ряда вопросов. Это нормальное состояние седиментологии и литологии, как и других наук, и стимул к их дальнейшему развитию. Важно, чтобы в пределах одной публикации автор использовал термины с одинаковым разъяснением. И конечно, эндогенные катагенетические превращения пород предпочтительнее рассматривать в объёме литогенеза, а не седиментогенеза. Они сопровождаются значительными структурно-деформационными изменениями водно-породных ассоциаций [8] и формированием залежей нефти, газа, других полезных ископаемых.

О флюидной составляющей осадочных толщ. При создании теорий литогенеза ведущие литологи большое значение придавали роли воды, газов, других флюидов в образовании осадков. Это нашло отражение в характеристике типа гумидного литогенеза, который отличается тем, что сумма атмосферных осадков в нём превышает испарение, а также в определении седиментации, которая представляет собой образование всех видов осадков в природных условиях путём перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния в водной, воздушной среде в

неподвижное (осадок). Н. М. Страхов отмечал, что формирование осадка происходит на поверхности суши, в реках, озёрах, морях, океанах за счёт принесённого аллотигенного материала или биогенной, хемогенной садки соединений из наддонной воды (в водоёмах) и текущей (в реках, ручьях, стекающих со склонов). Эволюция осадочных процессов тесно связана с развитием внешних оболочек: гидросферы, биосферы, атмосферы и не может быть понята без них. Вода входит в состав осадочных пород и достигает 50-80% их объёма. Она является носителем наибольшей энергии в недрах осадочных бассейнов (ОБ). Эти представления известны. Но при литологических исследованиях водно-породным и флюидно-породным толщам, обладающим специфическими свойствами, не уделяется внимания, достаточного для решения многих вопросов, связанных с эволюцией пород в ОБ и формированием полезных ископаемых в земной коре.

Ниже приводятся результаты региональных седиментационно-динамических исследований толщ коллекторов на примере Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (ЗСНГБ), изменение параметров которых тесно связано как с особенностями седиментации, так и с влиянием пластовых температур и давлений в недрах.

Характеристика коллекторов юрских и меловых разрезов Западной Сибири. Состав, строение, изменение количественных показателей. Толщи коллекторов в терригенных отложениях чехла нефтегазоносных бассейнов платформ рассматриваются в качестве многофакторных литофлюидодинамических систем [3, 6]. Они представляют собой упорядоченные типы распределения пород, минеральных ассоциаций и флюидов, которые отличаются перемещением последних в системах при перепаде давлений и характеризуются согласованными преобразованиями в истории Земли при изменении условий. Системы обладают свойственными им типами границ, тел, взаимосвязанных процессов, которые могут не совпадать с выделенными по другим признакам, но между ними в конкретных условиях существуют связи, составляющие геологическую основу поисковых и разведочных работ. Исследование систем было выполнено автором с помощью геологического моделирования на уровне литофациальных комплексов юрско-меловых отложений Западно-Сибирского бассейна. Вначале изучены их состав, строение и построены схемы распределения и изменения свойств коллекторов. Анализ строения толщ коллекторов и изменения их с глубиной показал, что к дальнейшему рассмотрению в качестве эволюционно-динамических факторов формирования могут быть приняты дополнительно к традиционным литологическим скорость осадконакопления и погружения в м/млн.лет и динамика среды переноса и седиментации (определение В.П. Батурина), связь которых со свойствами коллекторских комплексов оказалась высоко статистически значимой (коэффициент корреляции близок 1).

Специфика юрско-меловых терригенных толщ коллекторов нефти и газа [3, 6, 9] заключается в преобладании кварц-полевошпатовых и аркозовых и в присутствии литокластических песчано-алевритовых коллекторов, которые относятся к первично-вторично поровым и порово-трещинным. Их литологический коэффициент, представляющий соотношение мощностей коллекторов и плотных прослоев и отражающий неоднородность пластов, колеблется в основном от 0,5 до 2. Особенность нижних горизонтов - юрско-валанжинских толщ песчано-алевритовых коллекторов, заключается в большем совпадении их свойств с изменениями пластовых температур и давлений, чем с литофациальными характеристиками. Аналитические значения их параметров не соответствуют фактическим. Проницаемость по гидродинамическим данным контролирует продуктивность скважин (коэффициент корреляции – $К_к$ = 0,6-0,8, а с удельной продуктивностью - 0,98). Ее величины в 3-20 раз выше значений по керну.

Связь пористости с продуктивностью скважин весьма низка ($К_к$ менее 0,1). От 40 до 60% пластов-коллекторов, залегающих на глубинах более 2,5 км, отличаются двухфазной фильтрацией и нелинейными эффектами, или неадекватным увеличением или уменьшением прироста дебитов при создании возрастающего градиента давления в скважинах. Фильтрационные свойства коллекторов определяются трещиноватостью или совместным влиянием пор и трещин. Раскрытость их от 3 до 300 мкм^2.

Рассмотрено изменение параметров песчано-алевритовых коллекторов в литостратиграфических подразделениях с учетом скорости осадконакопления, в м/млн лет, и динамики среды переноса и седиментации. В нижне- среднеюрских литокластических и кварц- полевошпатовых известковистых песчаниках и алевролитах (тюменская свита, пласт $Ю_2$, залегающих на неровной поверхности рельефа фундамента и характеризующихся переменной скоростью осадконакопления, коллекторские свойства резко изменчивы. Средние значения абсолютной проницаемости по керну ($К_{пр}$) равны 1-40 фм^2 , максимальное - 14070 фм^2. Открытая пористость в среднем ($К_{пот}$) равна 12-16,5 %, в т.ч. в центральной части бассейна 1-20 %, в Шаимском районе ближе к земной поверхности 3-33%. От 50 до 100 % емкостного пространства составляют вторичные поры и пустоты. Их условный диаметр ($Д_у$) 0,01-0,20 мкм, коэффициент ориентировки ($К_о$), или соотношение протяженности пор в перпендикулярных направлениях - 1,1-10, степень сообщаемости пор - 0,4. В верхнеюрских келловей- киммериджских породах (васюганская свита, пласт $Ю_1$), залегающих на выровненной поверхности и отличающихся низкой скоростью осадконакопления, коллекторы более однородны. В матрице преобладающими являются кварц-полевошпатовые разности песчано-алевритовых пород с вторично-поровым и вторично- порово- трещинным типами коллектора. Их параметры: $К_{пр}$ - 30-40, максимальная - 5370 фм^2, $К_{пот}$ - 15,5-17 %. В волжско-нижнеберриасских битуминозных отложениях коллекторы (баженовская

свита, пласт $Ю_о$) имеют иной – кремнисто-карбонатно-глинистый состав, характеризуются низкой скоростью осадконакопления и в отличие от рассмотренных толщ – низкой динамикой среды переноса и седиментации, которые обусловили содержание в них до 20 % ОВ. Коллекторы относятся к трещинному и пустотно-трещинному типам с характерной двухфазной фильтрацией. Вторичные поры, пустоты, щелевидные микротрещины и полости выщелачивания содержатся во всех компонентах пород и в секущих трещинах, выполненных кварцем, кальцитом, гипсом, ярозитом, мелантеритом. Разброс дебитов углеводородов 0,06-300 $м^3$/сут. Наблюдается также полное несоответствие аналитических параметров коллекторов и продуктивности скважин. В высокопродуктивных пластах $К_{пр}$ - 180 $фм^2$, $К_{пот}$ - 4,5-9,5, максимальная - 16-28%, $Д_у$ - 0,0005-0,06, редко 0,1 мм, $К_о$ - в низко продуктивных коллекторах от 1,1 до 1,35, в высокопродуктивных –1,45.

Свойства коллекторов различаются в зависимости от структурного положения. На Вартовском своде в берриас-валанжинских песчано-алевритовых пластах (мегионская свита, $БВ_{10}$-$БВ_{15}$) в купольной части $К_{пот}$ изменяется в пределах 16,2-22,2 %, на погружениях от II до 19,95, составляя в среднем соответственно 19,4 и 15,4 %. Средние величины параметров без учета структурного положения - $К_{пот}$- 17,4 %, $К_{пр}$ - 50-1150 $фм^2$.

Более молодые по возрасту горизонты коллекторской системы – готеривско-сеноманские, характеризуются кварц-полевошпатовыми и существенно кварцевыми коллекторами. Для них типичны высокие скорости осадконакопления. Коллекторские горизонты отличаются увеличением тесноты связи их состава, формы, размера, сортировки, упаковки компонентов матрицы с очертаниями поровых каналов и со свойствами коллекторов. И все же детальные исследования показывают, что при однотипном увеличении количества аутигенных минералов в порах, корреляция их с коллекторскими свойствами меняет знак, то есть усматривается прямая, затем обратная зависимость, и снова прямая, что подтверждает синусоидальный характер изменений матрицы и объясняет отсутствие "чистых" связей. Типично также резкое, но меньшее несоответствие аналитических параметров коллекторов с проницаемостью по гидродинамическим данным ($К_к$= 0,9-2,2) и продуктивностью скважин. Коллекторы первично-вторично-порово-трещинные и первично-поровые, в верхних горизонтах встречаются и дезинтегрированные рыхлые разности. В готерив-барремских кварц- полевошпатовых песчано-алевритовых коллекторах нефти и газа в отложениях Северного и Широтного Приобья (вартовская, танопчинская свиты, пласты $ВС_1$-$ВС_9$, $ТП_{17}$-$ТП_{26}$) $К_{пр}$ -70-1100 $фм^2$, $К_{пот}$ - 19,8-26,5 %, максимальные величины – 7600 $фм^2$ и 33,4 %. Однотипные коллекторы (пласты $БУ_1$-$БУ_9$ и $ТП_{17}$—$ТП_{26}$) на глубине 2,5 км имеют $К_{пот}$ –17 %, на 3,0 км – 13,1 %. Коллекторы первично-поровые и порово-трещинные. В альб-сеноманских толщах сходного состава, но залегающих выше и содержащих первично- поро-

вые, часто дезинтегрированные коллекторы, $К_{пр}$ 300-1050 фм^2, максимальная 15000 фм^2 , на юге бассейна 27000 фм^2.

Таким образом, отмечая важную роль связи свойств коллекторов матрицы с неоднородностью состава и строения, отражающих динамику переноса и седиментации, нельзя не учитывать роли в вариациях свойств скорости осадконакопления пород и различий в глубинных условиях залегания под влиянием уплотнения и воздействия температур и давлений.

Обстановки седиментации и их динамическая характеристика. Объектами исследования условий седиментации являются комплексы фаций, отражающие обстановки осадконакопления, которые представляют части сред, по физическим, химическим и биологическим признакам отличающиеся от соседних. Границами их служат уровень моря и волновой базис, дно моря, а в континентальных отложениях и базис эрозии. Комплексы различаются составом, текстурой, которые выражены в типах слоистости и параметрах осадочных тел. Основные отличия заключаются в форме, размерах зерен, сортировке, упаковке и уплотнении пород. Эти свойства определяют и различия в их коллекторских характеристиках. Появление отмеченных особенностей пород и образование осадочных тел с неодинаковой формой, размером, другими свойствами, связаны с их происхождением и сохранением. Следовательно, активность энергетических процессов аккумуляции осадков определяется строением и рельефом фундамента, интенсивностью прогибания бассейна, которые могут быть выражены различными величинами скоростей осадконакопления.

С другой стороны, ряд важных специфических черт комплексов фаций, и, прежде всего, литологическая неоднородность, отражает энергетические условия их формирования в седиментогенезе. К ним относится действие морских, метеорологических, ветровых, приливных течений, плотностных и других способов гравитационной транспортировки, изменение годового расхода осадков, ряда других факторов: климата, относительной интенсивности речных и морских процессов. Наибольшее влияние, кроме климата, на состав, текстуру, распределение в разрезе песчано-алевритовых коллекторов оказывает энергия волн и расход воды. Нетрудно видеть, что все эти причины представляют флюидодинамический фактор осадконакопления, который может быть выражен динамикой среды переноса и седиментации материала. С действием этого фактора связан состав наносов, количество песчано-алевритовых тел, их ориентировка и величина. Поэтому за основу при седиментационно-динамическом моделировании принимается, кроме скорости осадконакопления, динамика среды переноса и седиментации осадков. Она ярче всего для песчаных тел, содержащих влекомый материал, отражается в характере слоистости. Поэтому в качестве критерия динамики среды переноса и седиментации может быть принят подтвержденный экспериментально [6, 7] флюидодинамический коэффициент (Ф. Фруд), который представляет соотношение между силами

инерции и ускорением. Величина его, равная I, разделяет поток на два типа. При значениях от менее I до I образуются диагональные, линзовидные и косослоистые текстуры, при величине больше I слои песка приобретают параллельную горизонтальную слоистость. Изменение соотношения скорости осадконакопления и динамики переноса и седиментации определяет энергию седиментации осадков. Толщи коллекторов, формировавшиеся между уровнем моря и волновым базисом, характеризуются чаще косослоистыми текстурами, флюидодинамическим коэффициентом меньше I и высоким энергетическим коэффициентом. Пачки флюидоупоров, осаждающиеся ниже уровня волнового базиса, отличаются параллельнослоистыми текстурами, значительными величинами флюидодинамического коэффициента и низкими – энергетического.

Все седиментационно-динамические модели в соответствии со скоростями осадконакопления и строением фундамента разделены на три группы: с переменной скоростью осадконакопления (1-50 и более м/млн лет), с низкой (1-20 м/млн лет) и с высокой (20-50 и более м/млн лет). В каждой из групп выделены комплексы в соответствии с расположением осадков в процессе формирования по отношению к уровню моря и волновому базису, с характерной для них динамикой переноса и седиментации. Всего разработано 9 теоретических моделей [8].

Принятый подход к исследованиям позволил разделить терригенные отложения на элементы со сходной скоростью осадконакопления и динамикой переноса и седиментации осадков, построить восемь седиментационно-динамических схем для отдельных интервалов времени, начиная с ранне-среднеюрского до сеноманского, изучить эволюцию динамических обстановок, установить влияние палеотектонических, палеогеоморфологических факторов и динамического режима седиментации [3].

В эволюционном развитии динамических обстановок формирования коллекторов Западно-Сибирского бассейна отмечается четыре этапа с неодинаковой энергетической активностью. Наиболее контрастным является ранне-среднеюрский, включая раннекелловейский (рис. 1), когда большая часть региона, формировавшаяся на рифтовой системе, стала ареной накопления в условиях переменной скорости и динамики переноса и седиментации угленосных прибрежно-континентальных линзовидно-слоистых толщ. Эти условия создали предпосылки для интенсивной вертикальной проницаемости толщ. На следующем этапе в позднеюрское, вплоть до конца ранневаланжинского времени при низкой скорости осадконакопления и различной активности среды переноса и седиментации сформировались известные дренирующие (рис. 2) коллекторские горизонты (васюганская свита) и нефтепроизводящие толщи (баженовская и низы мегионской свиты). На меловом этапе преобладали высокие скорости осадконакопления. В поздневаланжинско-барремское и аптское (рис. 3) время в связи с активизацией тектонических движений на окраинах бассейна в условиях

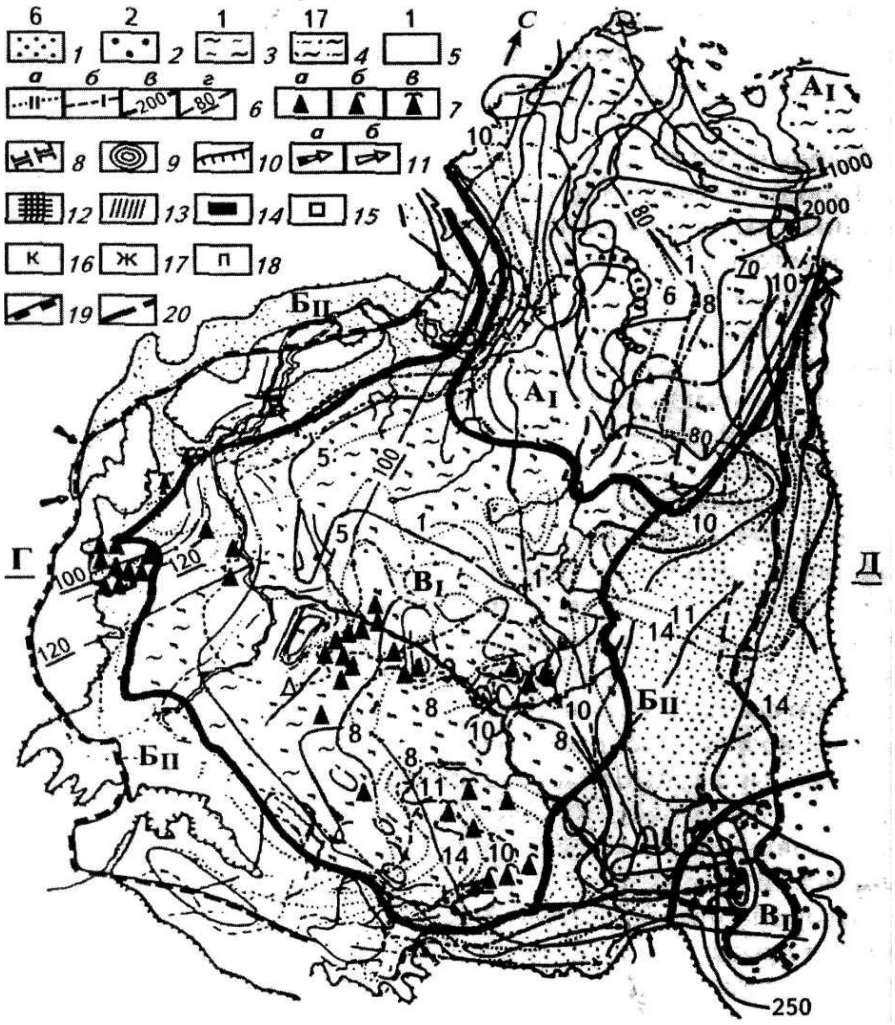


Рис. 1. Седиментационно-динамическая схема нижнеюрских-нижнекелловейских литофациальных комплексов (с коллекторскими свойствами пластов):

Обстановки с низкой скоростью осадконакопления и высокой динамикой среды переноса и седиментации ($Б_{11}$): 1 – континентальный и прибрежно-континентальный комплекс, глинисто-алевритовые и на 60-80% песчаные линзовидно-слоистые отложения; ***обстановки с переменной скоростью осадконакопления*** и *переменной динамикой среды седиментации* **($В_1$):** 2 – прибрежно-континентальный комплекс, песчано-алеврито-глинистые известковистые угленосные отложения, линзовидно-слоистые, 3 – континентальный комплекс, алеврито-глинисто-песчаные угленосные грубослоистые породы; ***обстановки с высокой скоростью осадконакопления*** *и переменной динамикой среды седиментации* ($А_1$): *4* – прибрежно- и мелководно-морской комплекс, песчано-алеврито-глинистые угленосные горизонтально-слоистые отложения; 5 – номер модели седиментационно-динамического комплекса; 6 – изолинии эффективной пористости, %; (а), абсолютной проницаемости, $фм^2$, (б), толщины комплексов, м; (в), температуры на срезе 3 км, °С; (г); 7 – месторождения нефти (а), газоконденсата (б), газа (в); 8 - речные долины; *9* – бары; 10 – границы зон отсутствия седиментации; 11 – направления сноса обломочного материала: главные (а), второстепенные (б); 12 – участки интенсивного прогрева пород; 13 – зоны размыва; 14-18 – аутигенные минералы, конкреции и другие показатели седиментационной обстановки: 14 - угли, лигниты, 15 - сидерит, 16-каолинит, 17 - первичная красноцветность, 18 - пирит; 19 - граница Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна; 20 - границы групп комплексов, формировавшихся в обстановках с единой градацией скорости осадконакопления и динамики среды седиментации

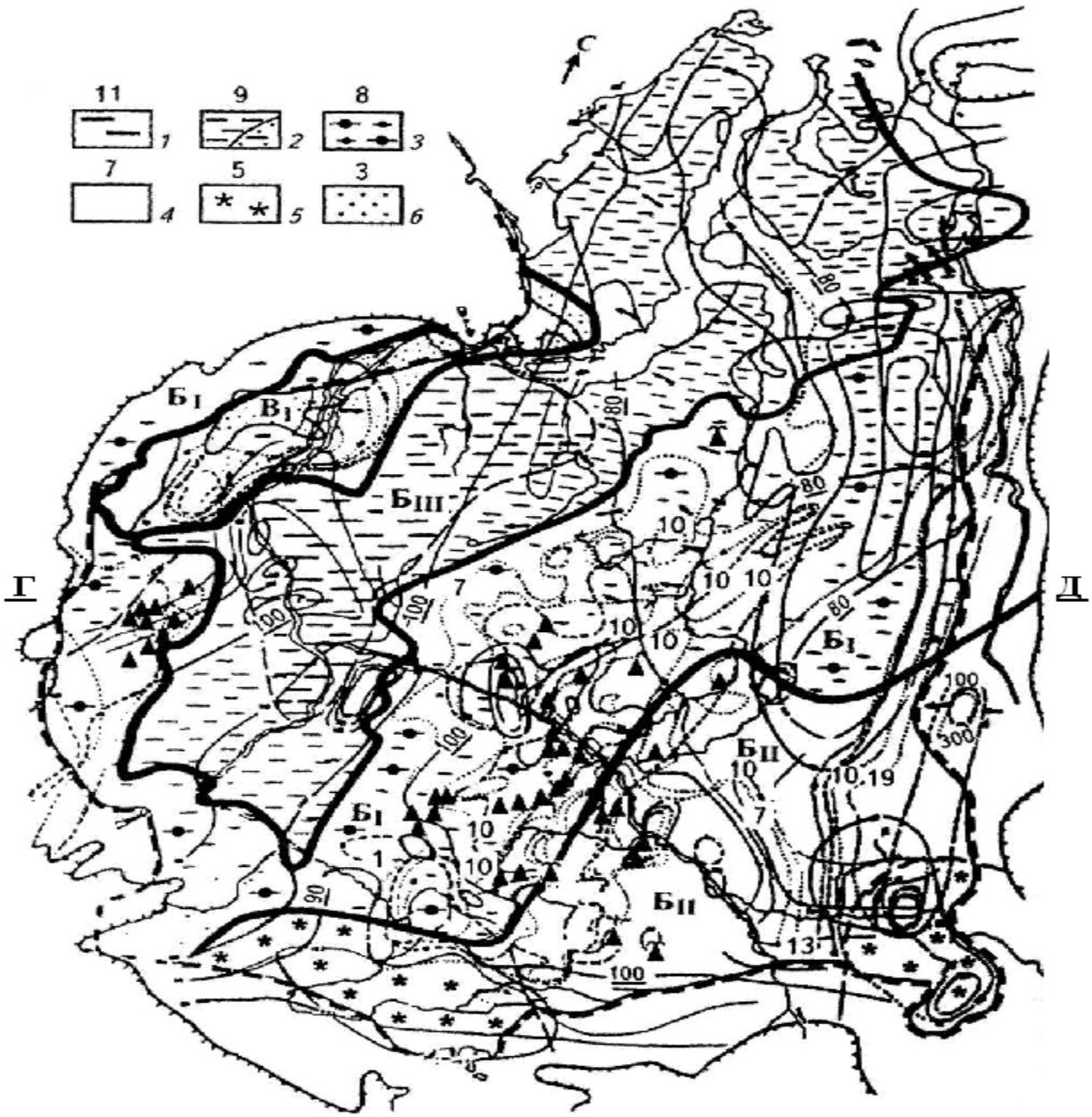


Рис. 2. Седиментационно-динамическая схема верхнеюрских келловей-киммериджских литофациальных комплексов (с коллекторскими свойствами пластов):

Обстановки с низкой скоростью осадконакопления: с низкой динамикой среды седиментации ($Б_{III}$): 1 – глубоководно-морской комплекс, битуминозные тонкослоистые породы» 2 – мелководно-морской комплекс, алеврито-глинистые массивные и грубоплитчатые отложения; *с переменной динамикой среды переноса и седиментации* ($Б_1$); 3 – мелководно- и прибрежно-морской комплекс, песчано-алеврито-глинистые, линзовидно-слоистые породы; с *высокой динамикой среды переноса и седиментации* ($Б_{11}$): 4 – прибрежно-морской и лагунный комплекс, песчано-алеврито-глинистые, линзовидно-слоистые отложения, 5 – континентальный комплекс, песчано-алеврито-глинистые пестроцветные и красноцветные линзовидно- и косослоистые породы; ***обстановки с переменной скоростью осадконакопления*** *и динамикой среды переноса и седиментации* ($В_1$): 6 – прибрежно-морской комплекс, песчано-глинисто-ракушечниковые линзовидно-слоистые породы. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

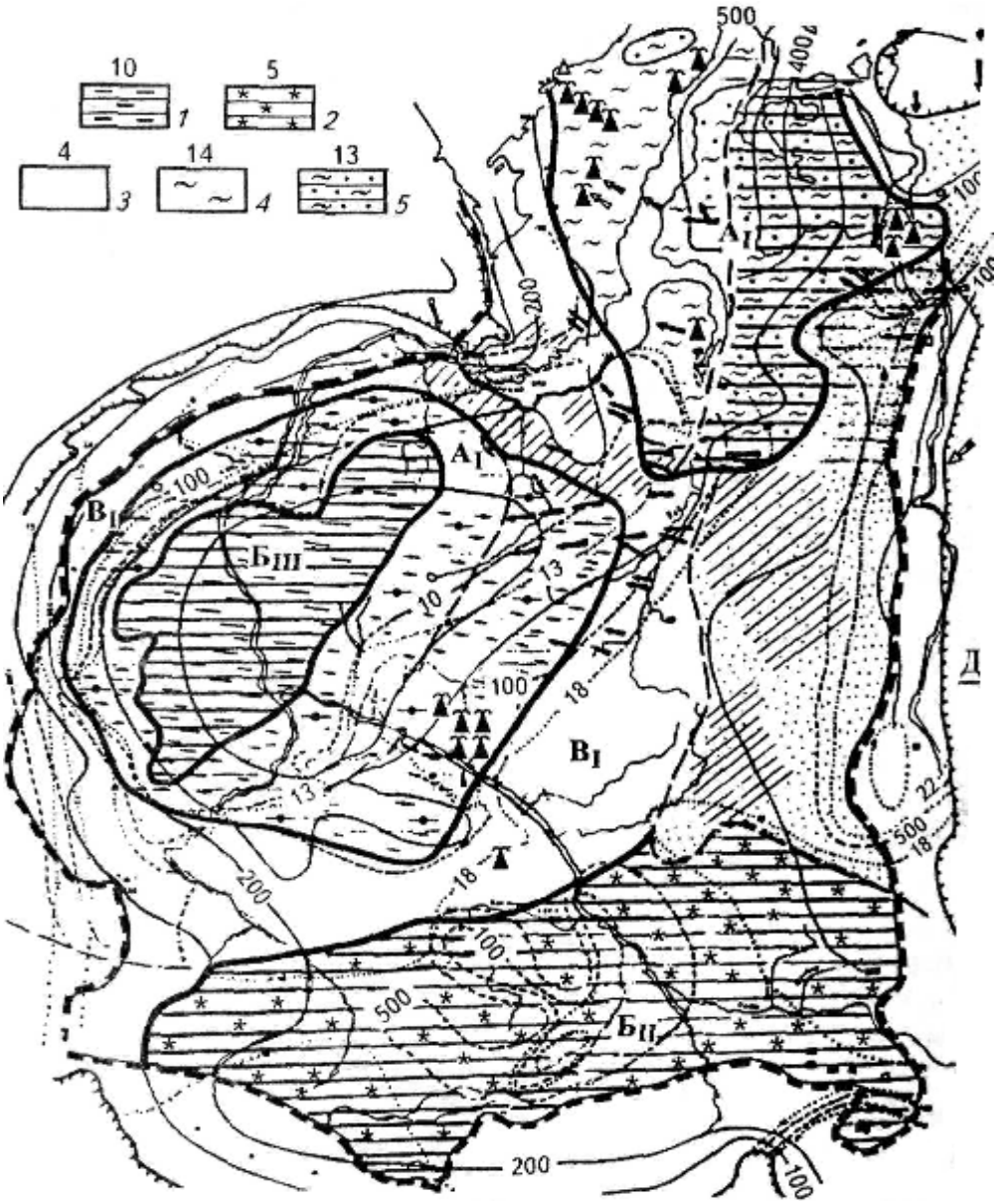


Рис. 3. Седиментационно-динамическая схема верхнеготерив-нижнеаптских литофациальных комплексов (с коллекторскими свойствами пластов):

Обстановки с низкой скоростью осадконакопления; с низкой динамикой среды седиментации ($Б_{111}$): 1 – морской комплекс, преимущественно глинистые массивные и грубоплитчатые отложения; *с высокой динамикой среды седиментации ($Б_1$):* 2 – континентальный комплекс, песчано-алеврито-глинистые пестроцветные и красноцветные линзовадно-слоистые породы; ***обстановки с переменной скоростью осадкопакопления*** *и динамикой среды переноса и седиментации (B_I):* 3 – морской комплекс континентальных и шельфовых склонов, песчано-алеврито-глинистые и линзовидно- и косослоистые отложения; ***обстановки с высокой скоростью осадконакопления*** *и переменной динамикой среды переноса и седиментации* (A_I)*:* 4 – прибрежно-морской и континентальный комплекс, песчано-алеврито-глинистые угленосные горизонтально- и линзовидно-слоистые осадки; 5 – прибрежно-континентальный комплекс, пес*чано-алеврито-глинистые угленосные линзовидно-слоистые осадки*. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

высокой скорости осадконакопления и динамики среды переноса и седиментации началась регрессия моря и накопление клиноформных толщ песчано-алевритовых коллекторов. В центре при низкой скорости и динамике среды седиментации формировались глинистые осадки, и в зоне их сочленения возникли уникальные по строению ритмично-горизонтально- и линзовидно-слоистые флюидоупоры и нефтегазопроизводящие отложения. В апт- сеноманское время на востоке и в центральной части региона в связи с преобладающей высокой скоростью и динамикой среды переноса и седиментации образовались мощные толщи песчано-алевритовых коллекторов, которые при наличии флюидоупоров сегодня содержат скопления УВ.

Одновременно на севере и на западе в условиях переменной скорости и динамики среды произошло формирование горизонтально- и косослоистых песчано-алеврито-глинистых угленосных коллекторов и флюидоупоров. И, наконец, на этапе, отвечающем позднемеловому-палеогеновому, начиная с туронского времени, произошла морская трансгрессия, которая сопровождалась общим резким снижением динамического режима седиментации. Характерна закономерная миграция активной динамической обстановки в западном направлении с одновременным изменением простирания с северо-восточного на субмеридиональное. Зоны перехода одной обстановки в другую, выраженные сочетанием продуктивных коллекторов и флюидоупоров, являются неравновесными. Они характеризуются в седиментогенезе контрастной энергетической активностью. Существует известная структурная разобщенность в распространении коллекторов и флюидоупоров, обусловленная различной энергетической активностью их формирования в седиментогенезе. Толщи коллекторов лучшего качества сосредоточены на относительных поднятиях, флюидоупоры и нефтегазопроизводящие отложения тяготеют к длительно погружавшимся впадинам с низкой энергетической активностью среды, системы переслаивания коллекторов и флюидоупоров к структурам со сложной историей и динамикой, развития. Различия в свойствах коллекторов предопределяются неодинаковой динамикой седиментации в купольных частях и на погружениях, относительными изменениями скорости осадконакопления, распределения пьезометрического давления и, следовательно, интенсивностью процессов выщелачивания в диагенезе. При погружении в купольных частях структур ранее всего формируются зоны разуплотнения, которые приводят к формированию скоплений углеводородов.

Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов, их изменения при погружении, контролируемые температурой недр, сопоставлены с литофациальными особенностями толщ и с динамикой их седиментации. В результате созданы 18 типов реальных седиментационно-динамических моделей комплексов фаций зонального уровня на примере юрско-меловых отложений чехла Западно-Сибирского бассейна [3], которые различаются составом пород, строением, характером слоистости, величиной литологи-

ческой неоднородности, параметрами распределения комплексов фаций по площади, толщиной, интенсивностью фациальных изменений (см. рис. 1). Произведена их типизация, изучено распределение коллекторских свойств в комплексах, отражающих обстановки с переменной, низкой и высокой скоростью осадконакопления. Каждому из комплексов свойственны свои пределы распределения и средние величины коллекторских характеристик.

Наиболее интенсивно динамические процессы протекали при формировании переменноскоростных контрастных по составу кварц- граувакковых терригенных комплексов осадков, которые залегают на неровных поверхностях толщ фундамента (представленного складчатыми и рифтовыми системами) и отличаются высокой вертикальной проницаемостью. Менее активно они происходили в высокоскоростных (более 20 м/млн лет) кварц- полевошпатовых толщах, отождествляемых с чехлами молодых платформ. Для них характерно существенное латеральное изменение толщ, широкое развитие конседиментационных разломов и высокая неоднородность и проницаемость, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Специфику, выраженную в высокой горизонтальной проницаемости, имеют низкоскоростные комплексы (менее 20 м/млн лет), типичные для чехлов древних платформ.

Связь между открытой пористостью пород и энергетическим коэффициентом оказалась высокостатистически значимой. Коэффициент корреляции близок к I. Это свидетельствует о том, что скорость осадконакопления и динамика переноса и седиментации оказывают решающее влияние на формирование коллекторов при практическом отсутствии искажающего воздействия других факторов. В основе неодинаковой – флюидодинамической (энергетической) активности образования осадков в седиментогенезе лежат палеотектонические. связанные с ними палеогеоморфологические факторы, дифференцированные в пространственно-временном отношении. Аналогичное изучение терригенных разрезов ряда других бассейнов позволило подтвердить, что их формирование также тесно связано с энергетическими процессами, среди которых главную роль играет скорость погружения и динамика переноса и седиментации осадков [9].

Выводы

1. Седиментология является вообще синонимом литологии, принятым за рубежом. Различное понимание объёмов наук, толкование терминов и подходов к исследованиям определяется сложностью и многообразием объектов и явлений, неопределённостью их ограничений, особенностями восприятия и уровнем исследования. Они отражают нормальное состояние интенсивно развивающейся науки литологии. Важное значение имеет толкование автором терминов с одинаковым разъяснением в пределах одной публикации.

2. Появление новых данных о связи свойств коллекторских толщ с энергетической (флюидодинамической) активностью их образования в седиментогенезе; закономерностей, касающихся катагенетических стадийных преобразований осадков при погружении и прогреве, а также представлений о структурно-деформационных и других явлениях, связанных с изменением температур и давлений, являются основанием для предпочтительного выделения учения о постседиментационно-преобразованных осадках в самостоятельную отрасль литологии, а не седиментологии.

3. Водно-породные (коллекторские) толщи в нефтегазоносных осадочных бассейнах представляют собой самостоятельные системы с неодинаковой интенсивностью перемещения флюидов. В этих толщах при погружении и прогреве появляются свойственные им типы границ, тел (зон разуплотнения) и процессов, которые могут не совпадать с выделенными по другим признакам, но между ними существуют связи, составляющие геологическую основу поисковых, разведочных работ и разработки залежей нефти и газа.

4. Седиментационно-динамический (энергетический) подход к исследованиям позволил проследить эволюцию динамических обстановок аккумуляции осадков в седиментогенезе и выявить их значительное влияние на формирование коллекторов и залежей нефти и газа.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литология. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, изд.1-е, 2001. 249 с; изд. 2-е, 2004. 253 с.

2. **Алексеев В. П.** Литолого-фациальный анализ. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2002. 147 с.

3. **Гайворонский И. Н., Леоненко Г. Н., Замахаев В. С.** Коллекторы нефти и газа Западной Сибири. Их вскрытие и опробование. М.: Геоинформцентр, 2003. 368 с.

4. **Гольдин С. В.** Исповедь геофизика-математика. М.: Геофизика, 2006, 6. С.6 – 11.

5. **Кузнецов В. Г.** Петрография осадочных пород, литология, седиментология: краткая история развития // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. Вып. IV (20). С. 23-36.

6. **Леоненко Г. Н.** Формирование зон коллекторов в терригенных отложениях Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна: Автореф. дис. … докт. геол.-минер. наук. М.,1992. 45 с.

7. **Леоненко Г. Н.** Флюидодинамическая эволюция осадочных бассейнов как основа их саморазвития и прогноза нефтегазоносности // Новые идеи в геологии нефти и газа. М.: Изд-во МГУ, 2001. С 286-289.

8. **Леоненко Г. Н., Пронина Н. В.** Условия накопления, стадийные преобразования и разуплотнение глинистых толщ Западно-Сибирского

нефтегазоносного бассейна // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. Вып. IV (20). С. 56-69.

9. **Рудкевич М. Я.** Нефтегазоносные комплексы Западно-Сибирского бассейна. М.: Недра, 1988. 304 с.

10. **Фролов В. Т.** Наука геология, философский анализ. М.: Изд-во МГУ, 2004. 128 с.

11. **Шлезингер А. Е.** Региональная сейсмостратиграфия. М.: Научный мир, 1998. 144 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 512).

12. **Япаскурт О. В.** Основы концепции развития литологических исследований на современном уровне. М.: Макс Пресс, 2010. 30 с.

УДК: 552.122+ 552.5

В. П. Макаров

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЙ «СТРУКТУРА» И «ТЕКСТУРА» В ЛИТОЛОГИИ. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ «СТРУКТУР»

Оценка понятий

«Структура» (*SR*) и «текстура» (*TR*) – фундаментальные понятия геологии. Они возникли еще в XIX веке и продолжают исследоваться до настоящего времени. Большая работа по их систематизации проведена Ю. И. Половинкиной [14], М. С. Швецовым [21] и другими исследователями. В работе [14] приведен список из 1338 названий структур и текстур: для магматических пород – 463, осадочных – 350 и метаморфических – 525 шт. В 1966 г. этот список включал 1143 термина, из них 172 – не рекомендованы к употреблению, 270 – имеют синонимы. Из общего перечня только 170 терминов касаются текстур, из них 29 – термины двойного назначения, они применяются для описания и текстур, и структур; 29 – не рекомендованы к использованию, а 53 – имеют синонимы. Синонимы объединяются в 126 множеств, чаще всего содержащих по 2 термина, редко до 7. Проведена попытка обобщения собранного материала, но правила введения структур и текстур так и не сформулированы**.**

По А. Н. Заварицкому [14], под «*структурой* подразумеваются особенности строения горной породы, которые обусловливаются размерами, формой и взаимным отношением составных частей породы. … *Текстура* определяется распространением и расположением (составных) частей в пространстве». Здесь не ясно, чем отличаются понятия «взаимным отно-

шением составных частей породы» и «расположением (составных) частей в пространстве». Кроме того, под «распространением» в настоящее время понимают количественные соотношения между составными частями породы. М. С. Швецов [21] называет *структурой* элементы строения, которые определяются формой и величиной составных частей породы (но он не включает количественные отношения между частями породы, хотя на практике они играют большую роль). *Текстуры* – те элементы строения, которые определяются их расположением (?). Понятно, что структурой не могут быть «элементы строения». Структуру может образовать множество элементов строения (или структурных элементов), находящихся в некоторых отношениях друг к другу.

Рассмотрение этих понятий выявляет нечеткость формулировок, особенно в определении «*текстуры*». Нарушены правила формирования понятия. В результате объем понятия относительно исходного произвольно расширяется, делая понятие более неопределенным. Ошибочным является введение в класс «свойств» понятия такие характеристики, как время (в виде вторичных, первичных и прочих структур и текстур); привязка структур и текстур к генетическим параметрам, самим по себе являющимся неопределенными и вторичными, т. е. получаемыми как результат интерпретации неких первичных признаков, а порой и надуманными. В результате термин «структура» используется для обозначения явлений, которые к ним никакого отношения не имеют. Возникают так называемые *структуры–призраки (ложные структуры)***,** например: *вторичные или первичные; кристаллические, химические, замещения (разъедания, перекристаллизации и т. д.), деформационные, ориентированные, остаточные* и пр**.** Часто понятия–призраки применяются для описания явлений, не свойственных ни структуре, ни текстуре. К ним относятся понятия «оолитовые», «бобовые», «желваковые», «миндалекаменные», «вариолитовые» и пр. – это термины, отражающие специфические вещественные формы заполнения пространства (ведь мы не выделяем биотитовые или кварцевые структуры только потому, что биотит слагает породу; а кварц - порфировые выделения в кварцевых порфирах). Часто структуру наделяют свойствами, более присущими текстуре, поскольку подчеркивается способ заполнения пространства, например (в скобках – номер тома в работе [14] и номер структуры в томе):

структура друзитовая – концентрически послойное расположение одних минералов по другим, в центре располагается оливин, на который последовательно нарастают ромбический пироксен, моноклинный пироксен, роговая обманка, гранат (*3-125);*

структура импликационная – наличие закономерных прорастаний одного минерала другим (пегматитовые структуры, структуры распада и др.) (3-148);

структура центрическая – группировка минералов или их агрегатов или каких – либо структурных элементов вокруг некоторых центров (друзитовая, венцовая, келифитова и др. (3-500);

структура массивная (беспорядочная) – породы с беспорядочным расположением материала без ориентировки в отношении какого- либо направления, плоскости, центра (3-15) .

Ряд структур обладают признаками не строения, а сложения, например:

структура биоморфная – порода состоит преимущественно из крупных малоразрушенных и мелких, хорошо сохранившихся скорлуп и скелетов органики (2-18);

структура зоогенная – породы, преимущественно известняки, состоят в большей своей части из остатков живого мира. По роду этих остатков различают коралловую, мшанковую, гастроподовую и др. разновидности структур (2-69).

Ряд структур можно было бы отнести к морфологическим, например:

структура гранобластовая – порода состоит из более-менее изометричных зёрен. Их форма может быть различной – округлой, полиэдрической, зубчатой и пр. (3- 99);

структура аллотриоморфная – минералы пород не имеет свойственных им кристаллографических очертаний (3- 6);

структура листовая – породы сложены листочками или чешуйками минералов (3-269).

Сомнительно применение термина «текстура» к морфологическим характеристикам поверхностей раздела слоев, формам отдельности и пр. Не установлены соотношения между структурой и текстурой**.** В целом в формировании понятий царит произвол из-за отсутствия правил их введения. Нет ответа на главный вопрос: что означает, что два образца сложены породами с равными (или одинаковыми?) структурами (текстурами)? Как их сравнивать?

Из новейших веяний отметим [22]: «*Структурой* называется свойство породы, обусловленное размерами и формой ее составных компонентов (? – М. В.), характером их внутрипластовых сочленений (? – М. В.)». Что это свойство – это понятно, но что это за свойство? в тексте не приводится; не ясно, что означает «внутрипластовых сочленений» (признак текстуры!). Дальнейший текст – это условия, формирующие это свойство. Так же слабо обосновано определение «текстуры»: «Она определяется как характер взаимных ориентировок породных компонентов (? – М. В.) внутри пласта вместе с формами поверхности ее подошвы и кровли». Здесь объем понятия произвольно расширен и сущность «текстуры» постепенно перешла от свойства породы к свойству геологического тела. Это и понятно, поскольку определение породы непоследовательно: «Осадочными горны-

ми породами (вещественная часть. – М. В.) называются геологические тела (пространственная часть. – М. В.) …» [22]. Подобная ошибка (синонимизации пространства и вещества), восходящая к представлениям тридцатых годов, существует во многих работах [4, 5 и др.].

Существует иное течение в формировании понятий «структура» и «текстура» [1, 3, 4, 5, и др.]. Под «*структурой* любого тела или любой части пространства … будем понимать взаимное расположение структурных элементов, целиком ему принадлежащих. Под структурными элементами сложного … тела условимся понимать выделяемые в его пределах на основе элементаризации (? – М. В.) … простые … тела не меньше определенного размера R_o» [5]. В целом это определение опирается на положения «учения о кристаллах» [5] и, согласуясь с представлениями кристаллохимии и минералогии, оно не соответствует понятию «**структура**», а приближается к представлениям о «**текстуре**» в петрографии. Положительным является то, что вводится понятие «структурный элемент» и с его помощью формируется понятие «структура». Существенным недостатком определений из работ [4, 5] является то, в чем авторы обвиняют «геологические определения», – отсутствие четкости и строгости формулировок. Ф. А. Усманов [20] для получения определения понятия «структура» пытался использовать положения теории множеств, но, отдавая должное этой интересной работе, заметим, что этот подход исключает анализ физической сущности структур, что не приемлемо для решения геологических задач.

Общий же недостаток всех названных формулировок (кроме [20]) состоит в том, что они не являются определениями. В то же время указанные недостатки создают основу для более строгого анализа понятий «**структура**» и «**текстура**», изложенные ниже.

Элементы теории структур

I. Исходные положения

Методологические основы проведения подобных исследований изложены в работах [7, 8, 10-12]. Элементарным геологическим объектом, отражающим свойства геологических образований и непосредственно подвергаемым геологическому описанию, является образец – выделенный в геологическом пространстве эмпирический объем ΔV, заполненный некоторым веществом **В**. Мы подчеркиваем единство этих параметров через выражение $\Delta V \cap \mathbf{B}$ ($\cap$- операция пересечения). Вещество в твердой фазе будем называть «породой». Точного определения «*породы*» нет. Для определения породы будем использовать понятие о зерне **З**: это любой формы и размеров моно- или многофазное природное образование с естественной фазовой границей, отделяющей его от других подобных, может быть и тождественных по внутренним свойствам образований. Тогда порода **П** –

твердое, созданное естественным путем, многофазное образование, сложенное веществом зерен **З**, т.е. $\mathbf{П} = (\Delta V_i \cap З_i) \cup (\Delta V_j \cap З_j)$ или $\mathbf{П} = \cup(\Delta V_i \cap З_i)$ **(**∪- операция объединения, или присоединения). Поскольку **В = П**, то $\Delta V \cap \mathbf{В} = \Delta V \cap \mathbf{П}$**,** откуда следуют главные группы классификационных признаков: **В** – вещественный состав зерен и **П** – пространственная часть породы, обусловленная пространственными свойствами зерен. К параметрам, связанным с пространственным расположением зерен, относятся: пространственное расположение центров тяжести зерен (не изучено)**;** линейные и морфологические характеристики зерен; пространственные взаимоотношения зерен, обусловленные различиями в размерах и форм зерен.

Эти параметры определяют **состояние** породы и позволяют установить *типы* состояния породы: **сложение** и **строение** породы. Первый тип состояния породы – **сложение** пород – это состояние, характеризуемое качеством представления вещества породы. Второй тип состояния породы – **строение** – это состояние, обусловленное изменением элементов строения. Здесь выделяются подтипы строения: **структура** *(SR)* и **текстура** *(TR*). **Структура** – это свойство множества структурных элементов, определяемое размерами зерен и их количественными соотношениями. Таким образом, если L – размерный параметр элемента в породе и N – количество элементов с этим размером, то **структура –** это множество (L, N), т. е. SR= (L, N). **Текстура** – это свойство множества структурных элементов, определяемое способом расположения структурных элементов в пространстве образца (способ заполнения пространства). Расположение элементов в пространстве определяется размером элемента L, но не N, и формой F этого элемента. Если даны два элемента с формами F_1 и F_2, то между ними устанавливаются отношения, выражаемые через F_1RF_2. В этом случае говорят, что элемент с формой F_1 находится в отношении R с элементом с формой F_2. Следовательно, способ заполнения пространства определяется параметрами L, F и R. Таким образом, текстура – это множество (L, F, R), т. е. TR = (L, F, R).

Взаимоотношения между понятиями отражены в таблице.

Принятые формулировки не есть определение объектов. Такие формулировки, принятые в петрографии, отражают только содержания этих понятий. Соотношения между структурой и текстурой идентичны соотношению между статикой (SR) и динамикой (TR). В таком понимании текстура является обобщением понятия «структура».

II. Определение структуры

Ранжирование зерен по их размерам не может быть исходной основой для их классификации. Если опираться на механику процесса, например переноса, то важнейшим параметром является масса m компонента. Действительно, в потоке из двух частиц с массами m_1 и m_2 обе частицы об-

Соотношения между понятиями «структура» и «текстура»

Вид информации	Пространственные свойства																Вещественный состав (не анализируется)		
Элемент информации	Структурный элемент																Зерно		
Тип информации	Сложение						Строение										Взаимоотношения между зернами		Состав
Подтип информации	Сложение						Структура									Текстура			
Класс информации	Кристаллы	Стекла	Обломки	Глины	Биолиты	Прочие образования	Равномерно зернистые	Неравномерно зернистые	Подклассы: Неравномерно зернистые	Подклассы: Порфировидные	Подклассы: Порфировые (включения)					?	Нейтральные (временные)	Реакционные	Матрицы	Включений
Подкласс информации	Морфология компонентов						Более дробное деление										Более дробное деление			

ладают кинетическими энергиями $E_1 = m_1(v_1)^2/2$ и $E_2 = m_2(v_2)^2/2$ (v – скорость перемещения частиц). Отсюда следует отношение $m_1/m_2 = (v_2/v_1)^2 = (x_2/x_1)^2$, где x_i – расстояние, на которое перемещаются частицы за равные промежутки времени. Поэтому исходная операция для проведения классификации частиц – ранжирование зерен по их массе, отражаемое цепью (по работе [15], цепь – частично упорядоченная последовательность чисел, для которой установлены минимальные и максимальные значения):

$$m_1 \geq m_2 \geq \ldots \geq m_{n-1} \geq m_n, \qquad \textbf{(P1)}$$

где $i = 1, 2, \ldots, n$ – порядок измерения зерен, а n – количество зерен. Поскольку проведение этой операции невозможно, то используют параметры, позволяющие обойти эту трудность и построить классификацию по размерности, изоморфную классификации **P1** по массе. Так как $m = \rho V$, где ρ – плотность, V – объем зерна, то при $\rho_1 \approx \rho_2$, приходим к цепи

$$V_1 \geq V_2 \geq \ldots \geq V_{n-1} \geq V_n . \qquad \textbf{(P2)}$$

При описании обнажения (образца, шлифа) мы видим зерна не в объеме $\mathbf{V}_i$, а в их плоских срезах, характеризуемых площадными параметрами $\mathbf{s}_i$:

$$s_1 \geq s_2 \geq \ldots \; s_{n\text{-}1} \geq s_n. \qquad \textbf{(P3)}$$

Однако при проведении же конкретных исследований, например, при описании шлифов, используются линейные $\boldsymbol{l_i}$ параметры зерна с последовательностью

$$l_1 \geq l_2 \geq \ldots \geq l_{n\text{-}1} \geq l_n, \qquad \textbf{(P4)}$$

хотя количественные оценки распространенности осуществляются через площадные (процентные) параметры. Таким образом, имеется 4 варианта построения оценок классификации. Условия изоморфизма этих цепей не изучены (две последовательности изоморфны, если при наложении они совпадают). Эти цепи строго изоморфны только для зерен сферической формы, встречающихся весьма редко. Последовательности **P3 и P4** могут иметь значительную длину и в связи с громоздкостью никогда не строятся. Их анализ возможен в двух направлениях.

А. Выделяется строго упорядоченная последовательность (в них отношение (≥) заменяется отношением (>)): выбрасываются элементы, равные друг другу, и оставляется один элемент, представляющий эти выброшенные элементы. Этому элементу далее приписывают общее количество равных ему элементов. В результате осуществляется свертка (1- го рода) цепи **P4** и остаток, названный уплотнением **P4**, будет иметь вид

$$L_1 > L_2 > \ldots > L_i > L_{i+1} > \ldots > L_{n\text{-}1} > L_n. \qquad \textbf{(SP4)}$$

Полный вид свертки **SP4** для конкретных пород и как она изменяется в них, не известны. Обычно говорят только о пределах изменения параметров $\boldsymbol{l_i}$, называя максимальные (*sup***P4**) и минимальные (*inf***P4**) значения. В общей же системе *sup***P4** и *inf***P4** не изучены. Величина *sup***P4** может достигать (например, в курумниках) нескольких метров. Предел *inf***P4** определяется тем минимальным размером зерен, за пределами которого свойства пород резко изменяются. Следовательно, минимальный размер зерна, сложенного породами, определяется размерами зерен, слагающими эти породы. В случае, если зерна сложены только минералами, то нижний предел остается не ясным.

Характеристикой **SP4** может быть величина l_i/l_{i+1}**.** Практика (например, [2]) показывает, что размеры обломков и кристаллов в породах разной природы описываются геометрической прогрессией с основанием **t**. В поведении этого отношения возможны варианты: 1) $l_i/l_{i+1} = \mathbf{t} =$ const; 2) $l_i/l_{i+1} = \boldsymbol{f(i)}$. Ф. Дж. Петтиджон [13] пытался провести обзор имеющихся гипотез о природе ***t***. Эта попытка оказалась неудачной, поскольку им отмечены не гипотезы, а причины особенностей реального распределения размеров частиц. А. Н. Колмогоров (1941) при обосновании логнормального закона статистического распределения случайных величин использовал материалы по дроблению пород. При дроблении куска образуются обломки, мини-

мальное количество которых равно двум, т. е. $\boldsymbol{t} = 2$. Тогда при дроблении на ***n*-**м шаге количество образовавшихся обломков равно 2^n, хотя общая масса (или объем) их останется постоянной. В целом же реальное значение параметра ***t***, а также механизм образования подобной зависимости не известен.

Во многих работах при сопоставлении размерных параметров часто используется логарифмическая зависимость, в частности, используются десятичные логарифмы. Однако более естественным является применение натуральных логарифмов, поскольку при этом виртуально используется понятие о химическом потенциале.

Б. Использование числовых рядов, которые строятся так же, как цепи, но вместо (≥) ставится знак суммы (+). Свертка (2-го рода) цепей **P3** и **P4** осуществляется сложением площадей равных элементов. Тогда цепь **P3** преобразуются в ряд

$$S_1 + S_2 + \ldots + \ldots + S_{k-1} + S_k = S.\ \mathbf{R(S)}.$$

Здесь S **–** суммарная площадь всех сечений зерен на изученной поверхности. Объединение цепей **P3** и **P4** позволяет представить их в виде ряда

$$S_1(l_1) + S_2(l_2) + \ldots + S_i(l_i) + \ldots + S_{k-1}(l_{k-1}) + S_k(l_k) = S\ \mathbf{R(Sl)1.}$$

Здесь $l_i >$ (или <) l_{i+1}. Выражение $S_i(l_i)$ означает, что измерена площадь S_i, занимаемая всеми сечениями тех зерен i, размер которых равен l_i.

Определение: ряд $S_1(l_1) + S_2(l_2) + \ldots + S_i(l_i) + \ldots + S_{k-1}(l_{k-1}) + S_k(l_k) = S$ будем называть (частной) **структурой** данного сечения породы.

Это определение соответствует данному выше общему определению «**структуры**». Параметр $S_i(l_i)$ есть элемент, параметр k – длина**,** а свертка **(SP4) –** основание структуры**.** На практике часто используется представление, отражаемое рядом

$\mathbf{S_1}(l_1)/S + S_2(l_2)/S + \ldots + S_i(l_i)/S + \ldots + S_{k-1}(l_{k-1})/S + S_k(l_k)/S = \mathbf{1}$ (или 100 %**), R(Sl)2.**

Ряд вида $R(Sl)2$ – нормированная структура**,** а элемент $S_i(l_i)/S$ – процентное выражение количества зерен.

Если $k = 1$, структура называется **элементарной**, она совпадает со своим элементом, т. е. $S_1(l_1) = S$**,** т. е. порода сложена зернами с равными размерами. Это – **равномерно-зернистая структура**. Следовательно, равномерно-зернистая структура – это элементарная структура. Множество равномерно-зернистых структур образуют **класс равномерно-зернистых структур,** в котором каждая структура отличается параметром ***l.***

При $k \geq 2$ структура образована зернами, размер которых изменяется в пределах свертки **(SP4)**. Эта – **неравномерно-зернистая структура**, их множество – **класс неравномерно-зернистых структур**. В этом классе $inf(k) = 2$, тогда мы имеем $S = S_1(l_1) + S_2(l_2)$ и $l_1 \neq l_2$**.** Имеется **теорема**: сложение равномерно-зернистых структур дает неравномерно-зернистую

структуру. Класс неравномерно-зернистых структур есть обобщение класса равномерно-зернистых структур.

Среди класса неравномерно-зернистых структур выделяют три подкласса:

1) **подкласс собственно неравномерно-зернистых структур**;

2) **подкласс порфировых структур** (или **структур включения**) класса неравномерно–зернистых структур с рядом $l_1 >> l_2 \approx ... \approx l_k$ (в основной приближенно равномерно-зернистой массе находятся зерна с размером, превосходящим наибольший размер зерен основной массы). Зерно $\boldsymbol{l_1}$ называется порфировым выделением (зерном, включением).

3) **подкласс порфировидных структур** класса неравномерно–зернистых структур. От предыдущего подкласса он отличается тем, что основная масса неравномерно–зернистая и отличие размеров порфировых зерен от размеров зерен основной массы менее резкое. В петрографии обломочных пород эти подклассы не выделяются, хотя их аналоги распространены широко, например, песчаники с гравием (включениями), галькой и пр. В этих случаях основную массу называют цементом (базальным). Подкласс порфировых структур (структур включения) объединяет также структуры, существующие в породах с миндалинами, овоидами, стяжениями и другими формами включений.

III. Сравнение структур

Описанные свойства структуры позволяют проводить численный анализ полученных соотношений.

А. Равномерно-зернистые структуры $S_1(l_1)$ и $S_2(l_2)$ равны, если $S_1(l_1) = S_2(l_2)$ и $l_1 = l_2$.

1. Сложение двух равных равномерно-зернистых структур S_1l_1 и S_2l_1 дает равную им равномерно-зернистую структуру.

2. Сложение равных равномерно-зернистых структур $S_1(l_1) + S_2(l_1) + \ldots + S_k(l_1)$ также дает равномерно-зернистую структуру, равную структуре составных частей.

Следствие 1. Если образец с равномерно-зернистой структурой разделить на некоторое количество частей, то каждая часть образца породы будет характеризоваться равной ей равномерно-зернистой структурой.

Следствие 2. Если в образце породы с равномерно-зернистой структурой изучена некоторая часть образца породы, то порода этой части образца характеризует и всю породу в целом.

Б. Сравнение неравномерно-зернистых структур.

1. Свертка $R(Sl)\mathbf{1}$ ранжируется по убыванию элемента $S_i\,(l_i)$, в результате получается мажоритарный ряд (термин взят из поисковой геохимии)

$$S_1(l_1) + S_2(l_2) + \ldots + S_i(l_i) + \ldots + S_{k-1}(l_{k-1}) + S_k\,(l_k) = S, \; [R(Sl)З]$$

в этом ряду для всех $S_i(l_i)$ всегда $S_i(l_i) > S_{i+1}(l_{i+1})$**.** Обычно на первое место ставят элемент, определяющий классификационную группу изученной породы.

Можно сформулировать признаки равенства структур. Даны две цепи вида

$$S_{11} \geq S_{12} \geq \ldots S_{1(n-1)} \geq S_{1n}\textbf{.}\ P\textbf{3} \qquad \textbf{(1)}$$

$$S_{21} \geq S_{22} \geq \ldots S_{2(n-1)} \geq S_{2n}\textbf{.}\ P\textbf{3} \qquad \textbf{(2)}$$

Длины цепей одинаковые, т. е. 1n = 2n. Тогда две структуры с цепями **Р3(1)** и **Р3(2)** назовем подобными, если эти цепи изоморфны, т. е. вкладываются одна в другую без изменения порядка расположения элементов. При этом $n_1 = n_2$, но $S_{1i} \neq S_{2i}$ при $l_{1i} = l_{2i}$.

Две подобные цепи равны, если $S_{1i} = S_{2i}$.

Поскольку ряд $R(S)$ по построению тождественен цепи $P3$, то будем считать две структуры равными, если ряды, соответствующие этим цепям:

$S_{11}(l_{11}) + S_{12}(l_{12}) + \ldots + S_{1i}(l_{1i}) + \ldots + S_{1(k-1)}(l_{1(k-1)}) + S_{1k}(l_{1k}) = S_1$, **[***R***(***Sl***)**3];

$S_{21}(l_{21}) + S_{22}(l_{22}) + \ldots + S_{2i}(l_{2i}) + \ldots + S_{2(k-1)}(l_{2(k-1)}) + S_{2k}(l_{2k}) = S_2$, **[***R***(***Sl***)**3]

обладают свойствами: 1) они также изоморфны; 2) для любых элементов $S_{1i}(l_{1i})$ и $S_{2i}(l_{2i})$ этих рядов при $l_{1i} = l_{2i}$ всегда $S_{1i}(l_{1i}) = S_{2i}(l_{2i})$. Если при $l_{1i} = l_{2i}$ всегда $S_{1i}(l_{1i}) \neq S_{2i}(l_{2i})$, такие структуры назовём подобными.

Если структуры не равны, то для оценки степени расхождения мажоритарных рядов используют представления теории перестановок (без повторения) [6, 8]. Методика проведения такого сравнения описана в работах [7 - 9].

Основой анализа является выделение структур *R***(***Sl***)**2 и *R***(***Sl***)**3, построенных по основанию *SP*4, и в них элементы расположены по убыванию размерных параметров. Таким образом, имеем:

$$\begin{cases} l_1 > l_2 > \ldots > l_{n-1} > l_n \\ S_1(l_1) + S_2(l_2) + \ldots + S_{k-1}(l_{k-1}) + S_k(l_k) \end{cases}.$$

В этом случае первый элемент определяет название структуры на основе сравнения со специальной классификацией (эталоном). Совершенно ясно, что с одним и тем же основанием может быть большое количество структур. Поэтому множество структур, построенных по общему основанию, назовем ***семейством структур по основанию* (*SP*4)**. Можно выделить два крайних случая:

а) в обоих рядах порядок элементов одинаковый;

б) порядок элементов во втором ряду противоположен таковому первого ряда.

При совпадении этого порядка индекс инверсии $J = 0$. Если числа подстановки (второго ряда) располагаются в порядке? обратном, чем в первом ряду, то $J_{\max} = 2^n$. Число $J/J_{\max}$ иногда называют вероятностью по Керкендалю.

2. Элемент $S_i(l_i)$ разлагается на числовые параметры l_i и S_i, являющиеся значениями координатных осей. По этим параметрам строится график $S_i = f(l_i)$ [2, 17 – 19 и др.]. Полученное графическое отображение структуры называют **структурным спектром** [17, 18], а свертку *SP***4** – основанием этого спектра. Пример спектров показан на рис. 1, 2, основания спектров отмечены прямоугольниками. Применительно к рыхлым осадкам методика работы со спектрами описана в работе [19]. В ней проведен анализ этих спектров на основе изучения песчаных осадков Чудского озера (см. рис. 1.). Здесь выделяют структурные линейчатые и непрерывные спектры. Проявленность структурных спектров различная. В простом случае спектр одномодален часто с нормальным распределением размерных параметров, обусловленным флюктуациями скорости течения потока. В реальных условиях спектр имеет две или более вершины; среди них выделяют одновершинную часть спектра, характеризуемую максимальным количеством встречаемости размерного параметра. Эта часть – главная компонента, остальные – дополнительные. Часто [17, 18] дополнительные компоненты спектра объясняются привносом вещества дополнительными потоками.

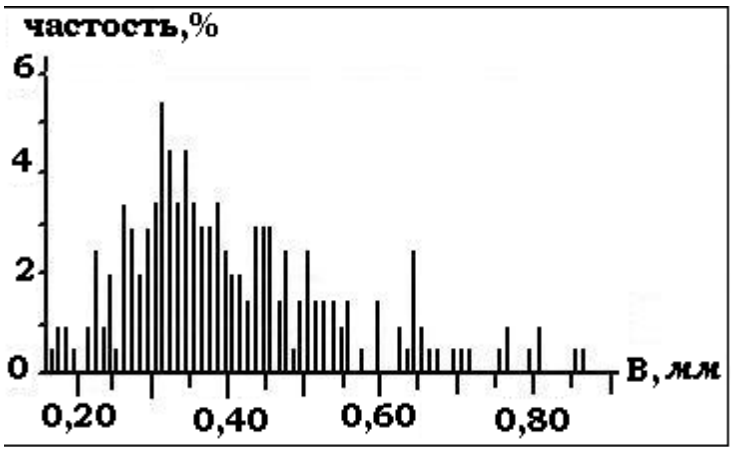


Рис. 1. Линейчатые спектры распределения размеров полуокатанных зерен в осадках Чудского озера

IV. Использование структурных спектров

В [19] описана работа со спектрами, позволяющая оценивать скорость и мутность потока – суспензии.

Сравнение спектров для двух объектов позволяет оценить и относительную интенсивность движения этих потоков. Для этого рассмотрим кинетические энергии этих потоков – $E_1 = \Sigma(m_1 v_1^2)/2$ и $E_2 = \Sigma(m_2 v_2^2)/2$. Для всех частиц суспензии скорости равны, поэтому можно записать: $E_1 = (v_1^2)\Sigma m_1/2$ и $E_2 = (v_2^2)\Sigma m_2/2$. За основу анализа взят кварц как главный транспортирующий агент в обоих потоках, поэтому оценивается парциальная интенсивность движения потоков. Скорости движения частиц известны, поэтому $E_1/E_2 = KM_1/M_2$, где $K = (v_1^2)/(v_2^2)$, $M_1 = \Sigma m_1$, $M_2 = \Sigma m_2$.

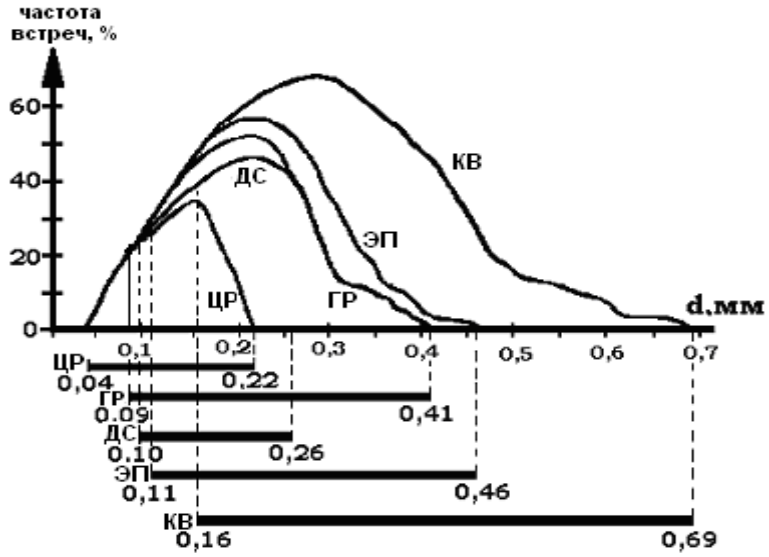


Рис. 2. Структурный спектр по оси С осадков побережья Белого моря [17, 19]: *минералы*: КВ – кварц; ГР– гранат; ДС – диопсид; ЭП – эпидот; ЦР – циркон

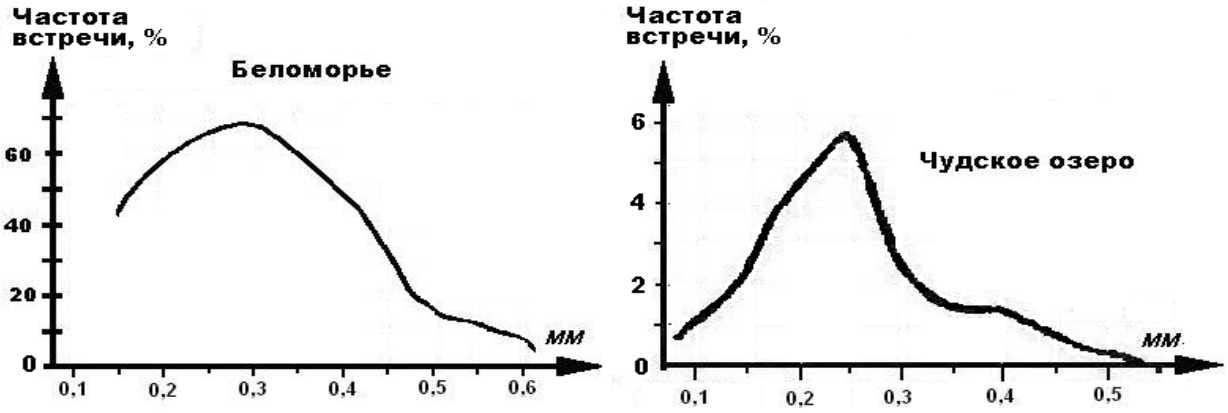


Рис. 3. Сравнение непрерывных структурных спектров по кварцу на побережьях Белого моря (Беломорье) и Чудского озера

Для упрощения положим $K \approx 1$. Так как $M = V\rho$, то $E_1/E_2 = V_1/V_2 \approx S_1/S_2$, где $S \approx P \cdot \Delta l$ – площадь графика между линией спектра и осью абсцисс, P – средняя величина встречаемости зерен заданного размера (средняя частота встреч, %), $\Delta l = l_{\max} - l_{\min}$ – размах основания структуры; l_{min} и l_{max} – минимальные и максимальные размеры зерен. Для примера на рисунке приведены структурные непрерывные спектры по осям *С* в осадках Белого моря и Чудского озера по материалам работы [19]. Для осадков Белого моря S_1 = 22,8 условных единиц (у. е.), для осадков Чудского озера – 0,91 у. е.; $K = (v_1^2)/(v_2^2) \approx 1$. Тогда E_1/E_2 = 22,8/0,91 = 25. Таким образом, интенсивность перемещения суспензии кварца в Белом море как минимум в 25 раз выше, чем в потоках Чудского озера, что уточняет сведения, помещенные в работе [16].

Библиографический список

1. **Ажгирей Г. Д.** Структурная геология. М.: Изд-во МГУ, 1966.

2. **Батурин В. П.** Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.: Изд-во АН СССР, 1947.

3. **Елисеев Н. А.** Структурная геология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1953.

4. **Косыгин Ю. А., Воронин Ю. А.** Геологическая структура. Опыт формализованного определения и описания. Статья I. Определение понятия геологической структуры // Геол. и геоф. 1966. № 11. С. 16-25.

5. **Косыгин Ю. А.** Понятие структуры в геологических исследованиях // Геол. геоф., 1970. № 4. С. 76-86.

6. **Курош А.Г.** Лекции по высшей алгебре. М.: Наука, 1973. 399 с.

7. **Макаров В. П.** Некоторые вопросы сравнения общих ореолов элементов рудных месторождений // Геология и геофизика. 1980. № 9. С. 124-135.

8. **Макаров В. П.** Вопросы систематики геохимических ореолов и аномалий // Изв. вузов. Сер.: Геология и разведка. 1983. № 6. С. 52-57.

9. **Макаров В. П.** Фракционирование радиогенных изотопов и изобаров в природных условиях // Отечественная геология,1993. № 8. С. 63-71.

10. **Макаров В. П.** Некоторые подходы к созданию классификаций геологических образований. 1. Общие свойства классификаций. 2. Классификационные признаки // Терригенные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения: мат-лы V Уральского лит. совещ. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2002. С. 120-124.

11. **Макаров В. П.** Некоторые проблемы геологии. 1. Структура и текстура. Тез. докл. / VI Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». М.: Изд-во МГГРУ, 2003. Т. 1. С. 238-241.

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

13. **Петтиджон Ф. Дж.** Осадочные породы. М.: Недра, 1981.

14. **Половинкина Ю. И.** Структуры горных пород. М.–Л.: Госгеолиздат, 1948. Т. 1.

15. **Скорняков Л. А.** Элементы теории структур. М.: Наука, 1982.

16. **Страхов Н. М.** Осадконакопление в современных водоемах. М.: Наука, 1993.

17. **Сурков А. В.** Методика грануло-минералогического анализа при изучении обломочный пород // Изв. вузов. Геология и разведка. 1993. № 3. С. 36-43.

18. **Сурков А. В.** Новое в изучении песчано-алевритовой компоненты россыпей и осадочных пород. М.: Изд-во Е. Разумова, 2000.

19. **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.

20.**Усманов Ф. А.** Об одном подходе к математизации структурной геологии // Применение математических методов и ЭВМ при решении типовых геологических задач. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1976. С. 130.

21. **Швецов М. С.** Петрография осадочных пород. М.: Госгеолиздат, 1948.

22. **Япаскурт О. В.** Исследование осадочных горных пород. М.: Изд-во МГУ, 1998. Ч. 1.

Раздел II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД И ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 551

А. В. Маслов[1, 2], **Г. А. Мизенс**[1, 2], **М. Т. Крупенин**[2]
[1]Уральский гос. горный университет
[2]Институт геологии и геохимии УрО РАН

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНИКОВ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРЕДГОРНОГО ПРОГИБА (Средний Урал)

Позднепалеозойский (C_2-P_1) Предуральский прогиб является одним из эталонных примеров подобного рода структур. В течение карбона и почти всей ранней перми в нем в условиях некомпенсированного прогибания формировались флишевые отложения [2, 3]. В конце ранней перми прогибание на территории Южного и Среднего Урала замедлилось, и флиш постепенно сменился более мелководными отложениями (шлировая формация), которые замещались на западе эвапоритами. В поздней перми и раннем триасе на смену шлиру пришли красноцветные континентальные (преимущественно аллювиальные и пролювиальные) молассовые образования. Они широко развиты в южной части Предуральского прогиба (Бельская и Актюбинская впадины). Суммарная мощность красноцветной молассы составляет здесь более 5000–6000 м. В среднеуральском сегменте предгорного прогиба достоверные молассовые образования отсутствуют; считается, что это связано, скорее всего, с последующим их размывом. На Северном Урале (Соликамская впадина) в разрезах уфимского и, частично, казанского ярусов верхней перми красноцветные континентальные образования появляются вновь, но мощность их заметно меньше, чем в южноуральском сегменте. На Приполярном и Полярном Урале флиш сменяется шлиром уже во второй половине артинского века, однако континентальные образования здесь появляются тоже только в верхней перми. В южной части Приполярного Урала (Верхнепечорская впадина) это чередующиеся красноцветные и сероцветные образования, севернее – преобладают сероцветные угленосные отложения. Суммарная мощность верхнепермских и триасовых отложений составляет здесь 2000–4000 м и более. Таким образом, по стилю своего развития Предуральский предгорный прогиб весьма близок к Северо-Альпийскому форланду – синорогенные псаммиты присутствуют здесь и в составе флишевых, и в составе молассовых последовательностей. Специфическая особенность песчаников как флиша, так и молассы – высокая первичная карбонатность.

По составу аллотигенных компонентов верхнепалеозойские псаммиты Предуральского прогиба представлены граувакками [1, 3]. Это кварцевые, полевошпат-кварцевые, кварц-полевошпатовые, полевошпатовые и собст-

венно граувакки по классификации В.Д. Шутова [5]. Содержание кварца в них колеблется в широких пределах: от 4–5 % в кунгурских песчаниках бассейнов рр. Усьвы и Косьвы (Северный Урал) до 70–75 % в некоторых сакмарских породах р. Березовой (Северный Урал). Наиболее широко, однако, развиты песчаники, в которых присутствует 10–25 % кварца. Полевые шпаты, как правило, представлены плагиоклазами; содержание их варьирует от 2–5 % в кварцевых граувакках бассейнов рр. Уфы, Чусовой и Лысьвы (Средний и Северный Урал) до 25–30 % в полевошпатовых и некоторых кварц-полевошпатовых граувакках.

Главной составляющей частью почти всех верхнепалеозойских песчаников Западного Урала являются обломки пород. Их количество колеблется от 30 до 90–95 %, и представлены они различными изверженными (основными, средними и кислыми, редко щелочными вулканитами, в единичных случаях серпентинитами), осадочными (кремнистые породы, известняки, существенно реже кварцитовидные и кварцевые песчаники, полимиктовые песчаники, аргиллиты) и, в меньшей степени, метаморфическими породами (кварциты, кристаллические сланцы).

Аутигенные минералы объединяют кальцит, доломит, пирит, хлорит, диоктаэдрическую гидрослюду, монтмориллонит, кварц, анальцим; в подчиненном количестве присутствуют барит, целестин, ангидрит, гипс, анатаз, флюорит и др. Основным среди них является кальцит как главный цементирующий минерал. Количество его в породе колеблется, как правило, от 10–15 до 40–50 %. Среди песчаников кунгурского яруса местами довольно широко развиты гипсовый и ангидритовый цементы. Глинистый цемент, по сравнению с кальцитовым, менее распространен. Важное место среди аутигенных минералов занимает анальцим [1].

Направленное изменение вещественного состава песчаников в верхнепалеозойских терригенных толщах Предуральского прогиба не наблюдается [3]. Зрелость обломочных пород вверх по разрезу не увеличивается. По всей площади это породы первого цикла осадконакопления. Наблюдающееся местами обогащение граувакк кварцем не связано с продвижением вверх по разрезу. Образование кварцевых граувакк связано с появлением в области размыва древних кварцевых песчаников, кварцитов. Богатые кварцем граувакки в данном случае нельзя считать зрелыми породами, поскольку увеличение количества кварца не связано с исчезновением неустойчивых обломков пород и минералов. С таким кварцем вполне сочетаются, например, обломки серпентинитов.

Какие-либо систематические сведения по литохимии псаммитов Предуральского прогиба до недавнего времени практически отсутствовали. Некоторые аналитические данные для флишевых и, частично, молассовых песчаников приведены только в работах Г. А. Мизенса [1] по артинскому и кунгурскому ярусам Среднего Урала и Я. Э. Юдовича [6, 7] для кечьпель-

ской свиты нижней перми Лемвинской зоны, а также нижне- и верхнепермских молассовых отложений северной части прогиба.

На Среднем Урале в составе обломочного материала присутствует большое (и непостоянное количество известняков), характерен карбонатный цемент, поэтому содержание CaO и MgO исключительно изменчивое. Чтобы можно было сравнивать более выдержанную силикатную составляющую этих пород, был сделан перерасчет без учета карбонатов. По этим материалам медианное содержание SiO_2 в песчаниках Лемвинской зоны составляет 64,4 ± 5,6 %, а на Среднем Урале, за некоторыми исключениями, 70,4 ± 7,2 %. Величина $Al_2O_{3медиана}$ соответственно равна 13,3 ± 2,6 и 12,8 ± 2,5. Медианное значение отношения Al_2O_3/SiO_2 составляет в том и другом случае ~0,2 ± 0,03. Медианное содержание оксида кальция равно на Приполярном Урале 1,9 ± 0,9, тогда как $MgO_{медиана}$ примерно в 1,2 раза выше. Максимальное содержание оксида кальция в указанных псаммитах достигает 5,1 %, оксида магния – 12,0 %. Содержание Na_2O на севере варьирует от 1,3 до 4,6 %, на Среднем Урале оно такое же (от 1,4 до 4,6 %); минимальное содержание K_2O на Приполярном Урале составляет 0,45 %, а максимальное почти на порядок больше. Для песчаников Среднего Урала этот параметр состава изменяется от 0,9 до 2,1 %. Медианная величина отношения K_2O/Na_2O на севере равна 0,5 ± 0,2, а на Среднем Урале – 0,8 ± 0,5. Медианное значение ГМ во флишевых песчаниках северной части Предуральского прогиба составляет ~0,4 ± 0,1, на Среднем Урале ~0,3 ± 0,1.

Для частичного восполнения этого пробела нами летом 2010 г. выполнен широкомасштабный отбор образцов песчаников и глинистых пород из разрезов верхнего карбона, перми и триаса средне- и южноуральского сегментов Предуральского предгорного прогиба, для которых в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН рентген-флуоресцентным и ICP-MS методами определены содержания основных петрогенных оксидов и широкого спектра элементов-примесей.

Настоящая публикация содержит сведения о химическом составе песчаников московского яруса среднего карбона и всех ярусов нижней перми среднеуральского сегмента предгорного бассейна (окрестности пос. Арти и г. Михайловска). Чтобы можно было понять, как влияет присутствие обломков известняков и кальцитового цемента на общее содержание породообразующих окислов, исключать «карбонатные» CaO и MgO из дальнейшего рассмотрения мы не стали.

В представленной выборке (всего 68 образцов) минимальное среднее содержание SiO_2 составляет 37,7 ± 7,6 %. Оно характерно для псаммитов сакмарского яруса (см. таблицу). Максимальная средняя величина SiO_2 равна 60,9 ± 3,5 % (верхняя часть артинского яруса). Вариации средних содержаний SiO_2 снизу вверх по разрезу выражены достаточно отчетливо – в интервале от московского яруса до сакмарского наблюдается их снижение, далее заметный рост (песчаники нижней части артинского яруса имеют SiO_2 = 46,1 %, верхнеартинские – 60,9 %) и вновь снижение (рис. 1, *а*).

Таблица

Содержания основных петрогенных оксидов в песчаниках Предуральского краевого прогиба

Компоненты	Московский	Ассельский	Сакмарский	Артинский (н.)	Артинский (в.)	Кунгурский (в.)
SiO_2	48,60±6,16 34,89–56,13	40,11±4,88 32,43–47,75	37,71±7,57 22,07–50,74	46,12±3,56 41,27–50,58	60,95±3,50 56,59–65,94	49,95±3,49 46,11–53,88
TiO_2	0,36±0,07 0,24–0,46	0,37±0,08 0,25–0,54	0,21±0,07 0,11–0,35	0,30±0,09 0,21–0,48	0,49±0,14 0,31–0,68	0,40±0,07 0,30–0,50
Al_2O_3	7,77±1,29 5,08–9,65	8,57±1,16 6,79–11,00	6,07±1,26 3,96–8,94	8,91±0,77 7,75–9,83	10,83±2,22 7,74–13,99	10,18±0,90 9,27–11,08
Fe_2O_3общ.	3,77±0,84 2,66–5,03	4,41±0,79 3,28–6,01	2,18±0,61 1,39–3,76	2,80±0,96 1,85–4,61	5,34±1,85 3,01–8,09	3,33±0,35 2,73–3,57
MnO	0,07±0,01 0,06–0,11	0,09±0,02 0,07–0,13	0,05±0,01 0,04–0,07	0,07±0,01 0,07–0,08	0,08±0,01 0,06–0,09	0,07±0,005 0,06–0,07
MgO	4,66±0,74 3,37–6,22	3,17±0,32 2,68–3,78	2,09±0,24 1,61–2,58	2,01±0,44 1,75–2,90	2,70±0,86 1,65–3,70	2,62±0,24 2,42–3,03
CaO	16,00±4,68 10,05–26,59	20,77±4,04 14,03–26,01	25,55±4,70 16,13–34,17	18,78±2,65 16,23–22,51	8,27±3,40 3,87–14,68	15,19±2,23 13,20–18,04
Na_2O	1,75±0,40 1,20–2,40	2,91±0,48 1,90–3,80	1,84±0,85 0,90–4,30	2,78±0,23 2,50–3,10	2,73±0,45 2,00–3,30	2,64±0,11 2,50–2,80
K_2O	1,03±0,25 0,51–1,33	0,93±0,13 0,71–1,18	0,62±0,18 0,33–1,01	1,22±0,25 0,82–1,55	0,84±0,16 0,65–1,06	1,64±0,14 1,49–1,79
P_2O_5	0,13±0,01 0,12–0,15	0,15±0,01 0,13–0,18	0,12±0,02 0,09–0,15	0,16±0,02 0,14–0,18	0,15±0,02 0,12–0,17	0,18±0,01 0,17–0,18
ппп	16,06±3,85 10,50–24,00	18,54±3,52 12,60–23,50	23,77±5,12 14,60–34,50	17,02±2,51 14,10–21,00	7,75±1,72 4,90–10,80	14,10±2,28 11,80–17,00
Al_2O_3/SiO_2	0,16±0,02 0,11–0,17	0,21±0,01 0,20–0,23	0,16±0,01 0,13–0,18	0,19±0,01 0,18–0,22	0,18±0,04 0,13–0,25	0,20±0,01 0,20–0,21
Na_2O/K_2O	1,79±0,50 1,10–2,74	3,17±0,47 2,35–3,96	2,95±0,78 2,08–5,38	2,38±0,61 1,68–3,29	3,25±0,37 2,83–3,75	1,62±0,14 1,45–1,78
K_2O/Al_2O_3	0,13±0,02 0,10–0,16	0,11±0,01 0,09–0,13	0,10±0,01 0,08–0,11	0,14±0,02 0,11–0,16	0,08±0,01 0,06–0,09	0,16±0,006 0,15–0,17
n	14	22	13	6	8	5

Примечание. В числителе – среднее содержание и стандартное отклонение, в знаменателе – минимальное и максимальное содержания, n – число проанализированнаых образцов.

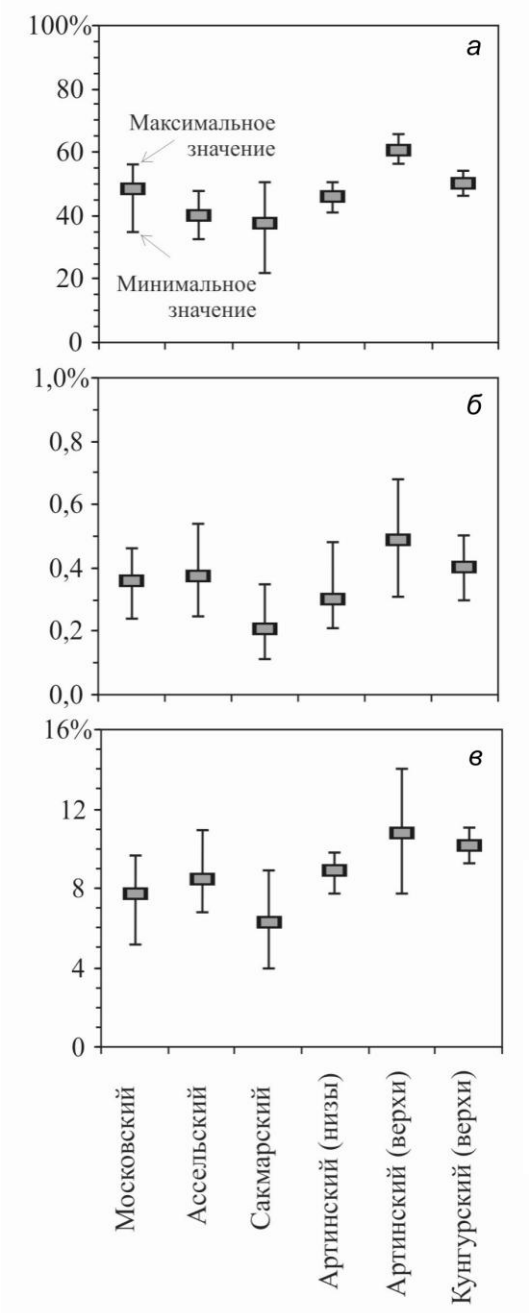


Рис. 1. Характер изменения средних (серые прямоугольники), минимальных и максимальных содержаний SiO_2 (*а*), TiO_2 (*б*) Al_2O_3 (*в*) в песчаниках московско-кунгурского интервала осадочного выполнения среднеуральского сегмента Предуральского предгорного прогиба

Изменение средних содержаний оксида титана практически тождественно отмеченной для SiO_2 тенденции в верхней (сакмарско-кунгурской) части разреза, тогда как песчаники ассельского яруса содержат несколько больше оксида титана, чем псаммиты и московского, и сакмарского ярусов. Минимальное среднее содержание TiO_2 (0,21 %) наблюдается в песчаниках сакмарского яруса, максимальное (0,49 %) характерно для псаммитов верхней части артинского яруса (рис. 1, *б*).

Аналогично TiO_2 ведет себя и Al_2O_3 (рис. 1, *в*). Максимальное среднее содержание оксида алюминия (10,8 %) характерно для песчаников верхней части артинского яруса. В псаммитах нижней его части средняя величина Al_2O_3 составляет 8,9 %, а для псаммитов сакмарского яруса присуще минимальное среднее содержание (~6,1 %).

Распределение средних содержаний $Fe_2O_{3общ.}$ в целом повторяет ту закономерность, что отмечена выше и для TiO_2, и для Al_2O_3 , за исключением верхов артинского яруса (рис. 2, *а*).

Максимальное среднее содержание MgO (4,7 %) характерно для песчаников московского яруса. Вверх по разрезу, вплоть до низов артинского яруса, рассматриваемый параметр состава псаммитов заметно снижается (ассельский ярус – 3,2 %, сакмарский – 2,1 %, низы артинского – 2,0 %) (рис. 2, *б*), и только затем наблюдается его некоторый рост. Скорее всего, такие колебания MgO определяются присутствием доломита в составе цемента.

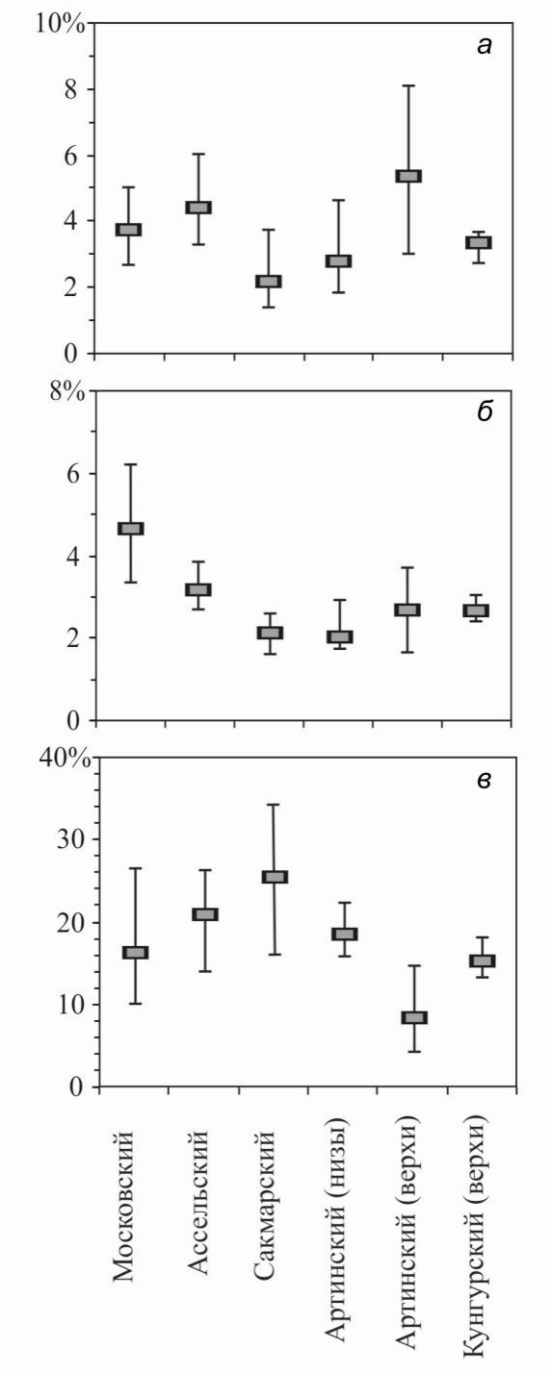


Рис. 2. Характер изменения средних, минимальных и максимальных содержаний Fe_2O_3 общ. (*а*), MgO (*б*) и CaO (*в*) в песчаниках московско-кунгурского интервала осадочного выполнения среднеуральского сегмента Предуральского форландового бассейна

Средние содержания CaO в песчаниках московско-сакмарского интервала разреза Предуральского форландового бассейна растут от 16,0 до 25,5 %, в песчаниках нижней части артинского яруса величина CaOсредн. составляет 18,8 %. Песчаники верхней части артинского яруса обладают минимальным во всей проанализированной нами выборке средним содержанием CaO (8,3 %). Псаммиты кунгурского яруса имеют несколько более высокое среднее содержание этого оксида, нежели верхнеартинские песчаники (рис. 2, *в*).

Среднее содержание Na_2O в псаммитах московского яруса составляет 1,7 %, в песчаниках ассельского яруса оно возрастает до 2,9 %, однако в сходных по гранулометрическому составу породах сакмарского яруса снижается до 1,8 % (рис. 3, *а*). Выше по разрезу среднее содержание оксида натрия в псаммитах остается примерно постоянным (2,6–2,8 %). Интересно отметить, что песчаники сакмарского яруса характеризуются наибольшим во всей исследованной нами выборке разбросом минимальных и максимальных содержаний упомянутого оксида – от 0,9 до 4.3 % (т.е. более 4 раз), тогда как для псаммитов других ярусов этот параметр не превышает 2 или вообще снижается до 1,1–1,2 (песчаники верхов артинского и кунгурского ярусов).

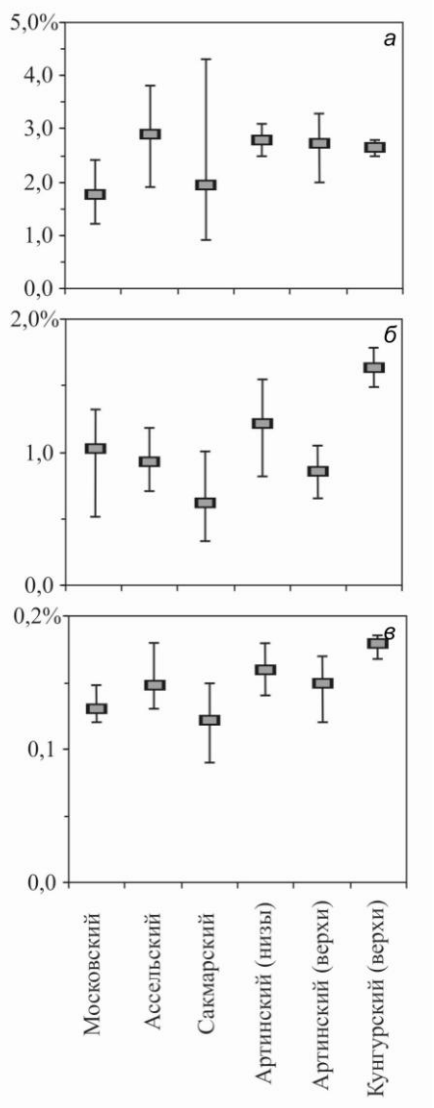


Рис. 3. Особенности изменения средних, минимальных и максимальных содержаний Na_2O (*а*), K_2O (*б*) и P_2O_5 (*в*) в псаммитах московско-кунгурского интервала осадочного выполнения среднеуральского сегмента Предуральского предгорного прогиба

Максимальное среднее содержание оксида калия (1,6 %) характерно для песчаников верхов кунгурского яруса (рис. 3, *б*). В нижней части разреза (в псаммитах московского яруса) этот параметр тоже довольно высокий – 1,03 % ± 0,25, но потом снижается до 0,6 % в сакмарских породах.

В песчаниках нижней части артинского яруса $K_2O_{средн.}$ составляет 1,2 %, однако в псаммитах верхней части данного яруса вновь снижается до 0,8 %. Наибольший разброс минимальных и максимальных содержаний K_2O характерен для песчаников московского яруса, наименьший присущ псаммитам верхов кунгура.

Средние содержания P_2O_5 в рассматриваемых песчаниках варьируют от 0,12 до 0,18 % с достаточно отчетливой тенденцией к увеличению вверх по разрезу (рис. 3, *в*).

На классификационной диаграмме Ф. Петтиджона с соавторами [4] точки псаммитов карбона и нижней перми сосредоточены преимущественно в поле составов, характерных для литаренитов, часть же их (в основном это песчаники ассельского яруса, а также некоторая доля псаммитов верхов артинского яруса и кунгура) присутствует и в поле граувакк (рис. 4, *а*).

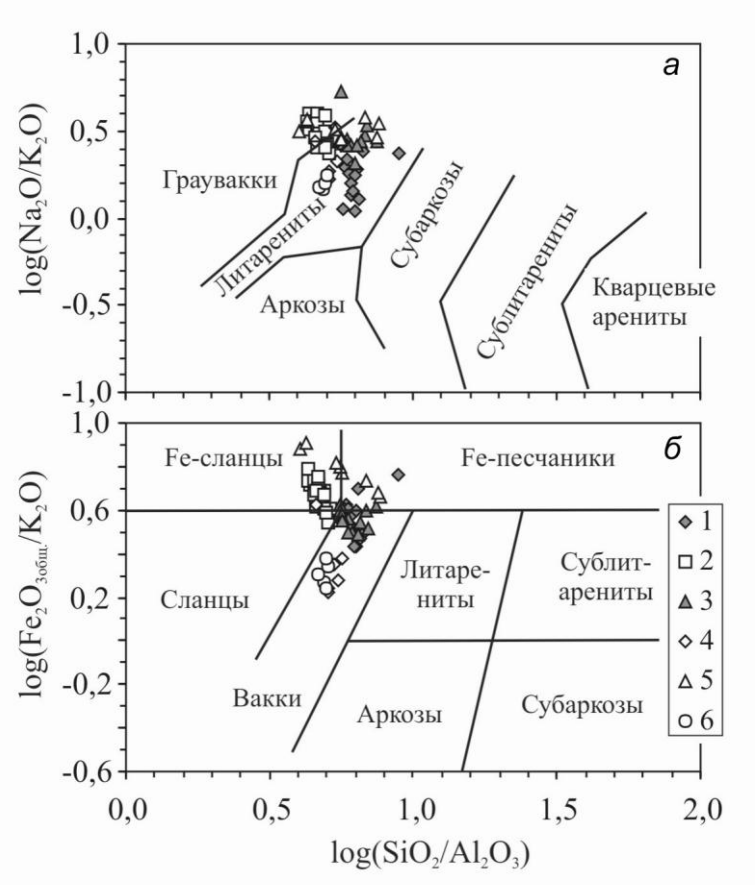


Рис. 4. Положение фигуративных точек песчаников карбона и нижней перми среднеуральского сегмента Предуральского краевого бассейна на диаграммах Ф. Петтиджона с соавторами (*а*) и М. Хиррона (*б*):

Песчаники: *1* – московского яруса; *2* – ассельского яруса; *3* – сакмарского яруса; *4* – артинского яруса (низы); *5* – артинского яруса (верхи); *6* – верхней части кунгурского яруса

На диаграмме М. Хиррона [8] исследованные нами породы распределены примерно поровну в полях вакк и Fe-сланцев (рис. 4, *б*), а часть фигуративных точек попала в поле Fe-песчаников.

Обратившись теперь к рассмотрению особенностей изменения снизу вверх по разрезу среднеуральского сегмента Предуральского предгорного бассейна величины Al_2O_3/SiO_2 в песчаниках, мы увидим отсутствие в целом какой-либо отчетливо выраженной тенденции (рис. 5, *а*). Амплитуда изменения значений Al_2O_3/SiO_2 в песчаниках верхней части артинского яруса практически полностью перекрывает амплитуды изменения максимальных и минимальных значений данного параметра в псаммитах всех других ярусов, за исключением московского. Вместе с тем, основываясь на анализе средних, минимальных и максимальных значений Al_2O_3/SiO_2 в песчаниках московского, ассельского и сакмарского ярусов, можно утверждать, что породы указанных интервалов разреза статистически различаются по данному параметру.

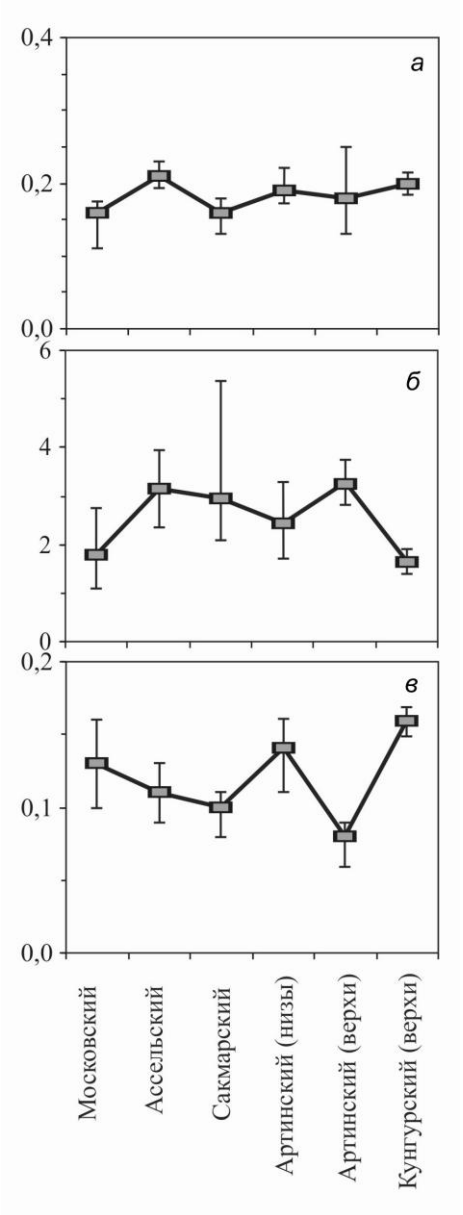


Рис. 5. Особенности изменения средних, минимальных и максимальных содержаний Al_2O_3/SiO_2 (*а*), Na_2O/K_2O (*б*) и K_2O/Al_2O_3 (*в*) в песчаниках московско-кунгурского интервала среднеуральского сегмента Предуральского предгорного прогиба

Средние значения Na_2O/K_2O варьируют от 1,6 (песчаники верхов кунгурского яруса) до 3,2 (верхи артинского яруса) (см. таблицу). Максималь-

ные значения данного отношения (2,4–3,2) присущи песчаникам ассельско-артинского интервала, тогда как псаммиты московского и кунгурского ярусов характеризуются средними значениями $Na_2O/K_2O < 2,0$ (рис. 5, б). Наибольший разброс минимальных и максимальных величин Na_2O/K_2O свойственен песчаникам сакмарского яруса.

Средние значения отношения K_2O/Al_2O_3 в песчаниках в ассельско-сакмарском интервале плавно снижаются, а для более высоких уровней разреза среднеуральского сегмента Предуральского форландового бассейна характерны значительные вариации данного параметра (рис. 5, *в*). Именно для этой части осадочного выполнения предгорного бассейна присущи как минимальное (0,08, песчаники верхов артинского яруса), так и максимальное (0,16, песчаники верхов кунгурского яруса) значения K_2O/Al_2O_3.

При сравнении петрографического и химического состава песчаников прослеживается отчетливая зависимость содержания тех или иных окислов от наличия обломков известняков, фрагментов раковин и кальцитового цемента, что затрудняет сопоставление силикатной составляющей, но в то же время позволяет оценить колебания карбонатности. Так, максимальное содержание CaO наблюдается в сакмарских песчаниках, минимальное – в верхнеартинских.

Изменчивое количество карбонатов не влияет на соотношения окислов, поэтому такие величины, как Al_2O_3/SiO_2, Na_2O/K_2O, K_2O/Al_2O_3, отражают особенности силикатной части песчаников. Отношение Al_2O_3/SiO_2 остается относительно ровным по всему изученному профилю и по всей территории Предуральского прогиба (кроме артинско-кунгурского этапа), Na_2O/K_2O на уровне московского и кунгурского ярусов существенно ниже, чем в средней части разреза, что, скорее всего, связано с большей ролью обломков кислых вулканитов. Низкое значение K_2O/Al_2O_3 характерно для порфиритовых граувакк верхнеартинского подъяруса, высокое – для кунгурских порфирит-фельзитовых и фельзитовых граувакк.

Для песчаников артинско-кунгурского интервала присущи максимальные вариации содержаний большинства породообразующих оксидов, что может являться отражением более пестрого состава пород в источниках сноса во время накопления отложений шлировой и молассовой формаций по сравнению с флишевым этапом.

Авторы искренне признательны за выполнение аналитических работ Н. П. Горбуновой, Л. А. Татариновой, В. П. Власову и Г. С. Неупокоевой.

Библиографический список

1. **Мизенс Г. А.** Петрография и минералогия нижнепермских песчаников западного склона Среднего Урала. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР. 1980. 60 с.

2. **Мизенс Г. А.** Об этапах формирования Предуральского прогиба // Геотектоника. 1997а. № 5. С. 33–46.

3. **Мизенс Г. А.** Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997б. 230 с.

4. **Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.

5. **Шутов В. Д.** Классификация терригенных пород и граувакк // Граувакки. М.: Наука, 1972. С. 9–29.

6. **Юдович Я. Э.** Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, 1981. 276 с.

7. **Юдович Я. Э., Шишкин М. А., Лютиков Н. В. и др.** Геохимия и рудогенез черных сланцев Лемвинской зоны Севера Урала. Сыктывкар: Пролог, 1998. 340 с.

8. **Herron M. M.** Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.

УДК 552.54

В. Г. Кузнецов

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина.

ПРИЗНАНИЕ В ЛЮБВИ, ИЛИ ГИМН КАРБОНАТНЫМ ПОРОДАМ

Не то, что мните вы, природа:

Не слепок, не бездушный лик –

В ней есть душа, в ней есть свобода,

В ней есть любовь, в ней есть язык…

Эти строки Ф.И. Тютчева, столь любимые и часто цитируемые геологами (грешен, сам использовал их уже в качестве эпиграфа ранее), имеют прямое и самое непосредственное отношение к карбонатным породам, так как их «словарный запас», разнообразие и богатство языка с точки зрения заложенной в них геологической информации, видимо, максимален, чтение и понимание ее – огромное удовольствие. Написав о *геологической* информации, я явно сузил сферу значения и воздействия карбонатных пород, их роль в искусстве, экономике и, вероятно, других отраслях человеческой деятельности.

Настоящие заметки – действительно признание в любви к объекту, заниматься которым пришлось (или, правильнее, посчастливилось) уже более 50 лет; занятие это часто доставляло и доставляет огромную радость и удовлетворение.

Сначала небольшая справка.

Существует около семидесяти минералов – природных солей угольной кислоты, но лишь четыре из них образуют осадочные карбонатные горные породы. Это прежде всего известняки и доломиты, количество или объем которых сопоставимы и в сумме составляют не менее 95 – 97 % карбонатных пород. В неизмеримо меньших количествах распространены магнезиты и еще меньших – сидериты. К карбонатным породам следует отнести и метаморфизованные разности – мраморы. В целом карбонатные породы слагают от 20 до 25 % общего объема стратисферы – осадочной оболочки земного шара.

Как правило, породы эти (исключая мраморы, и то не все) внешне невзрачны – серые разных оттенков, реже желтоватые, зеленоватые довольно мягкие, с неровным изломом, в общем «некрасивые». А сколько интересного и полезного несут они в себе! За этой «серостью», обыденностью можно и нужно! Найти столь много важного и занимательного. Именно в этой «серости» скрыта масса не только полезного, но и крайне интересного. Породы эти, если можно так выразиться, не только оставили свой след в искусстве, экономике и науке, но в определенной мере определили само развитие этих сторон человеческой деятельности.

Беру на себя смелость поделиться своими впечатлениями и наблюдениями именно по этим трем аспектам: искусство – эмоциональное воздействие, экономика, наука.

В Берлине, напротив замка Шарлотенбург, с его музеями располагается небольшой и скромный Египетский музей. Специалисты-египтологи могут оценить научную ценность его коллекций, но значение одного экспоната – изюминки музея, не вызывает сомнения ни у кого в мире. Это скульптурный портрет царицы Нефертити, созданный почти три с половиной тысячи лет тому назад. Эмоциональное воздействие скульптуры – полного света сияющего неземного существа – трудно, а точнее невозможно, да и не нужно передавать словами. Может быть, искусствоведы и могут описать гордую посадку головы, спокойствие прекрасных черт и т. д. – неизмеримо важнее общее и сугубо личное индивидуальное восприятие и ощущение, производимое этой небольшой скульптурой. И это удивительное создание человеческого художественного гения выполнено из «обычного» известняка. Не столь впечатляющие, изготовленные также из известняка скульптуры и барельефы Древнего Египта – предмет гордости ведущих художественных музеев мира. Прекрасные образцы экспонируются в Музее изобразительных искусств им. А. С. Пушкина в Москве.

Продолжая скульптурную тему, можно напомнить мраморные скульптуры античной Греции, классические творения Фидия, Лисиппа,

Праксителя, Поликлета и многих других мастеров, позднее многократно растиражированные древними римлянами. В это время использовался в основном мрамор, благо в регионе его было в общем достаточно, и появился инструмент для обработки более прочного чем известняк, материала. Следующая эпоха – творения мастеров Возрождения – Микеланджело, Верокьо, Донателло, Леонардо да Винчи и др., и далее вплоть до наших дней.

Кроме малых форм – скульптур карбонатные породы широко использовались в культовых сооружениях.

Из широко известных «семи чудес света» Древнего мира до наших дней сохранилось одно – египетские пирамиды. Они, кстати, и самые древние из этих «чудес». Первая каменная пирамида Нечерхета (Джосера) была возведена почти пять тысяч лет тому назад. Вскоре (естественно, в масштабах пятитысячелетней истории) были построены самые крупные пирамиды Хуфу (Хеопса), Хафры (Хефрена) и др. Созданы пирамиды из известняков, добывавшихся частично здесь же, частично в каменоломнях на другом берегу Нила. Подсчитано, что самая крупная пирамида Хеопса сложена из 2300000 глыб (блоков), каждая массой более 2,5 тонн. При этом глыбы тщательнейшим образом отполированы и настолько подогнаны друг другу, что никакой дополнительной цементации не потребовалось. До наших дней дошло выражение арабского писателя XIII века: «Все на земле боится времени, но время боится пирамид».

Карбонатные породы, и прежде всего мрамор, использовались и в других, не дошедших до нас объектах из списка семи чудес. Это храм Артемиды Эфесской, Галикарнасский мавзолей, Александрийский маяк на полуострове Фарос. Кстати, нижний ярус этого маяка был сложен из известняков и только верхний был мраморным.

Возвращаясь в Египет, нельзя не отметить еще одно удивительное творение, еще одну достопримечательность района – Большой Сфинкс – гигантскую фигуру лежащего льва с человеческой головой. Фигура вырублена из цельной известняковой скалы коренных пород. Нос и подбородок Сфинкса отбиты, но это не следствие разрушительного времени, увы, это дело рук человеческих. Правда, в вопросе о том, чьих именно рук, отечественные источники расходятся. По одной версии, завоевавшие Египет, арабы-мусульмане считали, что в этих изображениях живут злые духи и подобные лики надо уничтожать, что по возможности и сделали. По другой – вандализм приписывают развлечениям французских артиллеристов во времена египетского похода Наполеона. Так или иначе, мягкий известняк сохраняется тысячелетиями, но не выдерживает «культурного» воздействия Человека Разумного.

Широко использовались карбонатные породы, и прежде всего мраморы, в античной и эллинистической культурах. Классическая «простота» и соразмерность Парфенона – первого номера в списке мирового культурного наследия ЮНЕСКО, других подобных сооружений – до сих пор предмет

восхищения и эстетического наслаждения культурного человечества. «Мраморы Парфенона», выставленные ныне в Британском музее, производят, увы, меньшее впечатление. Не берусь судить, связано это с неудачной экспозицией или извлечением их из естественного их положения во фризе материнского здания, обилием других экспонатов и естественным рассеянием внимания. Не исключено, что это может быть сугубо личное впечатление. В любом случае художественная ценность их несомненна. Кстати, культовые сооружения и их скульптурные украшения «до Парфеноновой» эпохи были сделаны из известняков. Известняковыми были также лишь частично дошедшие до нас храм Зевса и его скульптуры в Олимпии, храм Аполлона в Коринфе и другие сооружения.

Чтобы закончить с древним миром – еще один объект, выставленный опять-таки в Германии. В Берлине, на Острове музеев, есть музей, построенный специально для одного экспоната. Сейчас это богатейшее собрание архитектуры с разнообразными и по-своему прекрасными экспонатами, но жемчужиной всего собрания продолжает оставаться Пергамский алтарь. Религиозное, по сути дела культовое сооружение всем своим обликом прославляет светлое жизнерадостное начало и создает приподнятое, праздничное и оптимистическое настроение. Из трех самых знаменитых, по мнению немецких искусствоведов и музейщиков, экспонатов берлинских музеев – два – Нефертити и Пергамский алтарь – изготовлены из карбонатных пород. Символично, однако!

Возвращаясь на родную землю, нельзя не сказать о карбонатных породах и прежде всего известняке – «белом камне» в российской истории и отечественной культуре. О белокаменной Москве мы знаем только из учебников истории, но отдельные сооружения из этого материала сохранились. Одно из уникальных и прекрасных строений – маленькая, удивительно пропорциональная белокаменная церковь Покрова-на-Нерли во Владимирской области. Возведенная на небольшом пригорке и отражаясь в окружающих спокойных водах, а автор увидел это маленькое чудо в период половодья, она удивительным образом вписывается в окружающий пейзаж. Конечно, соразмерность и изящество линий, прекрасно найденные пропорции – основа эстетического облика церкви. Но светлый известняк – законный «соавтор» гениального зодчего, который обеспечил естественное вхождение в ландшафт и полную гармонию с общей цветовой гаммой среднерусской природы с ее светлым неброскими красками. Красно-кирпичное здание тех же контуров и пропорций было бы в данном месте абсолютно дисгармонично.

Все, о чем говорилось выше, – это эмоциональное воздействие изделий и сооружений из карбонатных пород, фактор, крайне важный для появления интереса и общего отношения к объекту, причины его глубокого и целенаправленного изучения. Но карбонатные породы имеют несомненное и сугубо практическое значение. С полным правом можно утверждать, что

без карбонатных пород не было бы цивилизации XX века, а скорее всего и значительной части наступившего столетия. Точнее она была бы существенно иной. Можно ли представить XX век без бетона? Это массовое жилищное и практически полностью промышленное строительство (в XIX веке производственные здания в основном кирпичные), дороги, гидротехнические сооружения и пр. А бетон – это цемент, сырьем для которого являются карбонатные породы. Можно перечислять многочисленные и разнообразные области применения и использования карбонатных пород. Упомяну только один факт: порядка 40 % мировых запасов нефти связано с карбонатными породами. Посмотрим на породы с научной точки зрения, но сначала об общенаучном значении, а затем уже о нефтяной геологии.

Памятуя этический принцип моральных рекламщиков – рекламируя свой товар, нельзя хулить аналогичную продукцию конкурентов и вообще других производителей – постараюсь не очень критиковать другие породы. Кому-то они более дороги.

Даже просто единичный образец, а если еще дополненный шлифом («микрофация») нередко позволяет восстанавливать условия его образования, конкретные обстановки данного места и времени с точки зрения типа бассейна, его динамики, нередко глубины, температуры, солености и др. показателей, с такой полнотой и детальностью, которая недоступна другим породам.

Сердце какого геолога, да и просто интересующегося природой человека, выражаясь высоким стилем, не преисполнится восторгом при взгляде на некоторые полированные известняки и мраморы в облицовке зданий, общественных сооружений и даже дворцов. Прекрасные аммониты в красноцветных известняках образований «аммонитико россо» (в Москве далеко не лучшие сорта этого декоративного камня есть на станции метро Парк Победы), продольное сечение большой гастроподы на старой станции Библиотека им. Ленина, остатки разнообразной фауны в грузинском мраморе на Лермонтовской, комковатые цветные известняки и мраморы во многих залах Эрмитажа в Санкт-Петербурге. Перечислять подобные объекты можно почти бесконечно. В журнале «Наука и жизнь» периодически появляются заметки обычных посетителей, пользователей метрополитена с описанием подобных объектов – значит зацепило, значит интересно! А для профессионала одновременно с эстетическим наслаждением это открытая книга, в которой можно много прочесть об условиях того, много миллионов лет назад существовавшего моря, где формировались эти осадки. Эстетика и наука рука об руку!

Более того, исследование карбонатных пород позволяет реконструировать и глобальные геохимические обстановки на Земле, и их эволюцию в течение геологической истории. Недаром именно на примере карбонатных пород уже в 1909 году впервые была установлена эволюция осадочного породообразования в истории Земли. Процесс карбонатонакопления нераз-

рывно связан с историей CO_2 и через цикл Ca и Mg определяет кислотно-щелочные свойства внешних геосфер. Углекислый газ – основа питания автотрофов, производства органических веществ и одновременно кислорода, а значит, и окислительной обстановки. Строго говоря, кислород в процессе фотосинтеза освобождается при разложении воды, а не углекислого газа, но процессы эти тесно взаимосвязаны, и без карбонатного участия, хотя и опосредованного, здесь не обходится.

Карбонатный процесс в широком его понимании определяет геохимические обстановки гидро- и атмосферы, и более широко – области осадкообразования и осадконакопления. Никакие другие породы не содержат в себе столько и столь подробной информации, как о локальных, так и глобальных обстановках.

Совсем недавно я узнал, что чистые карбонатные породы – благоприятный объект для изучения процессов, далеких от моих научных интересов, а именно процессов высокотемпературного метаморфизма и они «… играют ключевую роль в расшифровке процессов орогенеза, как наиболее слабые пласты, приспосабливающиеся к местоположению покрова». Эти их свойства использованы, в частности, в исследовании происхождения каррарского мрамора – материала, с которыми работали гении эпохи Возрождения и последующие поколения скульпторов.

Возвращаясь к карбонатным породам – вместилищам нефти и газа, а часто и подземных вод вообще, нельзя не заметить, как разнообразны виды пустотного пространства этих пород, как многочисленны процессы их образования и преобразования. Изучение их – тоже поэма, причем поэма историческая, ибо все это происходит во времени – времени образования осадка, затем породы и продолжается в течение всей жизни породы. Немногие типы пород могут похвастаться столь разнообразными и столь длительно протекающими процессами вторичного преобразования.

Читатель вправе упрекнуть автора в передергивании, «недобросовестной конкуренции» и прочих смертных грехах, и будет, вероятно, прав. Свою научную карьеру я начал с изучения обломочных пород, были исследования солевых и очень кратко кремнистых пород, работы в области тектоники, фациального анализа и палеогеографии, цикл исследований по эволюции осадочного породообразования в истории Земли, но чем больше и шире занимался различными аспектами геологии, тем большей любовью проникался к породам карбонатным. Разве то эмоциональное воздействие, которое они оказывают, через художественные ли произведения, позволяя ли проникать в геологические тайны, получать ответы, вопрошая природу, и т. д., не достойное основание любить и восхищаться этими породами?!

УДК 552.541

К. Ю. Оленова
Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

МИКРОКОДИЕВЫЕ ИЗВЕСТНЯКИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КОЛВИНСКОГО МЕГАВАЛА

В процессе исследования кернового материала нижнепермских отложений северной части Колвинского мегавала (Тимано-Печорская провинция) были установлены многочисленные случаи развития микрокодиевых известняков.

Микрокодии впервые были описаны в 1912 году Г. Глюком. Однако с момента первого описания этих ископаемых остатков не утихают дебаты не только о таксономической принадлежности, но и вообще об органической природе микрокодий. Наиболее полно история изучения микрокодий рассмотрена в работах В. П. Маслова [2, 3, 4, 5] и в статье Б. Мамэ и А. Роукса. Б. Мамэ отметил существование 29 интерпретаций таксономического положения и происхождения микрокодий. Наиболее часто микрокодии описываются как водоросли неопределенного систематического положения Algae incertae sedis [3], проблематичные образования [9]. Б. Мамэ предположительно отнес род Microcodium к кодиевым зеленым водорослям.

Микрокодии из пермских отложений впервые были описаны В. П. Масловым [5]. Детальные исследования микрокодий проводились М. А. Плотниковым [7].

В последние годы некоторые зарубежные исследователи стали считать микрокодии «почвообразующими» организмами, полагая, что они характеризуют моменты крайнего обмеления и даже осушения, когда и шло формирование субаэральных почв. Так, например, А. Косир [8] в своей работе доказывает корневое происхождение микрокодий, сравнивая их древние виды с современными корнями растений.

Относительно экологии произрастания микрокодиевых водорослей существуют разные мнения. В. П. Маслов [4] считал, что они жили в пресных и соленых водоемах на глубине до 20 м. Другие ученые полагают, что они обитали в озерах. Поль Деманкон считал средой обитания этих ископаемых дельтовые фации. Имеются сведения о том, что это кодиевые – обитатели вод субтропического и умеренного климатических поясов, но проникают и в холодные воды [1]. Ряд исследователей указывают на морские отложения с микрокодиями. Из материалов В. А. Молина и С. Т. Ремизовой [6] следует, что микрокодии жили в очень разнообразных условиях – от континентальных до морских.

Основной целью данной работы является исследование микрокодиевых образований. Они изучались в разрезах восьми скважин одного месторождения, расположенного в северной части Колвинского мегавала.

В разрезах всех скважин встречены толщи пород, сложенные микрокодиевыми известняками, мощностью от 2,23 до 7,47 м.

Известняки биогермные микрокодиевые серых и коричневых оттенков, массивной, неоднородной, пятнистой (иногда за счет неравномерной пропитки ОВ), биогермной, неяснослоистой, узорчатой текстуры. Породы сложены микрокодиевыми образованиями, которые образуют известковые желвачки, розетки размером 0,2–1,2 мм, цилиндры и корочки, состоящие из мозаично и палисадно расположенных, вытянутых, уплощенных, изометричных кристаллов кальцита, создающих каркас (рис. 1), и частично разрозненных кристаллов кальцита размером 0,1–0,6 мм.

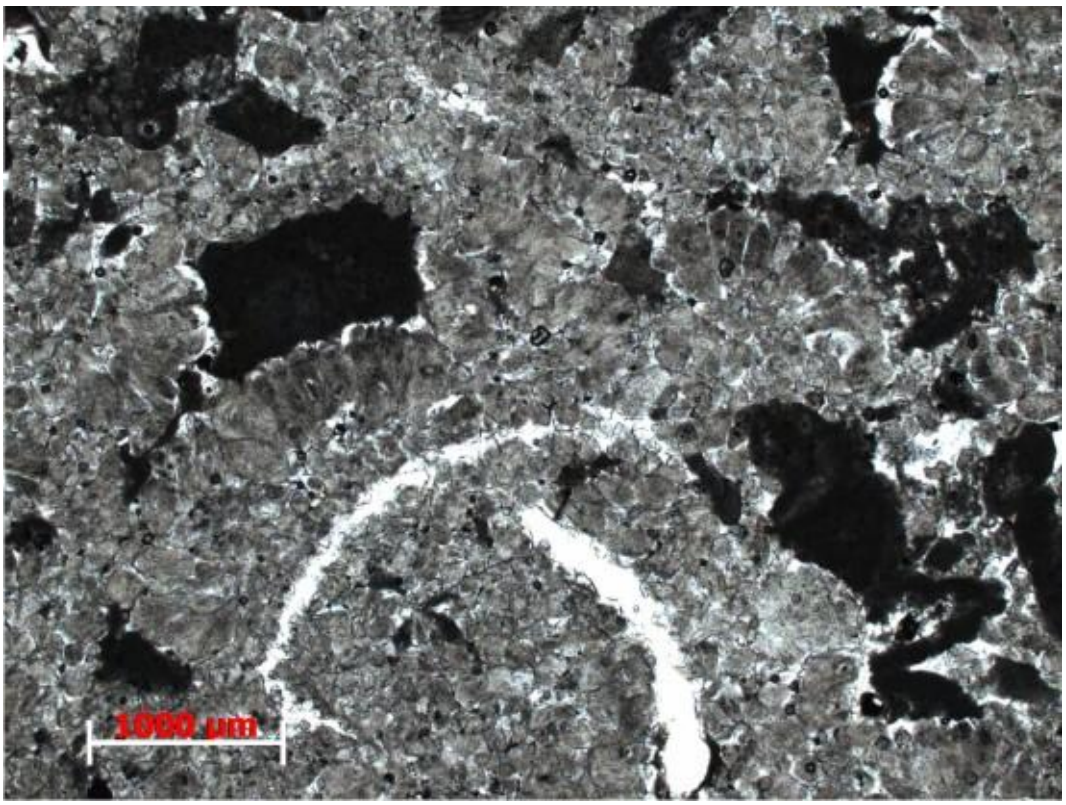


Рис. 1. Микрокодиевый каркас. Межкаркасный заполнитель представлен микросгустковой массой, остатками водорослей. Без анализатора. Масштабная линейка = = 1 мм

Породы представляют собой автохтонные известняки, где остатки микрокодий находятся в положении роста, что позволяет говорить о биогермной структуре пород. Каркас такого биогермостроителя является достаточно прочным. Он либо практически без заполнения межкаркасного пространства (с первичными межкаркасными пустотами или без таковых – более плотный), либо с заполнением промежутков каркаса карбонатным материалом в количестве до 35-40 % (рис. 2 – 3). Отмечается даже некое «прорастание» («врастание») каркаса Microcodium в другие органогенные остатки (раковины фораминифер, членики криноидей и др.).

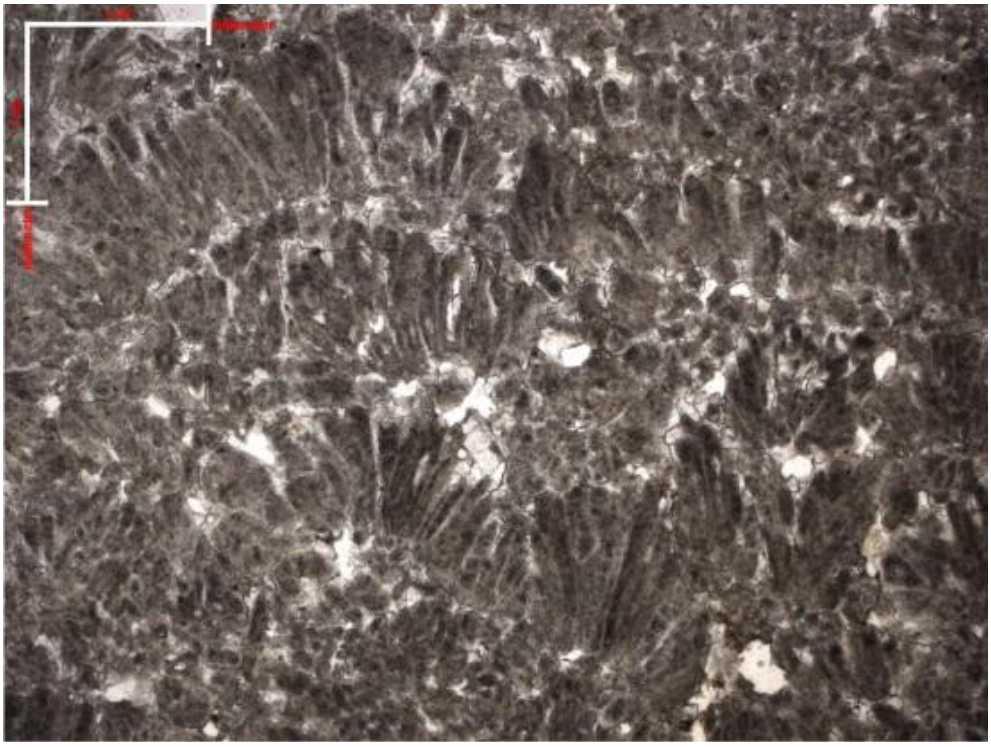


Рис. 2. Относительно плотный микрокодиевый каркас. Видны следы нарастания микрокодий. Без анализатора. Масштабная линейка = 1 мм

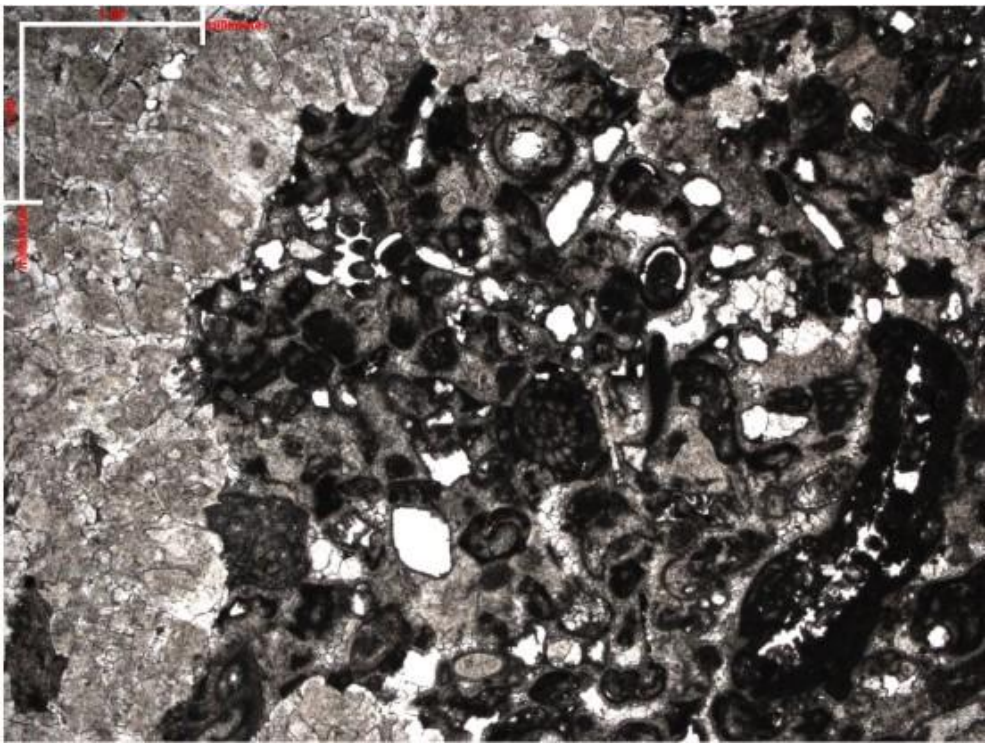


Рис. 3. Межкаркасное заполнение, представленное органогенно-обломочным фораминиферово-водорослевым материалом с яснокристаллическим кальцитовым цементом. Видны пустоты выщелачивания органогенных остатков (moldic). Без анализатора. Масштабная линейка = 1 мм

Межкаркасное пространство заполнено пелитоморфно-микросгустковой, микрокомковатой, тонко-мелкозернистой, редко микрозернистой массой кальцита, в которой присутствуют остатки тубифитесов, чехлы и остатки иногда перекристаллизованных филлоидных, зеленых, багряных, синезеленых водорослей (в виде прерывистых прослоев и участков), реже встречаются скелетные остатки мшанок, обломки раковин и иглы брахиопод, обломки и раковины фораминифер, обломки члеников криноидей, комки синезеленых водорослей (в отдельных случаях до 35 % биоты), иглы морских ежей, единичные обломки кораллов, раковины и обломки раковин остракод, гастропод, пластинчато-жаберных моллюсков, пластины палеоаплизин, неясный органогенный детрит и шлам. Сохранность биоты средняя и хорошая, реже плохая. Сортировка слабая. Количество органогенных остатков (кроме микрокодий) изменяется от единиц до 35 %, преимущественно составляет 10–25 %.

В ряде случаев отмечается вадозная цементация органических остатков в виде менискового, микросталактитового, каплевидного и др. подобных видов цемента.

В породах встречаются включения рудных минералов: лейкоксена (до 3 %), реже – сульфидов железа размером до 0,08 мм (количество до 1 %).

Отмечаются вторичные процессы, такие как кальцитизация, перекристаллизация, выщелачивание и стилолитизация.

Для рассмотренных отложений характерны биогермы, представленные как одним каким-либо биоценозом, так и биогермы с более сложным внутренним устройством. Были выделены определенные типы сукцессий (последовательные смены биоценозов в биогерме), анализ которых показал, что микрокодиевый биоценоз преимущественно завершает сукцессионный ряд.

Биогермные микрокодиевые известняки достаточно часто подвергались процессам выщелачивания, что положительно отразилось на их коллекторских свойствах. Равномерный каркас Microcodium предопределяет формирование и относительно «равномерно» распределенного пустотного пространства (рис. 4 – 6).

Породы, представляющие собой довольно плотные однородные микрокодиевые колонии, имеют небольшое количество как межкаркасных, так и внутрикаркасных пустот и характеризуются значениями пористости 5–6 %, что продемонстрировано на кривой распределения пористости (рис. 7).

Разности, сложенные крупными однородными колониями, в которых развита межкристаллическая внутрикаркасная пористость, а межкаркасное пространство содержит относительно небольшое количество заполняющей массы, обладают более высокой пористостью и определяют появление пика кривой распределения пористости со значениями 10–12 %.

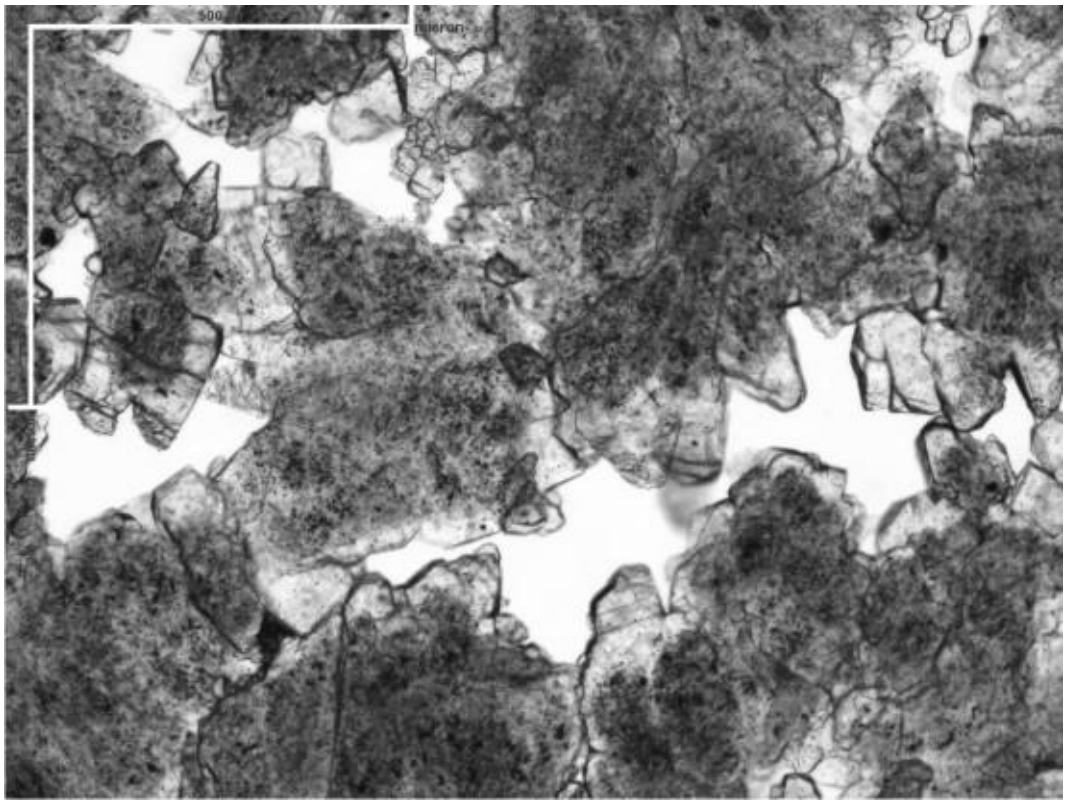


Рис. 4. Межкаркасные пустоты в биогермном микрокодиевом известняке. Без анализатора. Масштабная линейка = 0,5 мм

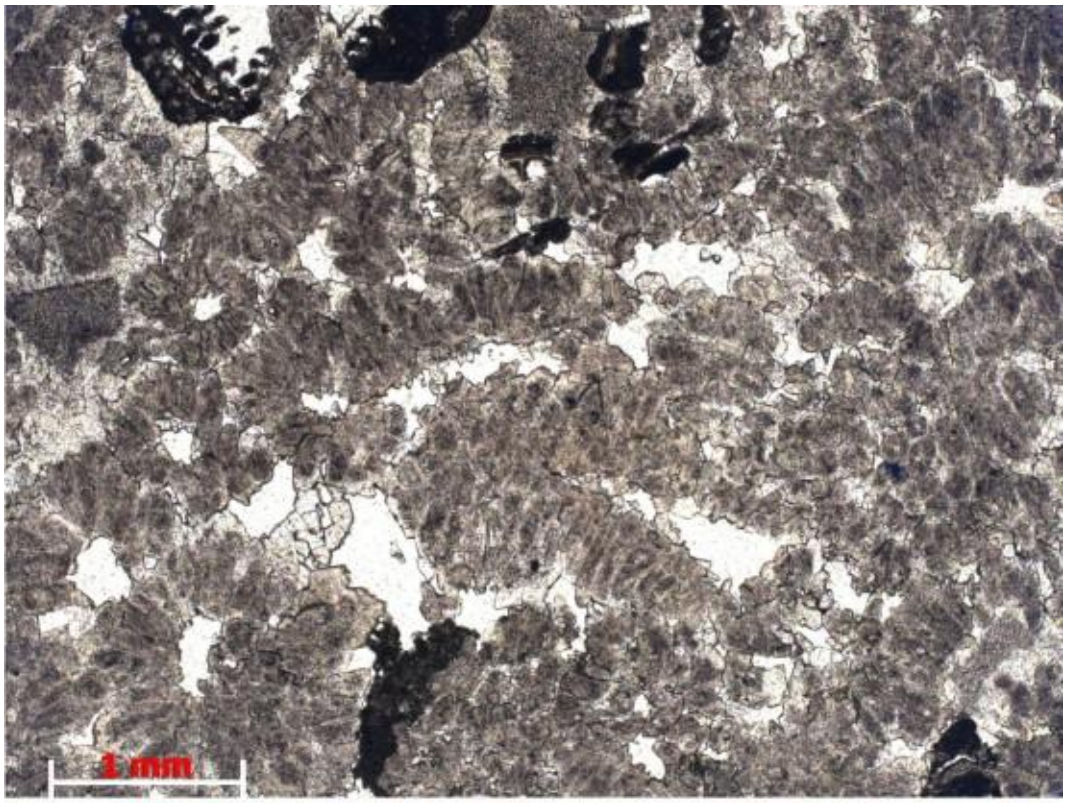


Рис. 5. Внутри- и межкаркасные пустоты. Без анализатора. Масштабная линейка = 1 мм

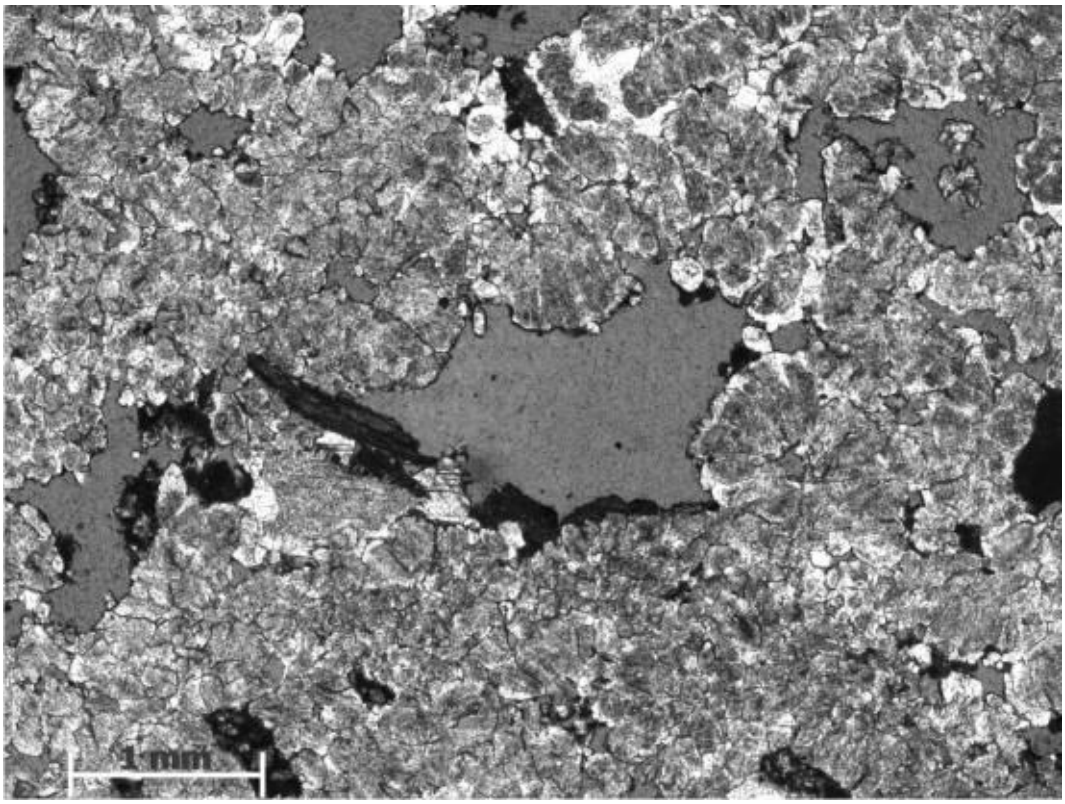


Рис. 6. Преимущественно межкаркасные пустоты, увеличенные за счет выщелачивания. Образец пропитан окрашенной смолой. Без анализатора. Масштабная линейка = 1 мм

Рис. 7. Распределение величин пористости (%) в биогермных микрокодиевых известняках

Локальные проявления процессов выщелачивания и вадозные условия цементации положительно сказываются на формировании пустотного пространства пород, что проявляется в некотором увеличении емкости пород (16–17 %).

Среднее значение пористости биогермных микрокодиевых известняков составляет 10,24 %. Породы преимущественно сильно и средне, реже слабонефтенасыщены.

Таким образом, микрокодиевые образования являются биогермостроителями, а биогермные микрокодиевые породы - объект, имеющий потенциальные возможности для формирования коллекторских толщ, объект, требующий более пристального исследования.

Следует отметить, что наряду с «проблематичным» таксономическим определением Microcodium на сегодняшний день остается нерешенным и их генезис.

Проведенные исследования позволяют полагать, скорее, водорослевое происхождение микрокодий. Образование микрокодиевых известняков происходило в теплой мелководной морской обстановке с нормальной соленостью в субтропических и умеренных широтах (микрокодии относительно холодноводные образования, фиксируют периоды относительно более высокого уровня стояния моря, но ещё в фотической зоне).

Библиографический список

1. **Жизнь** растений. М.: Просвещение, 1977. Т. 3. 487 с.
2. **Маслов В. П.** Атлас карбонатных пород. Ч. I. Породообразующие организмы. М.: Наука, 1973. 267 с.
3. **Маслов В. П.** Водоросли неопределенного систематического положения // Основы палеонтологии: Справочник для палеонтологов и геологов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 261 – 266.
4. **Маслов В. П.** Ископаемые известковые водоросли СССР: Тр. / ИГН АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956. Вып. 160. 296 с.
5. **Маслов В. П.** Микрокодии // Палеонтологический журнал. 1967. N1. С. 100 – 109.
6. **Молин В. А., Ремизова С. Т.** Позднепалеозойские микрокодии (algae) северо-востока Европейской части России // Сыктывкарский палеонтологический сборник. №4. Сыктывкар, 2000. Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН, вып. 102. С. 45 – 55.
7. **Плотников М. А.** Новые водоросли из перми СССР. Л.: Наука, 1979. 56 с.
8. **Kosir A.** Microcodium Revisited: Root Calcification Products of Terrestrial Plants on Carbonate-rich Substrates // Journal of Sedimentary Research, Vol. 74, No. 6, November, 2004. P. 845 – 857.

9. **Sholle, Ulmer-Sholle.** A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis/ AAPG Memoir 77. Published AAPG, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 2003. 474 p.

УДК 552.5 (571), 550.8.053

К.А. Хасанова

Уральский гос. горный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА С ЦЕЛЬЮ ВЕРИФИКАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ АЧИМОВСКИХ И ТЮМЕНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Факторный анализ – один из интереснейших и показательных методов многомерной математической статистики применяемых в геологии. Его суть заключается в замене набора исходных данных (признаков) новыми переменными – факторами. Таким образом, большая совокупность переменных сводится к ограниченному числу нескольких факторов, с выделением наиболее значимых, а часто и неявных связей между признаками.

Процесс выполнения данного вида анализа рассмотрен на примере одной из скважин Ямбургского месторождения, на глубинах 3781-3808 м и 4048-4199 м вскрывших ачимовскую толщу и тюменскую свиту соответственно. Выполнено описание 24 образцов керна, привязанных к геолого-геофизическим исследованиям со стандартным комплексом геофизических исследований скважин (ГИС). В соответствии с классической методикой литолого-фациального анализа (Ю.А. Жемчужников, Л.Н. Ботвинкина и др.) определены диагностические признаки в виде гранулометрического состава, сортированности, текстуры слоев, представленных в образцах. Первые два проверены и детализированы микроскопическими исследованиями по типовой методике. С кривых ГИС для соответствующих слоев сняты усредненные параметры основных методов – самопроизвольной поляризации (ПС) и естественной радиоактивности (ГК). Самостоятельным блоком исходной информации явились параметры ФЕС, а синтетическим показателем – фация, интерпретируемая как обстановка осадконакопления, реализованная в породе.

Вся исходная информация метризована в однородную числовую форму. Для описательной информации произведено стандартное кодирование, а для цифровых данных – поинтервальная номинализация в соответствии с характером распределения параметров. Таким образом, геологические признаки получают собственные цифровые характеристики (дескрипторы), которые формируются в соответствии с построенным словарем (тезаурусом). Для придания равномерности исходным данным значения всех признаков оценивались в одинаковой девятибалльной шкале [1]. На следующем этапе по выборочной совокупности вычислена корреляционная матрица системы используемых признаков (табл.1). Коэффициенты корреляции являются значимыми при их абсолютном значении не менее 0,54, менее значимые – 0,42.

Таблица 1

Корреляционная матрица

	Гранулометрический состав	Сортированность	Текстура	ПС	ГК	Пористость	Проницаемость	Фация
Гранулометрический состав	1,00	0,20	0,11	0,24	0,06	0,13	-0,21	-0,01
Сортированность	0,20	1,00	-0,40	**0,65**	0,40	0,29	-0,28	0,25
Текстура	0,11	-0,40	1,00	-0,08	0,06	-0,16	-0,07	0,19
ПС	0,24	**0,65**	-0,08	1,00	**0,72**	-0,12	*-0,48*	0,35
ГК	0,06	0,40	0,06	**0,72**	1,00	*-0,47*	**-0,67**	0,17
Пористость	0,13	0,29	-0,16	-0,12	*-0,47*	1,00	**0,54**	0,13
Проницаемость	-0,21	-0,28	-0,07	*-0,48*	**-0,67**	**0,54**	1,00	-0,07
Фация	-0,01	0,25	0,19	0,35	0,17	0,13	-0,07	1,00

Как показывает корреляционная матрица, наиболее значимой связью обладают параметры ПС и ГК, далее следуют ПС и сортированность; ГК и проницаемость; пористость и проницаемость. Малозначимые связи наблюдаются у ПС и проницаемости, ГК и пористости, что отражает обычную ситуацию для нефтегазовой литологии терригенных толщ.

На следующем этапе рассчитаны факторные нагрузки (табл. 2), а также установлена внутренняя структура многомерного пространства, которая представлена графически (рисунок).

Величины собственных значений и веса факторов показывают, что значения фактора F_1 определяют 36 % изменчивости комплекса параметров. Он отражает вклад данных самопроизвольной поляризации (ПС) и естественной радиоактивности (ГК), а также параметров пористости и степени сортированности. Такой набор признаков и характер их расположения (см.

рис. 1) позволяет предполагать, что фактор F_1 дает сводную характеристику, широко известную в нефтегазовой литологии как "коллектор/неколлектор".

Фактор F_2 содержит 22 % информации о рассматриваемом геологическом объекте. Анализ его признаковых нагрузок показывает, что он отражает значимую связь сортированности и пористости, что также отражает стандартную ситуацию и дополняет первый фактор (F_1). "Противофазность" показателя сортированности породы в первых двух факторах верифицирует направленность кодирования признаков (см. табл. 2).

Таблица 2

Факторные нагрузки, собственные значения и веса факторов

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Гранулометрический состав	0,27	-0,19	0,32	**0,85**
Сортированность	**0,63**	**-0,67**	-0,14	-0,01
Текстура	-0,03	0,52	**0,77**	0,07
ПС	**0,88**	-0,23	0,07	-0,06
ГК	**0,88**	0,23	-0,08	-0,11
Пористость	-0,36	**-0,82**	0,23	0,07
Проницаемость	**-0,78**	-0,37	0,11	-0,16
Фация	0,33	-0,26	**0,65**	-0,51
Общая дисперсия	2,87	1,75	1,21	1,03
Доля фактора	0,36	0,22	0,15	0,13

Факторные нагрузки, фактор 1 и фактор 2

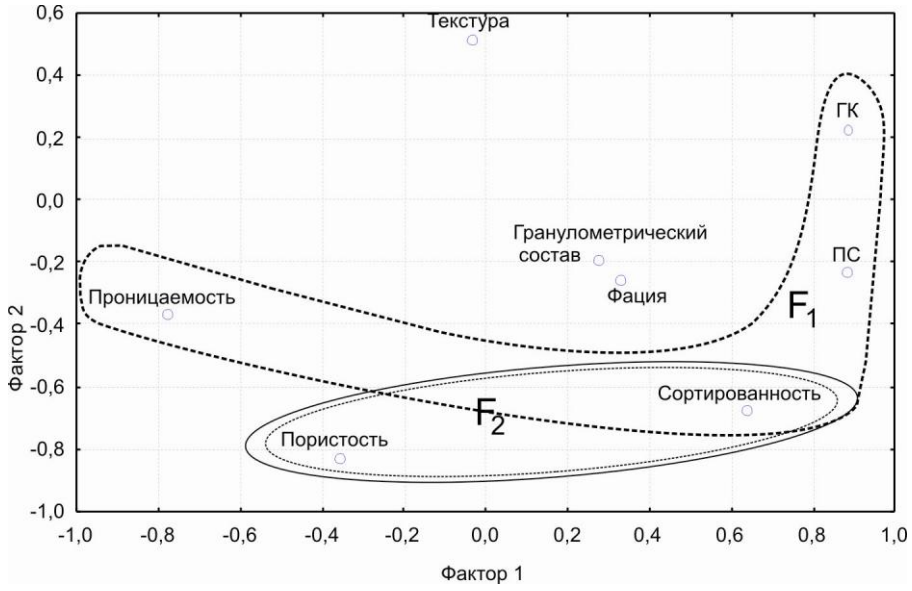


Рис. 1. Графическое представление факторных нагрузок: фактор 1 и фактор 2

Факторные нагрузки, фактор 3 и фактор 4

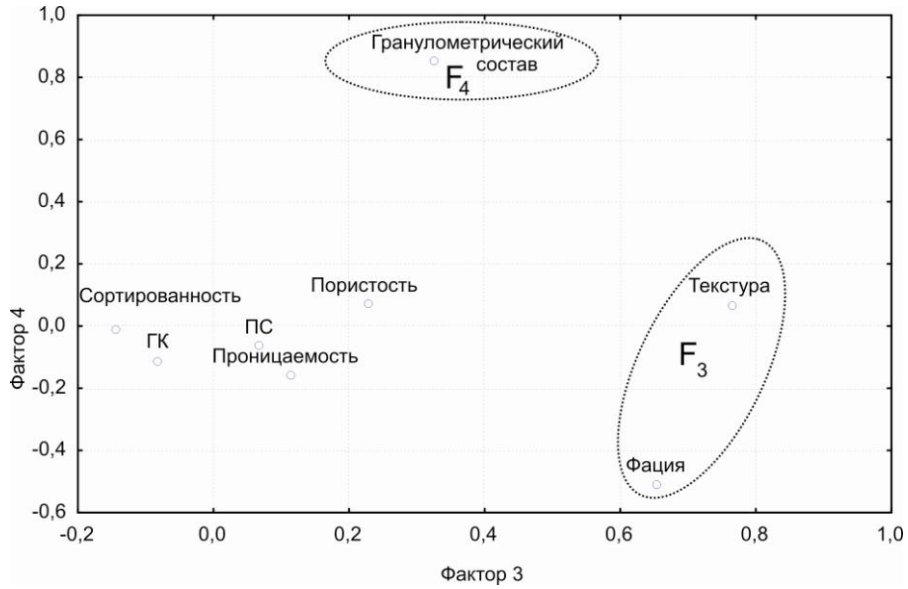


Рис. 2. Графическое представление факторных нагрузок: фактор 3 и фактор 4

Фактор F_3 заключает относительно небольшую долю информации (15 %) и показывает вклад фаций и текстурных особенностей породы в общую изменчивость системы. Таким образом, есть все основания полагать, что данный фактор является отражением изменений гидродинамических условий. Другими словами он определяет механизм транспортировки и осаждения материала [1]. Кроме того, данный фактор подтверждает особую значимость текстурных особенностей для фациальных реконструкций.

Фактор F_4 несет в себе лишь 13 % информации, будучи полностью соотнесенным с гранулометрическим составом отложений. Этот непривычный, для обычной седиментологии, аспект лишний раз ярко подчеркивает недостаточность использования только этого, хотя и очень важного, признака для полноценной характеристики изучаемых терригенных толщ.

В результате проведения факторного анализа выявлены явные и неявные внутренние зависимости. Кроме того, метод показал высокую значимость веса установленного генезиса (фации), а, следовательно, и литолого-фациального анализа в целом. Получена возможность *эмпирической проверки* фации, что удовлетворяет основному принципу моделирования.

Библиографический список

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

2. **Йереског К.Г., Клован Д. И., Реймент Р. А.** Геологический факторный анализ. Л.: Недра, 1980. 223 с.

3. **Состав** и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

УДК 550.4:553.98

Е. В. Фролова
Уральский гос. горный университет

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

В настоящее время геохимические исследования в истории изучения мезозойских отложений севера Западной Сибири занимают незначительный объем, для среднеюрских отложений Ямбургского месторождения они фактически отсутствуют. Для восполнения указанного пробела методом ICP-MS проанализировано 12 образцов песчаников, алевролитов и алевроаргиллитов, принадлежащих продуктивным пластам $Ю_2$, $Ю_3$ и $Ю_4$ скв. 501, где тюменская свита вскрыта в интервале глубин 4048-4199 м. Содержания ряда элементов-примесей приведены в табл. 1. Полученные геохимические данные позволяют провести реконструкцию условий формирования отложений.

Известно, что разнообразие спектров РЗЭ в осадочных породах контролируется тектоническими условиями формирования и составом источников сноса. Магматические породы основного состава характеризуются низкими отношениями легких редкоземельных элементов к тяжелым (ЛРЗЭ/ТРЗЭ или La_N/Yb_N) и не имеют достаточно выраженной Eu-аномалии, тогда как кислым породам свойственны высокие значения ЛРЗЭ/ТРЗЭ и отчетливая отрицательная Eu-аномалия. Мерой соотношения кислых и основных пород в источниках сноса служит и вид кривой распределения РЗЭ. Значения отношения $La_N/Yb_N<4$ и пологий общий облик кривых РЗЭ позволяют предположить существенную роль в источниках сноса магматических пород основного состава, тогда как при величине $La_N/Yb_N>8$ (соответственно крутом наклоне спектра распределения РЗЭ) можно сделать выводы о преобладании в областях питания кислых магматических образований; при $La_N/Yb_N\geq20$ в областях размыва преобладают гранитоиды [1].

В нормированных на хондрит спектрах распределения редкоземельных элементов проанализированных проб наблюдается обогащение легких лантаноидов относительно тяжелых при наличии отчетливой отрицательной

Таблица 1

Содержание ряда элементов-примесей (г/т) в отложениях тюменской свиты

Номер образца	Алевроаргиллиты		Алевролиты			Песчаники				
	10	15	1	2	5	3	8	9	11	13
Глубина отбора, м	4190	4199	4048	4052	4062,2	4060	4187	4188	4190,2	4194,7
Sc	5,87	4,87	5,465	4,979	18,97	2,835	4,9	7,78	6,43	5,71
Ti	5518	5526	1709	5738	5268	2894	5476,65	2690	3314	4473
V	142,8	104,1	33,75	84,64	122,4	49,48	125,8	45,45	51,9	67,7
Cr	1407	200,4	374,3	212,1	174,4	318,9	154,209	360,9	299,8	443,2
Co	16,15	14,27	14,25	9,67	19,69	6,9	20,78	15,04	13,27	7,31
Ni	47,6	44,52	28,69	27,85	43,51	19,02	50,0	31,48	30,39	27,22
Y	4,23	4,28	13,05	4,4	22,46	3,2	4,06	15,08	12,24	8,33
Zr	151,0	146,0	55,12	188	174,5	87,7	165,8	59,13	129	188,3
La	5,000	6,510	9,236	7,610	22,43	4,360	3,767	18,68	9,856	7,061
Ce	8,34	11,21	17,02	8,485	42,63	6,785	6,041	39,23	15,79	11,78
Pr	1,155	1,462	2,697	1,350	5,553	1,234	0,903	4,463	2,690	1,870
Nd	4,538	5,539	11,61	5,09	22,06	5,1	3,67	17,53	11,48	7,618
Sm	0,910	0,976	2,755	0,926	4,431	0,972	0,817	3,411	2,774	1,800
Eu	0,171	0,183	0,719	0,182	0,968	0,204	0,196	0,742	0,697	0,382
Gd	0,841	0,779	2,684	0,921	3,739	0,727	0,858	2,613	2,785	1,688
Tb	0,133	0,129	0,411	0,136	0,589	0,104	0,141	0,416	0,388	0,258
Dy	0,814	0,807	2,434	0,788	3,811	0,631	0,821	2,569	2,236	1,554
Ho	0,160	0,158	0,450	0,155	0,750	0,124	0,164	0,508	0,404	0,308
Er	0,469	0,475	1,226	0,443	2,264	0,404	0,465	1,480	1,112	0,888
Tm	0,070	0,067	0,167	0,063	0,331	0,066	0,064	0,199	0,159	0,127
Yb	0,486	0,474	1,106	0,431	2,276	0,475	0,439	1,376	1,078	0,899
Lu	0,079	0,069	0,165	0,070	0,340	0,079	0,072	0,198	0,165	0,139
Th	0,969	1,388	3,266	1,439	5,575	1,375	0,934	5,195	2,852	3,221

(менее 0,9) аномалии европия (рис. 1). По отношению La_N/Yb_N (>8) и общему облику кривых РЗЭ (Gd_N/Yb_N от 1,0 до 2,0) можно сделать вывод о преобладании в областях питания кислых магматических образований [1]. Величина параметра Eu/Eu* <0,90 свидетельствует, что породы в источниках сноса претерпели определенную внутрикоровую трансформацию (т. е. в той или иной мере подверглись процессам частичного плавления в континентальной коре) [2].

Медианное содержание РЗЭ в песчаниках тюменской свиты составляет около 40 г/т, в алевролитах и алевроаргиллитах незначительно выше 48,7 г/т, что почти в 4 раза меньше содержания РЗЭ в таком модельном геохимическом объекте, как PAAS (183 г/т) [2]. Минимальные содержания ΣРЗЭ в песчаниках и алевролитах с алевроаргиллитами составляют соответственно 18 и 23 г/т, максимальные – 93 и 112 г/т.

Используя отношение ∑Ce/∑Y, где ΣCe=(La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu), ΣY = (Gd+ +Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu+Y) как индикатор палеоклимата (Балашов Ю. А.,

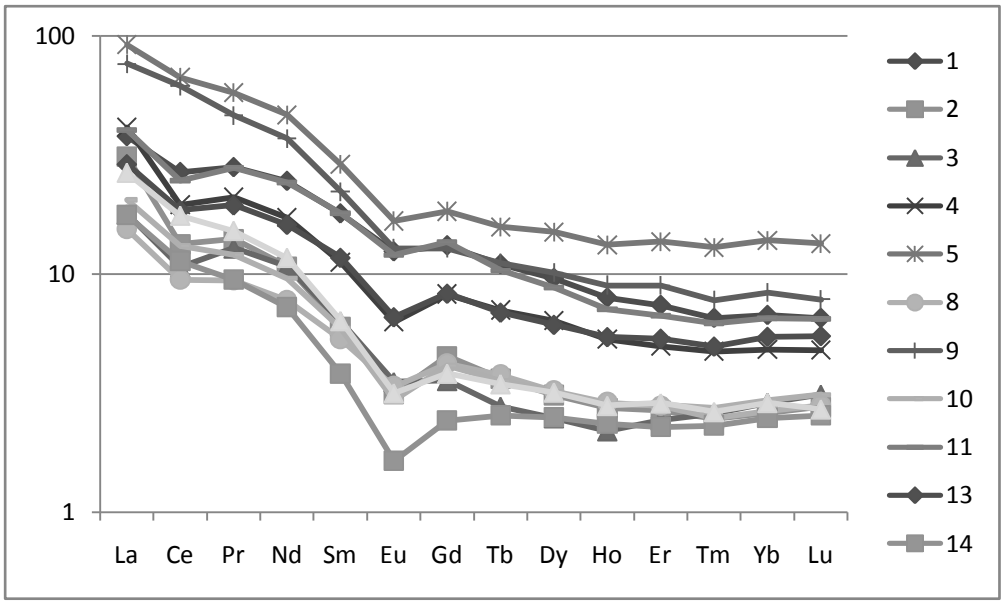


Рис. 1. Нормированные на хондрит спектры распределения редкоземельных элементов в отложениях тюменской свиты, цифры соответствуют номерам образцов: 3, 4, 8, 9, 11, 13, 14 – песчаники; 1, 2, 5 – алевролиты; 10, 15 - алевроаргиллиты

1976; Ронов А. Б., 1972) можно сделать выводы, что породы сформированы в гумидных обстановках (2,0 – 3,5), т.к. именно в процессе гумидного седиментогенеза наблюдается значительная дифференциация содержаний и состава РЗЭ.

Соотношение в псаммитах тюменской свиты таких малых элементов, как Th, Zr и Sc, позволяет предполагать, что процессы рециклинга не были определяющими при накоплении отложений. На диаграмме Zr/Sc-Th/Sc (рис. 2) все точки проанализированных песчаников, алевролитов и алевроаргиллитов оказались сконцентрированными вдоль линии тренда, определяемой составом пород на палеоводосборах; тренду рециклинга, контролируемого высокими содержаниями в породах устойчивых к механическому истиранию зерен циркона, не соответствует ни один из образцов.

Относительно высокие содержания в породах никеля (19-50 г/т) и хрома (140-443 г/т) дают возможность считать, что среди источников сноса присутствовали как магматические образования кислого, так и основного составов.

В целях реконструкции возможного состава пород питающих провинций выполнены расчеты значений отношений Th/Sc, La/Sc, Th/Cr La/Co, Th/Co, V/Ni в песчаниках, алевролитах и алевроаргиллитах тюменской свиты скважины 501 и анализ их вариаций снизу вверх по разрезу. Поскольку большинство малых элементов переносятся из областей сноса в зоны осадконакопления без существенной дифференциации на путях переноса, а их содержания и соотношения в различных типах магматических пород различны, то по величине ряда геохимических коэффициентов можно сделать вывод о составе пород в областях размыва. Так, для кислых магматических

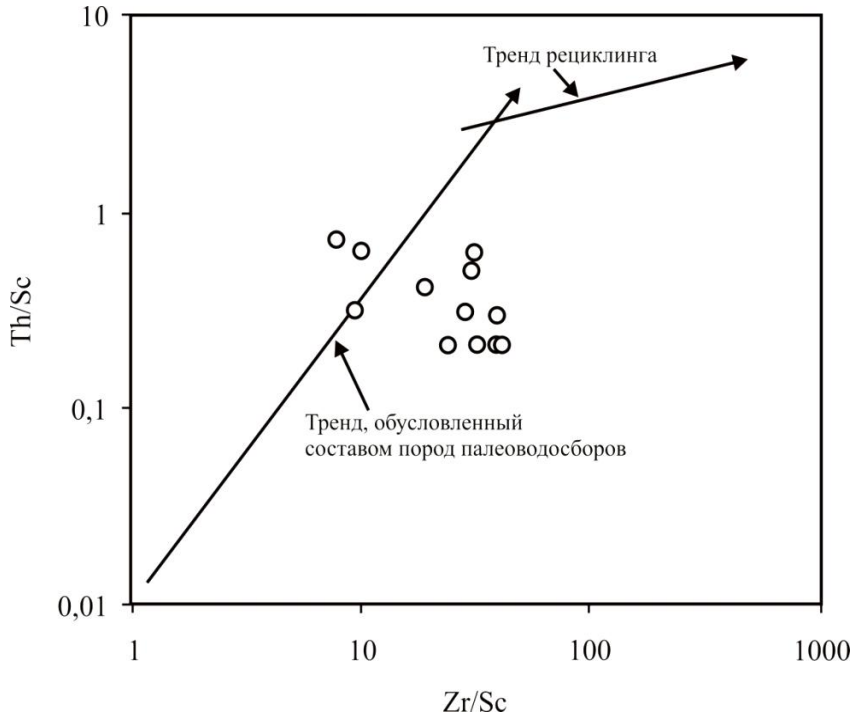


Рис. 2. Тренды (рециклинга и связанный с разрушением слабоперемещенных продуктов выветривания) на диаграмме Zr/Sc-Th/Sc и положение на ней фигуративных точек составов псаммитов

пород (граниты, гранодиориты) характерны заметно более высокие, нежели для базитов, значения Th/Sc (~2,8), La/Sc (~7,4), La/Co (~48), Th/Co (~18), Th/Cr (~3,2), V/Ni (~11) и др. [1]. Полученные значения отношений и анализ их вариаций указывают на основной состав пород в областях размыва.

На диаграммах Th/Sc-Cr/Th и Th/Sc-La_N/Yb_N (рис. 3) точки составов отложений тюменской свиты тяготеют к модельному составу базитов, приближаясь к линии смешения. Это указывает на преобладание на палеоводосборах тюменского времени основных магматических образований по сравнению с кислыми.

О том же свидетельствует и распределение отношений Th/Sc (0,2-0,7), La/Sc (0,8-2,4), Th/Cr (0,007-0,032), La/Co (0,9-6,8), Th/Co (0,05-0,4), V/Ni (1,18-3,04), величины геохимических коэффициентов указывают на преобладание магматических пород основного состава в областях размыва.

Для оценки дальности переноса терригенного материала использовано отношение Ti/Zr [1], которое отражает лучшую сохранность цирконов по сравнению с титансодержащими минералами при длительной транспортировке или многократном переотложении кластики. Породы, образованные недалеко от источников сноса, будут иметь более высокие значения указанного отношения, нежели породы, в составе которых присутствует материал разрушения того же источника сноса, но перемещенный на большее расстояние. В исследованных образцах отношение Ti/Zr варьирует от ~24 до ~45, и, по всей видимости, рассматриваемые породы образованы недалеко

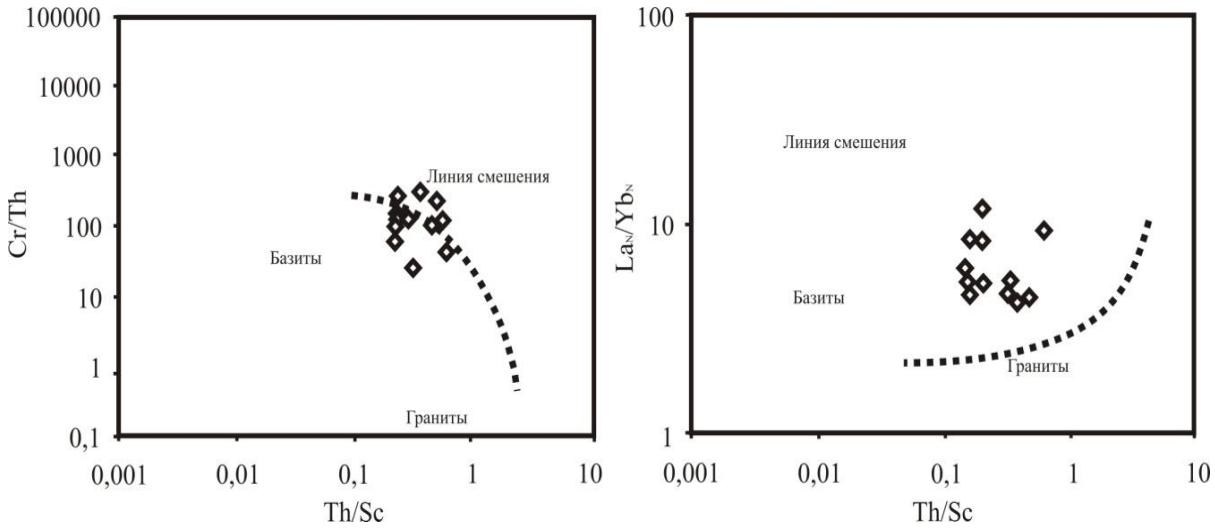


Рис. 3. Положение фигуративных точек составов отложений тюменской свиты на диаграммах Th/Sc- Cr/Th и Th/Sc-La_N/Yb_N

от источников сноса, или переработка обломочного материала при транспортировке его в конечный бассейн стока была небольшой

Таким образом, на основе проведенного анализа геохимических данных можно сделать следующие выводы. В качестве источников сноса обломочного материала выступали, по-видимому, как породы основного состава, на это указывает весьма высокое (до 440 и более г/т) содержание Cr в исследованных образцах, так и кислые магматические образования ряда гранодиорит-гранит.

Указанные геохимические особенности пород позволяют предполагать, что снос обломочного материала при формировании продуктивных горизонтов $Ю_2$, $Ю_3$ и $Ю_4$ Ямбургского месторождения происходил в основном с востока, юго-востока и в меньшей степени с запада, при этом степень переработки кластики на путях переноса была относительно небольшой.

Библиографический список

1. **Маслов А. В.** Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.

2. **Тейлор С. Р., МакЛеннан С. М.** Континентальная кора: ее состав и эволюция // Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 384 с.

УДК 550.4:553.98

Е. В. Фролова, К. А. Хасанова, В. П. Алексеев
Уральский гос. горный университет

ВЕРИФИКАЦИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ ШАИМСКОГО НГР ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Необходимой предпосылкой поисков залежей углеводородов в настоящее время становятся палеогеографические реконструкции, верификация которых посредством анализа геохимических данных проведена для отложений верхней части тюменской свиты (далее по тексту – тюменской свиты) Шаимского нефтегазоносного района (НГР) и Ямбургского месторождения.

Мощность тюменской свиты в Шаимском НГР составляет 100-125 м (верхней части 30-80 м) при глубинах кровли от 1460 м (Тангинское месторождение, скв. 11130) до 2280 м (Ловинское месторождение, скв. 56Р) [3] и увеличивается к Ямбургскому месторождению до 580-620 м (верхней части порядка 160 м) с отметками кровли от 3754 м (скв. 500) до 4035 м (скв. 501).

Фациальный состав отложений тюменской свиты рассматриваемых объектов достаточно близок и однообразен. Преобладающая роль в сложении свиты принадлежит малоподвижным мелководно-бассейновым (БП), озерным (ОЗ+ОВ) осадкам, за исключением широкого распространения в Шаимском НГР аллювиальных (АР+АП) отложений [3] и полном их отсутствии в разрезе Ямбургского месторождения.

Геохимические особенности отложений по исследуемому профилю достаточно разнообразны. Интерпретация данных позволяет сделать выводы об относительно глубокой переработке в пределах одного цикла седиментации (без переотложения), тонкозернистые породы в основном такое переотложение (рециклинг) испытали многократно. Основной состав пород источников сноса западной части Западно-Сибирского осадочного мегабассейна (ЗСОМ) – граниты и гранодиориты [3]. В качестве источников сноса обломочного материала северной части ЗСОМ выступали, по-видимому, как породы основного состава, на это указывает весьма высокое (до 440 и более г/т) содержание Cr в исследованных образцах, так и кислые магматические образования ряда гранодиорит-гранит.*

Указанные геохимические особенности пород позволяют предполагать, что снос обломочного материала при формировании продуктивных горизонтов $Ю_2$, $Ю_3$ и $Ю_4$ Шаимского НГР происходил, по-видимому, с запада и

* См. статью Е. В. Фроловой, помещенную в данном сборнике.

юга, Ямбургского месторождения – в основном с востока, юго-востока и в меньшей степени с запада (см. выше), при этом степень переработки кластики на путях переноса была относительно небольшой.

Спектры распределения нормированных на хондрит редкоземельных элементов в песчаниках тюменской свиты достаточно однообразны, характеризуются хорошо выраженной отрицательной европиевой аномалией (Eu/Eu*=0,65), достаточно крутым наклоном левой части спектра ($La_N/Sm_{Nмедиан}$=3,69), деплетирование тяжелых РЗЭ для них не типично (Gd_N/Yb_{Nmin}=1,26, Gd_N/Yb_{Nmax}=1,71, рис. 1) [4]. Для Шаимского НГР по сравнению с Ямбургским месторождением наблюдаются немного более высокие содержания РЗЭ. Отмечается дефицит церия (Ce), что позволяет сделать выводы о тенденции отложений Ямбургского месторождения к открытым морским осадкам.

Спектры распределения нормированных на хондрит редкоземельных элементов РЗЭ в алевроаргиллитах тюменской свиты также характеризуются хорошо выраженной отрицательной европиевой аномалией (Eu/Eu*=0,72), достаточно крутым наклоном левой части спектра (LaN/SmNмедиан=4,62), деплетирование тяжелых РЗЭ для них не типично (GdN/YbNmin=1,31, GdN/YbNmax=1,62, рис. 2) [4]. Для Шаимского НГР наблюдаются содержания РЗЭ в алевроаргиллитах *на порядок выше*, чем на Ямбургском месторождении.

В поиске объяснения *таких значительных различий* в содержании РЗЭ в алевроаргиллитах мы «воочию» столкнулись с явлением трансформации – *инверсии* – для одного и того же горизонта средней юры, охарактеризованное А. Л. Бейзелем [2]. Главным содержанием модели инверсии циклитов охарактеризовано им как «…преобразование аллювиальных проциклитов в морские рециклиты за счет действия берега как барьерной зоны» [2]. Приведем развернутую цитату из его работы [2]: «…возникает вопрос – какова…судьба тонкодисперсной составляющей массы осадков первой стадии цикла? Ясно, что в начальной стадии не может сноситься только грубозернистый материал, он обязательно сопровождается илисто-глинистым шлейфом. Тонкие осадки в этот период могут отлагаться только в самом конце латерального ряда, но в то же время, согласно приведенной установке о барьерной береговой зоне, они не должны выходить за пределы аллювиальной системы и попадать сразу в море. В результате устьевые зоны рек, дельты и авандельты оказываются «заваленными» илистым материалом. Перерабатывающая способность морских процессов не успевает усвоить его полностью… В результате, на первой стадии осадочного цикла мы имеем следующую картину: когда в континентальных условиях формируется базальный песчаный пласт, в морском бассейне идет накопление глинистой толщи». В «обратном» режиме идет формирование отложений «конечной» стадии цикла [1]. Когда в континентальных условиях идет накопление озерно-болотных (при гумидном климате) осадков, в зоне мелкого

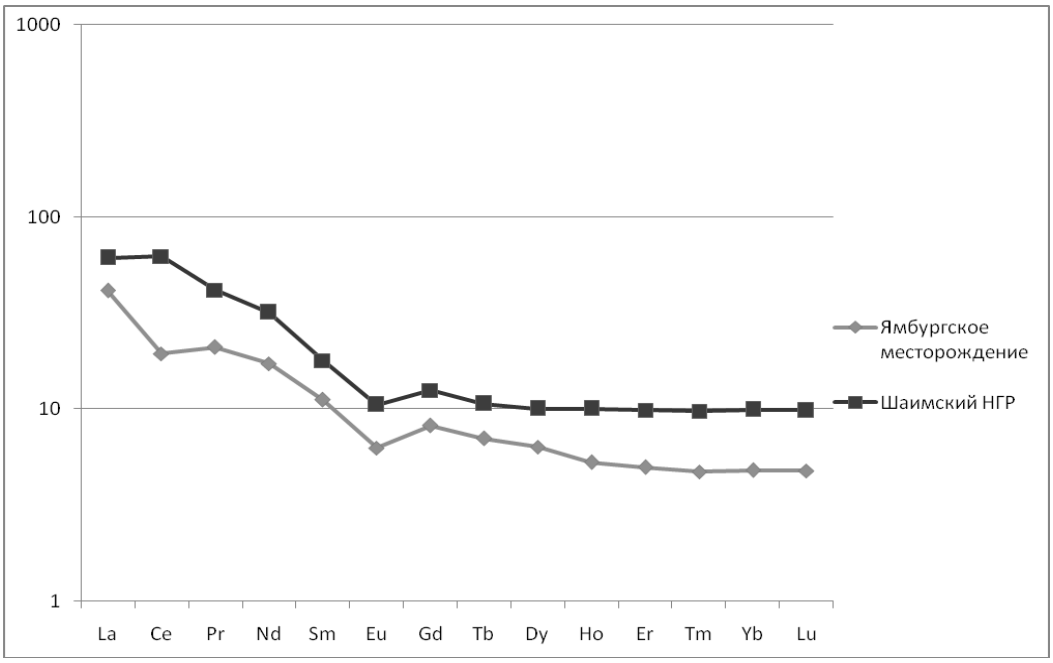


Рис. 1. Нормированные на хондрит спектры распределения редкоземельных элементов в песчаниках

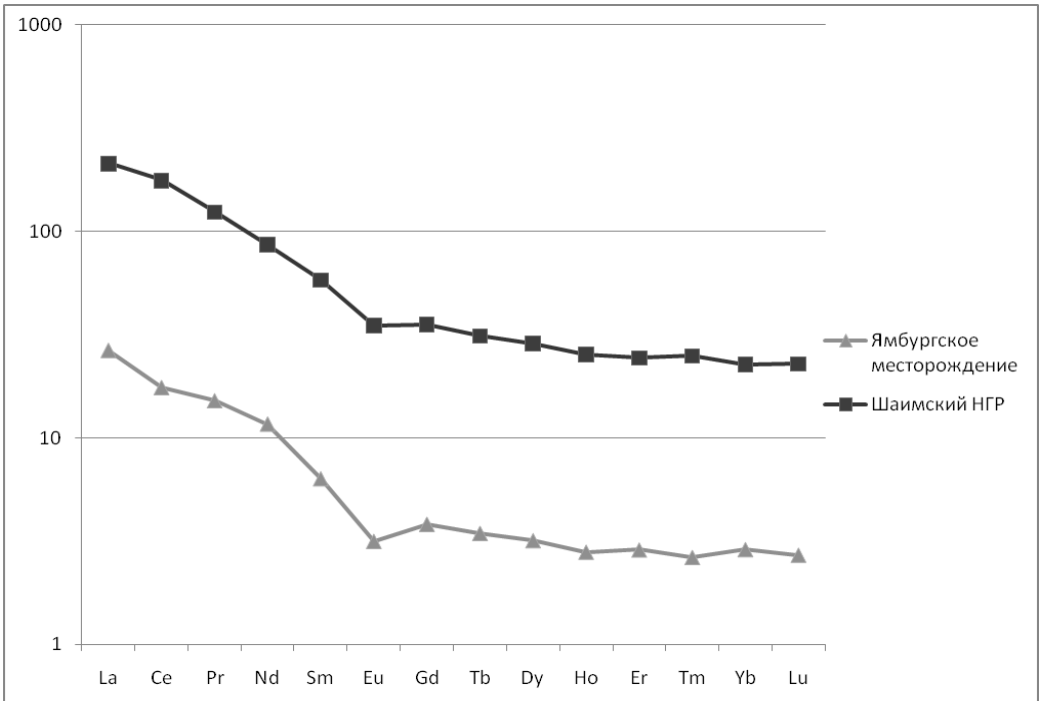


Рис. 2. Нормированные на хондрит спектры распределения редкоземельных элементов в алевроаргиллитах

шельфа формируются «отмытые» от глинистой фракции пески. В итоге глинисто-углистым континентальным отложениям отвечает песчаное осадконакопление приемного (морского) бассейна [1], что мы и наблюдаем в рассматриваемых нами западной и северной частях ЗСОМ. На порядок выше содержания РЗЭ в алевроаргиллитах тюменской свиты Шаимского НГР свидетельствует в пользу большей их «континентальности» и отличии от прибрежно-морских алевроаргиллитов Ямбургского месторождения путем появления между ними береговой барьерной зоны, препятствующей в данном случае перемещению глинистых осадков в северную часть и большей их концентрации в западной части ЗСОМ.

Кларки концентрации малых элементов в песчаниках четко фиксируют различия рассматриваемых объектов в сторону уменьшения в отложениях тюменской свиты Ямбургского месторождения таких элементов, как ниобий, торий, никель, рубидий, свинец (рис. 3).

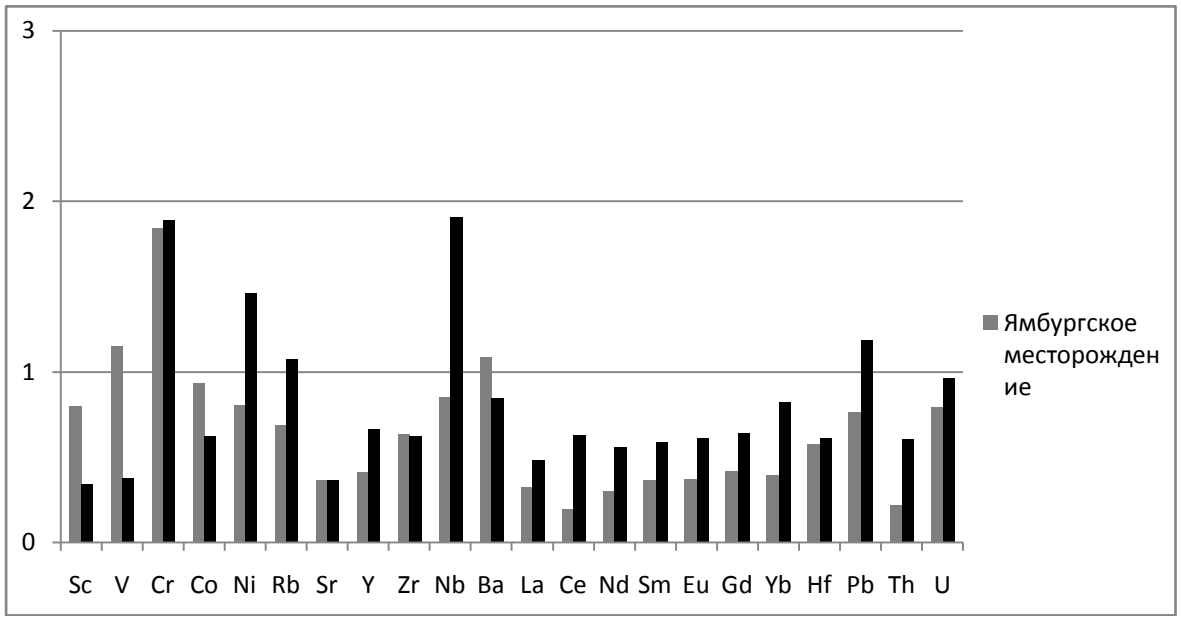


Рис. 3. Спайдер-диаграмма распределения малых элементов в песчаниках

Кларки концентрации малых элементов в алевроаргиллитах Шаимского НГР значительно отличаются от Ямбургского месторождения (рис. 4).

Хром особо симптоматичен для определения близости к источникам сноса, тем самым близкие значения его кларков концентрации (рис. 3, 4) позволяют сделать выводы об одновременном участии основных пород Урала в качестве источника сноса обломочного материала в конечный бассейн стока как в западной, так и северной частях ЗСОМ.

Несколько повышенные по отношению к кларковому содержания ванадия в алевроаргиллитах Шаимского НГР, достаточно явно свидетельствуют о континентальном генезисе отложений, что в принципе и не подвергалось сомнению [3].

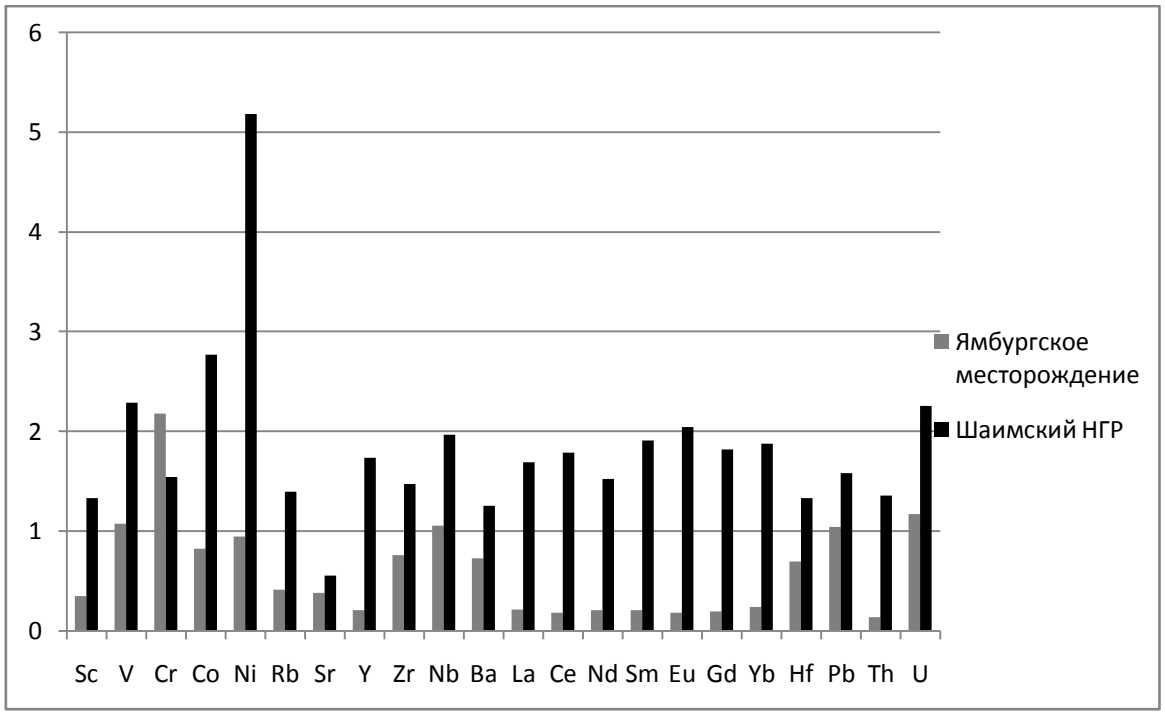


Рис. 4. Спайдер-диаграмма распределения малых элементов в алевроаргиллитах

Повышенные значения такого литофильного элемента, как свинец, еще раз подтверждают различия в сторону увеличения «континентальности» отложений тюменской свиты для Шаимского НГР.

Органическое вещество обнаруживает способность к абсорбции никеля, именно поэтому его концентрации в песчаниках и алевроаргиллитах тюменской свиты Шаимского НГР значительно выше по сравнению с Ямбургским месторождением.

Подводя итоги отметим, что несмотря на различающиеся глубины залегания и мощности, относительно близкий фациальный состав отложений тюменской свиты, геохимические данные четко фиксируют различия источников сноса обломочного материала и отмечают общий для рассматриваемых нами объектов источник (основные породы Урала), а также верифицируют палеогеографические реконструкции.

В обоих случаях геохимическими данными подтверждается рубеж смены палеоландшафтов: озерно-аллювиального на прибрежно-бассейновый (в западной части глубина около 1760-2205 м, в северной - 4180 м), тюменская свита Шаимского НГР представляла собой аллювиально-озерный комплекс, сменяющийся к концу батского времени на мелководный прибрежно-бассейновый, когда в сложении тюменской свиты Ямбургского месторождения уже с конца байосского – начала батского времени принимали большее участие малоподвижные мелководно-бассейновые (БП) осадки (почти 2/3 мощности свиты) и полностью отсутствовали аллювиальные отложения.

Анализ геохимических данных подтвердил явление трансформации – инверсии – для одного и того же горизонта средней юры [2]. Глинисто-углистым континентальным отложениям Шаимского НГР отвечает песчаное осадконакопление приемного (морского) бассейна [1] Ямбургского месторождения. Значительно высокие содержания РЗЭ в алевроаргиллитах тюменской свиты Шаимского НГР свидетельствуют в пользу большей их «континентальности» и отличии от прибрежно-морских алевроаргиллитов Ямбургского месторождения, путем появления между ними береговой барьерной зоны, препятствующей в данном случае перемещению глинистых осадков в северную часть и большей их концентрации в западной части ЗСОМ.

Приведенные сведения дают основание утверждать, что показанный анализ геохимической информации в соответствии с генетической характеристикой по результатам литолого-фациального анализа, предоставил полное подтверждение правомерности последнего.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 149 с.
2. **Бейзель А. Л.** Роль берега как барьерной зоны при формировании осадочной цикличности // Проблемы геологии и географии Сибири. Вестник ТГУ. 2003. № 3 (1). С. 36-38.
3. **Маслов А. В.** Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных // Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
4. **Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь)** / В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, А. В. Маслов и др.; под ред. В. П. Алексеева. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

УДК 552.5782

Ю. Н. Федоров[1], **А. В. Маслов**[2], **Ю. Л. Ронкин**[2]
[1]ООО «КогалымНИПИнефть»
[2]ИГГ УрО РАН

РЗЭ-СИСТЕМАТИКА СЫРЫХ НЕФТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ШАИМСКОГО И РЯДА ДРУГИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Восходящие флюидные системы/потоки оказывают, по мнению ряда исследователей, существенное влияние и на состав локализованных в осадочных толщах скоплений углеводородов. Если рассматривать нафтиды как полигенные образования, то для образования залежей нефти, помимо «нефтематеринских» толщ, необходим мощный источник энергии. А. А. Маракушевым [5] высказано предположение, что в качестве такого источника могут выступать внедряющиеся в нижние горизонты консолидированной коры основные и ультраосновные расплавы, кристаллизация которых сопровождается отделением флюидов, проникающих по системам ослабленных зон в более высокие горизонты коры, в том числе и в осадочный чехол.

Р. П. Готтих с соавторами [3] подчеркнуто, что по существующим представлениям поступление микроэлементов в нефть обусловлено, главным образом, двумя процессами: наследованием ею микроэлементного состава органического вещества нефтематеринских пород в процессе образования углеводородов и (или) заимствованием из пород и пластовых вод в ходе геологической истории развития нефтегазоносного бассейна. Считается также, что геохимическая характеристика нефти определяется особенностями формирования флюидов, участвующих в процессах нефтеобразования. Последние, в свою очередь связаны с типом, степенью и последовательностью проявления магматизма в геолого-тектонической истории становления нефтегазоносных территорий. Развивающийся во времени щелочной уклон в магматизме служит индикатором структурной эволюции депрессий, благоприятных для нефтеобразования, и играет роль своеобразного кислородного фильтра для флюидов, что способствует формированию восстановленных систем.

По представлениям Ф. А. Летникова [4], углерод-водородные автономные мантийные флюидные системы зарождаются в литосферных блоках разной степени зрелости, и маркируются сопутствующими элементами-примесями. С одной стороны они тесно ассоциируют с высокоуглеродистыми восстановленными флюидными системами зон глубинных разломов в зрелой континентальной литосфере, а с другой – с восстановленными водородно-сернистыми, на базе которых формировались скопления сульфидов, Au, Ag, Pt и другие ЭПГ. Главную роль в формировании та-

ких систем играет водород. В высокотемпературных обстановках, когда температура высокоуглеродистого флюида близка к температуре солидуса щелочных пород (750-850 °С и выше), они активно взаимодействуют с алюмосиликатной матрицей, в результате чего окисляются, и за счет извлекаемого из породы кислорода образуются карбонатитовые расплавы и метасоматические карбонатиты. В более низкотемпературных условиях процесс взаимодействия высокоуглеродистых восстановленных флюидов с горными породами затухает. При снижении температуры флюида ниже 300-250 °С степень неравновесия высокоуглеродистого восстановленного флюида с силикатными горными породами нарастает, что знаменуется расширением объемов углеродистого метасоматоза и сменой восстановленных форм углерода на окисленные, иными словами сменой самородных форм углерода карбонатами.

С. Ф. Винокуровым с соавторами [1] показано, что вне зависимости от геолого-тектонического строения регионов, состава нефти, глубины залегания залежей и литологии вмещающих пород, распределение редкоземельных элементов в нефти характеризуется значительной дифференцированностью и наличием, в отличие от битумоидов, европиевого максимума. Исходя из особенностей распределения лантаноидов в нефти, нефтематеринских породах и битумоидах сделан вывод об участии глубинных флюидов в качестве одного из возможных источников, определяющих микроэлементный состав нефти.

В работе [2] для анализа характера распределения РЗЭ в нефтях, их смолисто-асфальтеновых фракциях и асфальтенах предложено использовать диаграмму $Eu_N/Sm_N–\sum РЗЭ_N$. На этой диаграмме поля нефтей различных провинций (Волго-Уральская, Тимано-Печорская, Припятьско-Днепровская, Западно-Сибирская, Амударьинская и др.) существенно перекрывают друг друга и в основном тяготеют к области положительных значений Eu аномалии. Как отмечено названными авторами, нефть Волго-Уральской, Припятьско-Днепровской и Амударьинской провинций характеризуется исключительно положительными значениями европиевой аномалии. Близкие особенности присущи нефтям Западно-Сибирской провинции; для последних величина европиевой аномалии варьирует в пределах 0,90–1,35. В то же время нефти Тимано-Печорской провинции имеют как положительные, так и отрицательные значения европиевой аномалии (от 0,60 до 1,50), а нефти Сибирской платформы образуют на диаграмме $Eu_N/Sm_N–\Sigma РЗЭ_N$ два обособленных поля с Eu_N/Sm_N от 2,80 до 3,10 и отрицательными (до 0,70) величинами европиевой аномалии. По мнению названных авторов, значимые различия в содержаниях и характере распределения РЗЭ в нефтях позволяют предполагать, что на формирование их геохимического облика заметное влияние оказали флюиды, не связанные с породами осадочного чехла.

Имея достаточно разнородный по представительности фактический материал мы тем не менее попытались в настоящей работе наметить общие особенности изменения РЗЭ-систематики сырых нефтей Шаимского нефтегазоносного района Западно-Сибирского мегабассейна в вертикальном стратиграфическом разрезе.

В результате проведенных исследований установлено, что сырая нефть из коры выветривания доюрского фундамента характеризуется значениями суммы РЗЭ, варьирующими от 0,0013 до 0,018 мкг/г. Столь же существенен в ней разброс значений La_N/Yb_N (от 4,0 до 40,2). Европиевая аномалия ($Eu/Eu^* = Eu_N/\sqrt{(Sm_N \times Gd_N)}$ положительная; значения ее меняются от 12,3 до 82,0. Величина Gd_N/Yb_N варьирует от 1,3 до 2,6.

Сумма РЗЭ в сырой нефти пласта $Ю_{12}$ составляет 0,055 мкг/г. Дифференциация легких и тяжелых РЗЭ относительно невелика (La_N/Yb_N = 6,5), величина положительной европиевой аномалии достигает значения ~41, а деплетирование ТРЗЭ не наблюдается.

Медианное значение суммы РЗЭ для сырых нефтей тюменского резервуара составляет 0,0050 ± 0,0037, величина $La_N/Yb_{Nмедиана}$ заметно ниже, чем в выше охарактеризованных нефтях, деплетирование ТРЗЭ, как правило, не наблюдается или выражено слабо ($Gd_N/Yb_{Nмедиана}$ = 1,64 ± 0,66). Европиевая аномалия положительная ($Eu/Eu^*_{медиана}$ = 28,0 ± 38,0, максимальное значение – 132,5).

Сумма $РЗЭ_{медиана}$ в нефти вогулкинского резервуара составляет 0,0091 ± 0,0064 мкг/г. Медианное значение La_N/Yb_N относительно невелико (5,5 ± 2,9), максимальная же величина данного параметра равна ~13,0. Европиевая аномалия положительная и варьирует от 3,1 до 32,3 при медианной величине 10,4 ± 7,0. Деплетирование ТРЗЭ либо отсутствует, либо выражено достаточно хорошо.

Сумма РЗЭ в сырых нефтях баженовской свиты имеет примерно тот же порядок, что и в приведенных выше случаях; дифференциация РЗЭ либо весьма выраженная (19,5), либо достаточно умеренная (~7,0). Величина Eu/Eu* варьирует от 5,3 до 18,50.

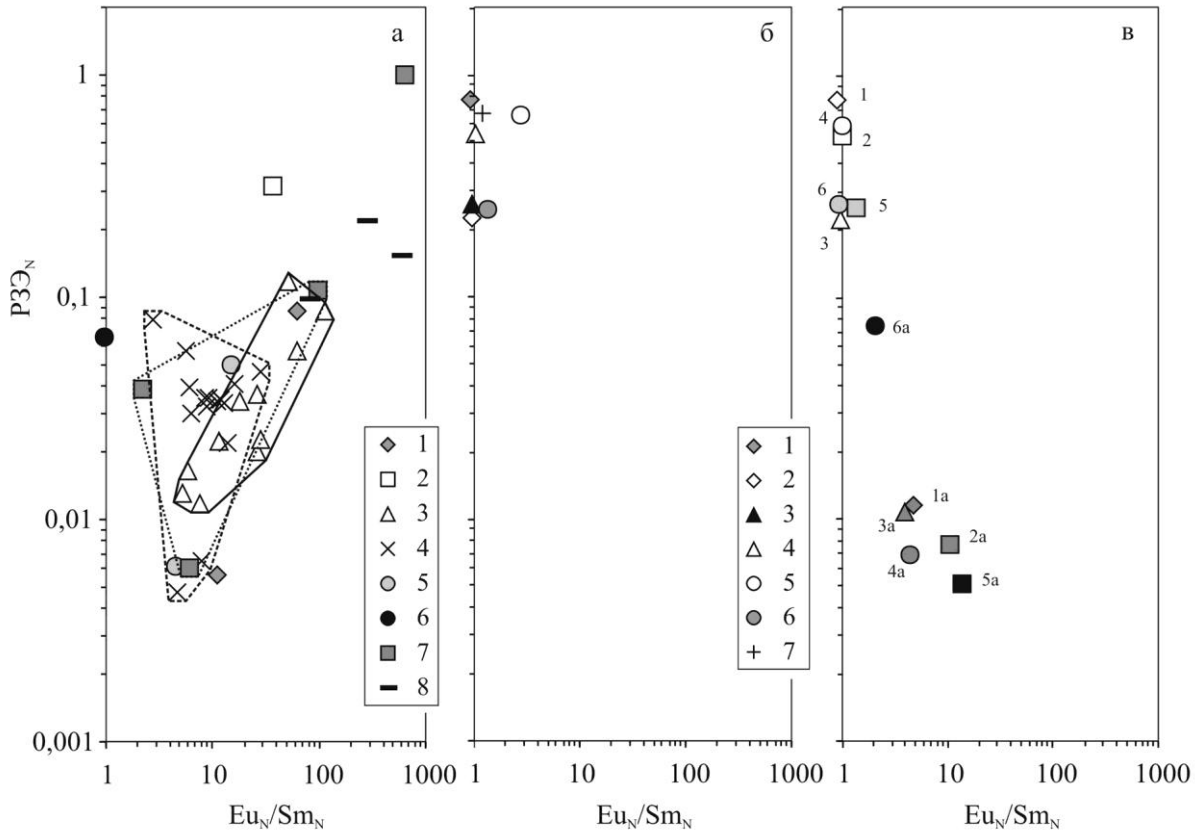
При сумме РЗЭ 0,027 мкг/г отношение La_N/Yb_N в сырой нефти из ачимовского резервуара достигает 11,6, тогда как величина Eu аномалии крайне невелика (1,13). Еще одной особенностью сырой нефти из данного резервуара является некоторое деплетирование ТРЗЭ (Gd_N/Yb_N = 2,12).

Сумма РЗЭ в сырой нефти из пласта $БВ_6$ (готерив) варьирует от 0,0020 до 0,10 мкг/г (медианное значение = 0,018 мкг/г). Степень дифференциации РЗЭ изменяется от 1,33 до 87,20. Минимальное значение Eu/Eu* отличается от максимального также на два порядка.

Для сырых нефтей из пластов группы АВ присущи весьма значительные величины отношения La_N/Yb_N, минимальное из которых равно ~22, а максимальное достигает ~120. Отличительной особенностью проанализированных нами проб сырых нефтей данного уровня является чрезвычайно

высокая величина положительной европиевой аномалии. Ее медианное значение составляет ~328, а максимальное достигает 766 (!). В двух из трех исследованных проб деплетирование ТРЗЭ отсутствует, в одной величина Gd_N/Yb_N составляет 0,83.

На диаграмме Eu_N/Sm_N–$\sum РЗЭ_N$ [2] точки составов сырых нефтей различных резервуаров Шаимского нефтегазоносного района образуют достаточно компактную область (рисунок, *а*), вне которой расположены только некоторые пробы нефтей, отобранные на границе фундамента и чехла, а также из пластов групп БВ и АВ. От основной массы проб они отличаются более высокими значениями как отношения Eu_N/Sm_N, так и величины $\sum РЗЭ_N$.



Распределение точек составов сырых нефтей различных резервуаров Шаимского НГР (а), смолисто-асфальтеновых фракций (б), а также их и масел (в) на диаграмме Eu_N/Sm_N–$\sum РЗЭ_N$:

Условные обозначения для рисунка а: 1 – кора выветривания; 2 – граница чехла и фундамента; 3 – тюменский резервуар; 4 – вогулкинский резервуар; 5 – баженовская свита; 6 – ачимовский резервуар; 7 – группа пластов БС; 8 – группа пластов АВ;

Условные обозначения для рисунка б (площади, данные из [1]): 1 – Ханты-Мансийская; 2 – Рагожниковская; 3 – Калиновская; 4 – Малоичская; 5 – Губкинская; 6 – Восточно-Салымская; 7 – Приобская;

Условные обозначения для рисунка в (площади, данные из [1]). Смолисто-асфальтеновые фракции: 1 – Ханты-Мансийская; 2 – Малоичская; 3 – Рагожниковская; 4– Губкинская; 5 – Восточно-Салымская; 6 – Калиновская. 1а, 2, 3а, 4а, 5а и 6а – масляные фракции из тех же площадей, соответственно.

Примечательно, что значения $\sum РЗЭ_N$ в сырых нефтях из указанных резервуаров сопоставимы с теми, что приводятся в работе [2] как типичные для смолисто-асфальтеновых фракций нефтей таких разведочных площадей Западной Сибири как Ханты-Мансийская, Рогожниковская, Калиновская, Малоичская и ряд др. (рисунок, *б*). Величина же положительной европиевой аномалии в них существенно ниже, чем в сырых нефтях Шаимского НГР. Ряд проб сырых нефтей, отобранных из резервуаров вогулкинской толщи и тюменской свиты, характеризуются в то же время достаточно низкими значениями $\sum РЗЭ_N$ и достаточно большими величинами Eu_N/Sm_N, сопоставимыми с теми, что присущи масляным фракциям из перечисленных выше площадей (рисунок, *в*).

Приведенные выше сведения позволяют представить только общий эскиз картины и требуют проверки на более представительных материалах. Однако, и на основе их анализа можно сделать вывод о том, что сырые нефти практически всех резервуаров Шаимского НГР характеризуются достаточно близкой систематикой редкоземельных элементов и, по всей видимости, обладают выраженной гидравлической связью, а с учетом приведенных выше соображений предполагать определенную роль в их формировании глубинных флюидов.

Библиографический список

1. **Винокуров С. Ф., Готтих Р. П., Писоцкий Б. И.** Особенности распределения лантаноидов в смолисто-асфальтеновых фракциях один из геохимических критериев источников микроэлементов в нефти // Геохимия. 2010. № 4. С. 377–389.

2. **Готтих Р. П., Винокуров С. Ф., Писоцкий Б. И.** Редкоземельные элементы как геохимические критерии эндогенных источников микроэлементов в нефти // ДАН. 2009. Т. 425. № 2. С. 223–227.

3. **Готтих Р. П., Писоцкий Б. И., Журавлев Д. З.** Геохимические особенности нефти различных регионов и возможный источник металлов в ней // ДАН. 2008. Т. 422. № 1. С. 88–92.

4. **Летников Ф. А.** Углеводородная ветвь глубинной дегазации // Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ, углеводороды и жизнь. М.: ГЕОС, 2010. С. 8–10.

5. **Маракушев А. А.** Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 254 с.

УДК 553.98

В. П. Макаров
Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

О СВОЙСТВАХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ВЕЩЕСТВА – ИСТОЧНИКА НЕФТИ*

Представления о происхождении нефти возникли в XVIII – начале XIX века. Значительную роль в решении проблемы сыграл М. В. Ломоносов. Представления о природе нефти неоднократно менялись, но все гипотезы находились в рамках двух главным тем: органогенная (биогенная) и неорганогенная (абиогенная, минеральная) природа. В середине XX века проблема приобрела более чёткие очертания в связи с появлением новых геологических и химических данных. В конечном счёте, вполне закономерно всё свелось к тому, что проблема оказалась «некорректна по своей природе и не имеет научного решения» [28, с. 46]. Этому способствовало то, что многочисленные «доказательственные» критерии («биологические метки», изотопные и пр.) основаны на серьёзных методологических ошибках. Предметом научной дискуссии может быть только «проблема об источнике вещества в месторождениях нефти и газа» [там же]. Кроме того, полностью отсутствуют попытки оценки конкретных параметров вещества, послужившего источником нефти. Ниже сделана попытка решения возникающей проблемы на основе анализа физических и химических свойств нефти и получаемых из неё продуктов [24] по материалам, опубликованным А. И. Богомоловым, Г. Д. Гальперном, А. Ф. Добрянским и другими исследователями в период 1940-1960 г.г. [5,7 и др.].

Рассматриваются следующие свойства нефти:

1. Физические свойства, учитывающие плотность d и показатель преломления n, входящие в стандартный набор при изучении нефти.

Величина n ($= n_D^{20}$) определялась для линии D натрия в большинстве случаев при температуре T = 20 °C. По определению $n = c/v$, где c – скорость света в вакууме, v – скорость света в изучаемой среде. Относительная плотность d_4^{20} определялась при T = 20 °C относительно плотности воды при T=4 °C.

2. Химические свойства, включающие определение концентраций H и C. При анализе применялись мольные концентрации элементов, пересчитанные первичными авторами в форму C_nH_m и входящие в «эмпирическую формулу».

3. Групповой состав нефти, изученный как для разных температур, так и для отдельных нефтей, битумов, озокеритов и пр. Рассмотрены только углеводороды – ароматические, нафтеновые и метановые.

* Печатается в порядке обсуждения. – *Ред.*

4. Вязкость нефти.

В практике нефтехимических исследований широко используются углеводородные соединения, полученные из нефти различными *технологическими приёмами*. Это послужило одной из причин называть нефть «природным раствором» различных углеводородных соединений [3, 25]. Мы отказались от такого взгляда на нефть, считая его некорректным. Действительно, из белой глины некоторыми *технологическими приёмами* можно получить кирпич, фаянс или фарфор. Но это не даёт основания считать глину смесью кирпича, фаянса и фарфора. Другой пример. Можно набрать необходимое количество оливинов, пироксенов и плагиоклазов и, расплавив эту смесь, получить однородный ультраосновной расплав, причём в точке, близкой к температуре кристаллизации, разными методами (ИКС, рентген и пр.) выявляются линии этих минералов. Далее, понижая Т, т. е. совершая определённые *технологические операции*, вновь можно получить эти минералы, выделяющиеся при разных ***T***. Но и это не позволяет принять силикатную жидкость как расплав – раствор соответствующих минералов.

СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Общие свойства

Она заключается в наличии между физическими величинами, характеризующими свойства нефти, связи вида

$$n_D^{20} = Ad_4^{20} + B. \qquad (1)$$

Подобная зависимость была установлена ещё на заре «туманной юности» нефтехимии [2, 9, 24]. Обобщённая количественная оценка этой связи дана В. П. Исаевым [26, с. 175], который получил корреляционное уравнение $n_D^{20} = 2{,}0137d_4^{20} - 2{,}112$ с коэффициентом корреляции +0,968. Анализ уравнения (1) позволяет сформулировать три вопроса:

1. Каков физический смысл параметров ***A*** и ***B***? Ответ на этот вопрос пытались получить ещё в сороковых годах XX века, например, С. С. Куртца (мл.) [9] или Аранда Гомеса В. [2], но безрезультатно.

2. Чему соответствует постоянное значение величины ***A***?

3. Что дают ответы на эти вопросы для понимания происхождения и природы нефти?

Согласно электромагнитной природе света [19], величина ***n*** определяется равенством $n^2 \approx \varepsilon\mu$, где **ε** – диэлектрическая, а **μ**- магнитная проницаемости вещества, причём в выражение для **ε** не входят параметры вещества (в частности, ***d***), в котором перемещается свет. Чаще всего используется выражение $n \sim \sqrt{\varepsilon}$ (точное равенство допустимо только для волн с очень большой длиной волны, или небольшой частотой колебаний [19]). Подобному анализу большое внимание уделял С. С. Куртц (мл.) [9]. Но такой подход не дал практически ничего для понимания свойств (1).

В уравнении (1) параметр **B** имеет размерность показателя преломления. Тогда (1) можно переписать в виде $\boldsymbol{n = Ad + n^*}$. Преобразовав к виду $\boldsymbol{n = (\Delta n/\Delta d)d + n^*}$ и разделив его на $\boldsymbol{c}$, в конечном счёте получаем $1 = \boldsymbol{((\Delta(1/v))/\Delta d)dv + v/v^*}$ или $1 = (1/\boldsymbol{dv})_o\boldsymbol{dv} + \boldsymbol{v/v^*}$. В теории распространения упругих волн в газах величина $\boldsymbol{dv}$ называется волновым (акустическим) сопротивлением [19].

Температурная зависимость

I) Известны эксперименты по определению влияния **T** на изменение **d** и **n** (например, [11, 14]). Для этих параметров эта зависимость имеет вид

$$\mathbf{(d,n) = -\alpha T + L.} \qquad (2)$$

Для конкретных углеводородов получены уравнения, например:

а). $\mathbf{d_4^T}$ = –0,000676**T** + 0,79912 гептаметилнонан;

б). $\mathbf{d_4^T}$ = – 0,000811**T** + 0,70021н-Гептан ($\mathbf{C_7H_{16}}$);

в). $\mathbf{d_4^T}$ =– 0,000801**T** + 0,87727 н-Бутилбензол;

г). $\mathbf{d_4^T}$ = – 0,000854**T** + 0,93053 метилдициклопентилциклогексан.

Для параметра **n**, подобные уравнения не приведены.

Согласно работе [25] плотность связана с температурой через уравнение

$$\mathbf{d = d_o - \gamma_d T}, \qquad (3)$$

в котором $\boldsymbol{\gamma_d = d_o\,\alpha_d}$; $\mathbf{d_o}$ - начальное значение плотности при **T** = 0 °**C**, $\boldsymbol{\alpha_d}$ - коэффициент термического расширения (сжатия), тождественный таковому в уравнении $\mathbf{v_T = v_o(1 + \alpha T)}$ [19]. Тогда для приведённых выше уравнений для отмеченных углеводородов параметр $\mathbf{L = d_o}$, а $\boldsymbol{\alpha_d = \gamma_d/d_o}$. Поэтому $\boldsymbol{\alpha_d}$ = 0,00085; 0,00116; 0,000091 и 0,00092 соответственно. Для бензола $\boldsymbol{\alpha_d}$ = 0,0010636, циклогексана – 0,0008889, н-гексана – 0,0008497 [29].

На природных объектах при повышении **T** величины **d** и **n** уменьшаются, поскольку при неизменной массе вещества рост **T** ведёт к увеличению его объёма, а значит, и уменьшению плотности. Результаты проверки этой зависимости приведены в табл. 1. Для этих нефтей нами получены уравнения **d** (**CPC Bland**) = -0,007**T** + 0,810 ($\mathbf{R^2}$ = 0,999) и **d** (**Urals**) = -0,006**T** + 0,885 ($\mathbf{R^2}$ = 1) (**d** = г/см^3). Для нефтей в песчаниках (из [10]) построена зависимость **d** = -0,00002**H** + 0,886 (здесь **d** и **H** (глубина в м) отражают средние значения для объекта). Она показывает, что статистически с ростом глубины, а значит, и температуры объекта плотность нефти уменьшается. Такие построения проведены для нефтей Белоруссии (табл. 2). Для нефтей Башкирии [32] получена зависимость $\mathbf{d_{пл}}$= = -0,004**T** + 1,003. Таким образом, значительная часть нефтей подчиняется уравнению (3). Для пластовых нефтей в среднем $\boldsymbol{\alpha_d} \approx 0{,}0008$.

В работе [10] приведены результаты определения динамической и кинетической вязкостей на интервале 10 – 50 °C. По этим данным определён температурный коэффициент плотности нефтей ряда месторождений (Сызрань, Бугуруслан, Ишимбайское и Чусовское), равный $\boldsymbol{\alpha_d}$ = 0,0007 для всех объектов.

В эксперименте Δn/Δd = 0,603; 0,588 и 0,454 соответственно для гептаметилнонана, н-бутилбензола и метилдициклопентилциклогексана [14, 15]. Эти значения равны значениям A из уравнения (1) для конкретных выборок.

В то же время увеличение объёма ведёт к уменьшению количества молекул в единице объёма. В связи с уменьшением волнового сопротивления происходит рост скорости движения света в веществе, а значит и уменьшение показателя преломления. Согласно опытам [14, 15], поведение его аналогично поведению плотности. Поэтому с учётом требований соблюдения размерностей можно положить, что $n = n_o - \gamma_n T$. Близкое уравнение принято в работе [6], согласно которому $\alpha_n \approx 0{,}0004$.

Удаляя параметр T и проводя преобразования для уравнения (1), получаем:

$$A = \gamma_n/\gamma_d = n_o\alpha_n/d_o\alpha_d\,, \qquad (4)$$

что отражает физический смысл уравнения (1) для нефтей. Всё это позволяет объяснить особенности природного распределения нефти: облегчение (уменьшение её плотности) с глубиной [15, 24] (первый тип, правило Саркисяна [1], по М. В. Абрамовичу [1], – отрицательный пластовый градиент), обусловленное чёткой связью с T нефтяного пласта [8, с. 12]. В этом мы полностью согласуемся с позицией А. Ф. Добрянского (1961) и других исследователей [13, с. 42]. По П. Ф. Андрееву [1] и А. А. Карцеву [18], – основной тип распределения нефти в пространстве (он характерен для ~70 % месторождений нефти). Обобщением [13, с. 13] этих зависимостей для широкого круга месторождений получена зависимость $H/d = aH + A$, хотя физический смысл уравнения остался нераскрытым. Отсюда следует уравнение $1/d = = A/H + a$. Поскольку T и соответствующая ей глубина связаны линейной зависимостью $T = bH + B$ (для Волго-Уральской области T= 0,0215H+4,0) [13, с. 122], то объединение этих уравнений даёт выражение $1/d - C/T = c$. Согласно ему величина d с глубиной изменяется по гиперболическому закону. В более общем виде имеем $T = abP_{нф} + Abd + B$, где $P_{нф} = Hd$; здесь $P_{нф}$ характеризует давление, которой создаёт столб сплошной нефти высотой H и плотностью d.

Таблица 1

Результаты лабораторных определений влияния T на плотность нефти [31]

Плотность нефти	Значение d, кг/м^3	
	CPC Bland (каспийская)	***Urals*** (русская)
При 0 °С,	*803,2*	*878,5*
При 100 °С,	*795,8*	*871,9*
При 200 °С,	*788,7*	*865,4*

Таблица 2

Результаты определения динамики параметров пластовой нефти [21]

Горизонты отбора проб нефти	N	Уравнения	Условия измерений:	Примечание
Межслоевой	211	$d_4^{20} = -0{,}00137T + 0{,}9349$	$T = 45 \div 90\ ^oC$ $H = 1944 \div 4378$ м $d = 0{,}7981 \div 0{,}9644$	T – пластовая температура; H – глубины места отбора проб, м; P – пластовое давление; $d_{пл}$ – пластовая плотность
	46	$d_{пл} = -0{,}002T + 0{,}889$		
	47	$d_{пл} = -0{,}0005H + 0{,}90775$		
Подсолевой	263	$d_4^{20} = -0{,}00075T + 0{,}9158$	$T = 50 \div 95^oC$ $H = 1902 \div 4555$ м $d = 0{,}7827 \div 0{,}9762$	
	67	$d_{пл} = -0{,}003T + 0{,}906$		
	67	$d_{пл} = -0{,}00007H + 0{,}91948$		
	312	$d_4^{20} = -0{,}0001P + 0{,}8943$		
	64	$d_{пл} = -0{,}0003P + 0{,}809$		

Механизмы этого явления предлагались разные: выветривание нефти вблизи земной поверхности, обогащение на глубине летучими компонентами, окислительное влияние подземных вод и пр., но эти гипотезы остались недоказанными. Одним из объяснений этой зависимости является механизм (Добрянский и др., 1958) разложения углеводородов в виде реакций $3C_6H_{12}(ж) = C_6H_6(ж) + C_6H_{14}(ж) + 2C_3H_8$ (г) или $C_6H_{12}(ж) = 3C + 3CH_4(г)$.. Согласно правилам термодинамики, в системах с газами основную роль играет величина мольного объёма выделяющегося газа. И в данном случае тот факт, что в правой части образуется, как правило, большее количество молей газа, свидетельствует о том, что в установлении химического равновесия играет роль величина внешнего давления, с ростом которого, а это и соответствует росту глубины нахождения нефтяной системы, равновесие сдвигается в левую сторону. Таким образом, эффект уменьшения плотности с глубиной эти реакции не объясняют.

Всё это показывает, что главной причиной изменения объёма нефти является тепловое воздействие при постоянстве массы метаморфизуемой нефти, а указанные механизмы являются дополнительными, наложенными.

II. Прогрев и получение возгонов осуществлялись в широком интервале температур, например, на месторождении Озек-Суат интервал температур составляет 40 – 600 ^{o}C. Динамика получения возгонов для нефтей из отложений различного возраста отражена на рис. 1; наблюдается несколько особенностей:

Общее поведение процесса одинаково для обоих видов нефтей. Все возгоны чётко делятся на группы относительно низкотемпературных ($T \approx$ 40 – 400 ^{o}C) и высокотемпературных возгонов ($T \approx$ 350 – 600 ^{o}C). Обе кривые имеют интервал перекрытия.

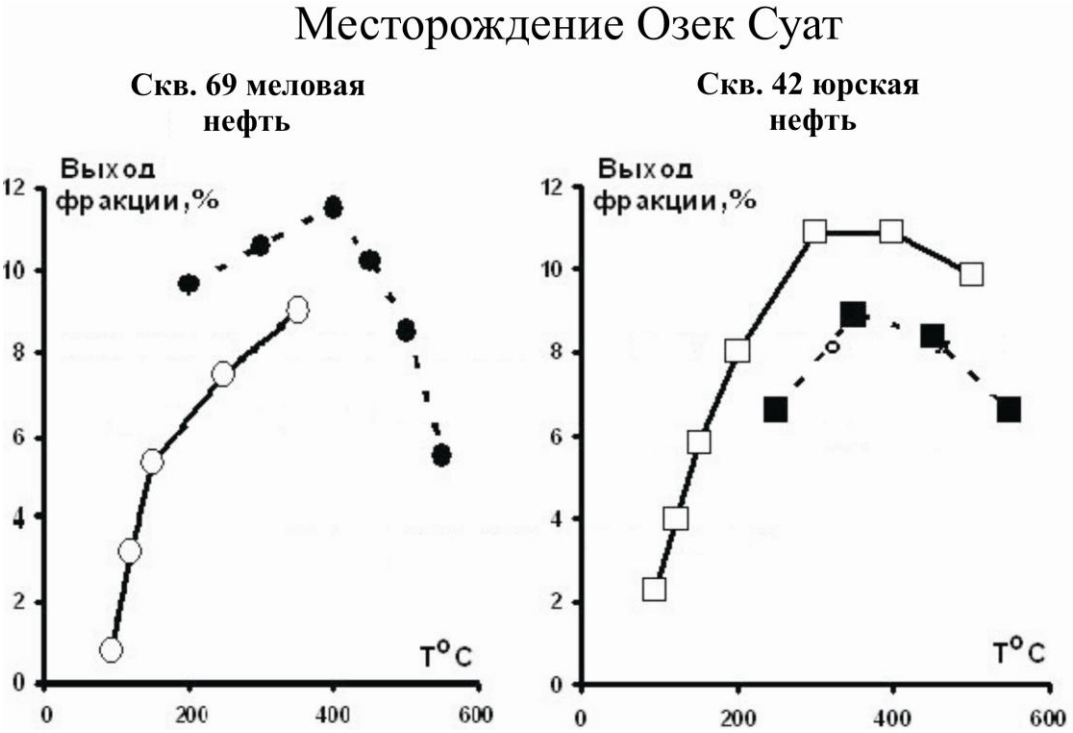


Рис. 1. Динамика получения возгонов на месторождении Озек-Суат [19]

III. Выявляется общая точки перегиба полученных кривых, отмечаемая для $T \approx 350\text{-}400\ ^{o}C$.

IV. Поведение этих групп несколько отлично: в меловой нефти низкотемпературная ветвь располагается ниже фракции высокотемпературной, в юрской нефти соотношения обратные. В других работах проведены исследования для более коротких интервалов, но во всех случаях описанный перегиб отмечается практически в одной и той же точке – $T = 350 – 400\ ^{o}C$.

При экспериментальном прогреве происходит увеличение физических параметров, т. е. согласованный рост величин d и n. Обычно считают, что утяжеление связано с тем, что при эксперименте происходит возгон выделяемых из нефти компонентов таким образом, что с ростом T выделяются более тугоплавкие и менее летучие компоненты. Для оценки этой связи было получено 103 выборки анализов, в них параметры d и n связаны в уравнение вида (1). Пример одной из них приведён на рис. 2, *А*. Рост величины d происходит до некоторой температуры ($\approx 350\ ^{o}C$), после чего рост T прогрева не влияет на величину плотности. На рис. 2Б для этого объекта показана зависимость концентрации углерода в эмпирической формуле C_nH_m. И здесь в районе $T \approx 375\ ^{o}C$ происходит фазовый переход, проявленный в изменении положения высокотемпературной группы точек. Но при изменении состава углеводорода физические параметры уже не меняются.

В природных условиях пластовая T может достигать 180 ^{o}**C** [8] (по некоторым представлениям – до 250 ^{o}C (Вышимирский,1970)), не дотягивая тем самым до точки фазового перехода.

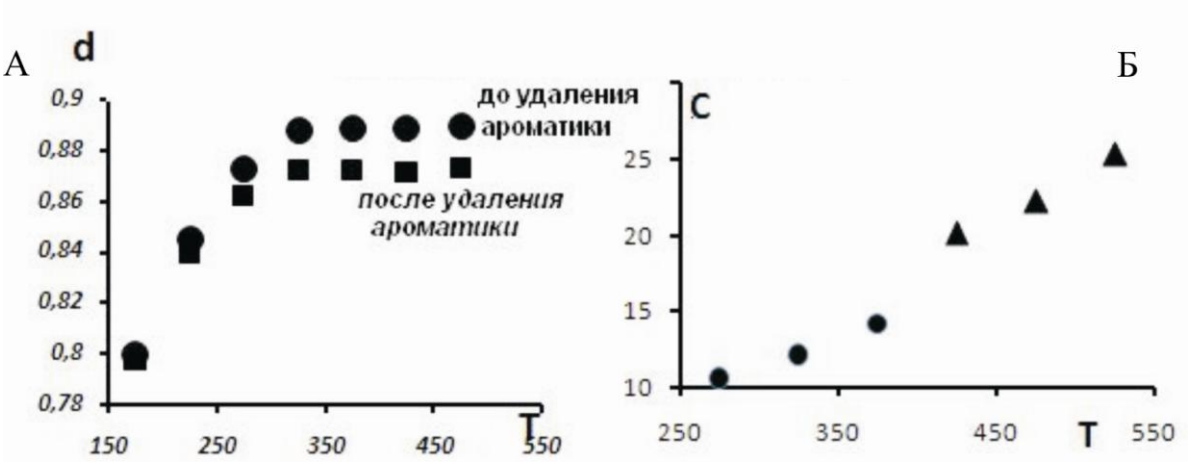


Рис. 2. Температурная зависимость от температуры А - физических параметров нефти; Б - концентраций углерода

Таблица 3

Параметры изотермических распределений физических величин

Группа	интервал **ΔT** °**C**	**A**	**B**
А	250-300	0,462	1,077
Б		1,062	0,539
А	350-400	0,520	1,028
Б		0,909	0,669

Для некоторых природных концентраций нефти механизм влияния ***T*** сложнее. Для них отмечается рост плотности с глубиной [16, 18] (второй тип по [1]). Здесь возможно барическое сжатие веществ, которое ведёт к уменьшению объема [32], а значит, и росту плотности нефти. Но проведенные эксперименты осуществлены только при давлениях, не превышающих стандартное значение. В работе [1] отмечается, что в некоторых случаях нет влияния ***T*** и глубины залегания на плотность нефти (тип III), это свойство не противоречит гиперболическому распределению свойств нефти.

Изотермическое распределение параметров нефти по экспериментальным данным

Для изучения влияния ***T*** построены изотермы распределения, приведённые на рис. 3, для интервалов ***T*** = 250-300 и 350-400 °C (см. рис. 3, *А*). Выделяются по две группы параметров А и Б (табл. 3). Параметры одинаковых групп близки между собой. Обоснованность выделения групп подтверждается и тем, что на графиках в координатах (***M-d***) и (***M-X***) (***X***-выход фракции) на рис. 3, *Б* эти выборки также выделяются в отдельные множества точек. Приуроченности этих групп к каким-либо фракциям нефти нет. Все прямые пересекаются в точке $\boldsymbol{d}_o$ = 0,904; $\boldsymbol{n}_o$ = 1,495 ($\boldsymbol{R}^2$ = = 0,999).

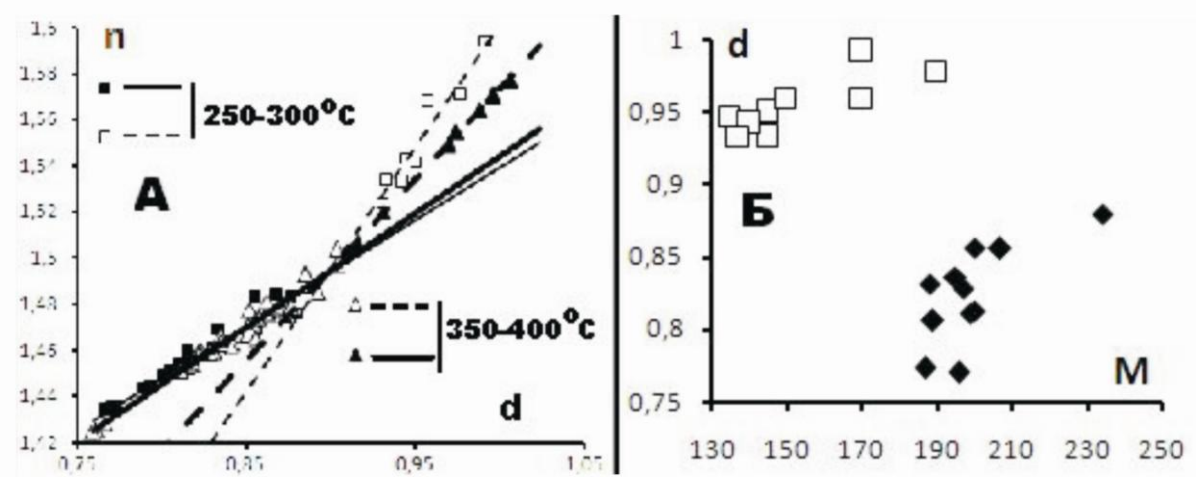


Рис. 3. Изотермические распределения физических параметров нефти:
А – сводная диаграмма распределений; *Б* – зависимость плотности *d* от молекулярного веса *M* при *T* = 250-350 °C

СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА В ИСТОЧНИКЕ НЕФТИ

Оценка физических параметров

Для оценки параметров $\boldsymbol{n_o}$ и $\boldsymbol{d_o}$ в источнике воспользуемся теорией решения задачи об источниках вещества [22, 23], которая оперирует с параметрами $\boldsymbol{A}$ и $\boldsymbol{B}$. Здесь выделяют две составляющие: **А –** математическая сторона вопроса и **Б –** сущность полученных выражений.

А. Если имеется несколько уравнений вида (1), то они характеризуются парой чисел ($\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$). Используя их как некоторые координаты, можно получить прямую вида $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{aA} + \boldsymbol{b}$. Если уравнение выполняется, то такая совокупность прямых (1) называется пучком прямых, пересекающихся в *одной* точке (точке кроссовера) с координатами ($\boldsymbol{A}_o$, $\boldsymbol{B}_o$), определяемыми как $\boldsymbol{a} = -\boldsymbol{A}_o$ и $\boldsymbol{b} = \boldsymbol{B}_o$. Уравнение вида $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{(-A_o)A} + \boldsymbol{B_o}$ называется *компенсационным*.

Б. Уравнение (1) описывает распределение компонентов, образующихся при смешении исходных компонентов как минимум из двух источников. Применение представлений о «компенсации» приводит к выводу о том, что параметры ($\boldsymbol{A}_o$, $\boldsymbol{B}_o$) как раз и описывают состав одного из исходных компонентов. По параметрам этих уравнений была построена компенсационная диаграмма (рис. 4, *А*). На картинку вынесены данные по температурным фракциям в пределах 60 – 500 °C. Для сравнения показаны параметры таких уравнений для силикатных минералов и раствора глицерина в воде. Все точки углеводородов строго ложатся на прямую линию с уравнением $\boldsymbol{B} = -0{,}827\boldsymbol{A} + 1{,}459$ (рис. 4, *А*), что свидетельствует о едином источнике вещества нефти; координаты точки кроссовера описываются значениями: $\boldsymbol{d}_o = 0{,}827$ и $\boldsymbol{n}_o = 1{,}459$, характеризуя физические свойства прародительницы нефтей.

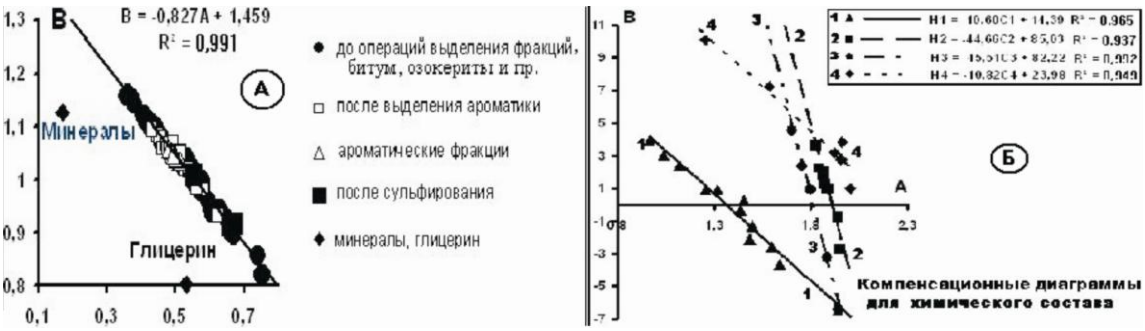


Рис. 4. Компенсационная диаграмма по параметрам уравнения $n = Ad + B$ (*А*) и связи между *С* и *Н* (*Б*)

Оценка кинетической вязкости

Во многих работах, например [12, 31], приведены значения кинетической вязкости при температурах 20 и 50 °С (293 и 323 К). В литературе упоминаются основные уравнения, связывающие кинетическую (или динамическую **μ**) вязкость с температурой:

$$ln\mu = ln\mu_o + E/RT \text{ [27]}; \qquad (5)$$

здесь T – температура в К;

$$ln\mu = ln\mu_o - B(T - T_o) \text{ [16]}, \qquad (6)$$

T – температура в °С; E – энергия активации вязкого течения; B – постоянная. Проверка показала лучшее выполнение уравнения (5), хотя по [27] оно является приближённым. Это позволяет предположить выполнение его на более широком интервале T и для кинетической вязкости и определить значения величин E и $ln\nu_o$. Для большинства месторождений величина E изменяется в пределах 2 - 20 ккал/М, а $ln\nu_o = (-4) \div (-30)$.

Большое количество объектов позволяет использовать принцип компенсации для параметров E и $ln\nu_o$. Диаграмма компенсации приведена на рис. 5, точки всех месторождений ложатся на одну прямую, говоря о том, что нефть имеет единый источник вязкости, соответствуя данным о распределении других физических параметров нефти (см. рис.4). В источнике преобладала T= 40 – 50 °С и $ln\nu$ = 0,8522 ($\nu \approx 2{,}34$ сСт**)**. Если опираться на приведённую выше связь между глубиной и температурой, то выявленная температура соответствует глубине нахождения источника ~1800 м.

Связь химических параметров

Обычно говорят о температурных фракциях нефти, для которых определяется эмпирическая формула возгона вида C_nH_m. Всегда между концентрациями C (параметр n) и H (параметр m) существует строгая линейная зависимость вида

$$H = aC + A. \qquad (7)$$

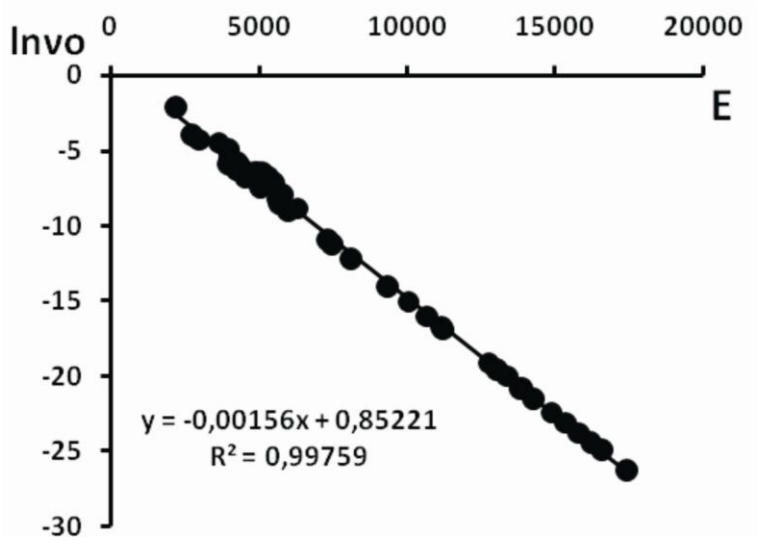


Рис. 5. Компенсационная диаграмма для параметров кинетической вязкости

На компенсационной диаграмме (см. рис. 4, *Б*) отчётливо выделяются группы точек, различающиеся химическим составом (табл. 4). Учитывая случайность отбора анализов и независимость выделения групп, можно полагать, что количество точек на диаграммах отражает их соотношение друг относительно друга. Данные табл. 4 показывают высокие концентрации в нефти источника ароматической составляющей (№ 1) и низкие концентрации метановой (№ 3) компоненты.

Таблица 4

Соотношения групп углеводородов по химическому составу

№ п.п.	Эмпирическая формула	Кол-во точек	Соотношение компонентов, %	Группа (?)
1	$\mathbf{C_{10,60}H_{14,39}}$	12	40	$\mathbf{C_nH_{n+3}}$
2	$\mathbf{C_{44,66}H_{85,03}}$	8	26,8	$\mathbf{C_nH_{2n-4}}$
3	$\mathbf{C_{10,82}H_{23,98}}$	5	16,6	$\mathbf{C_nH_{2n+2}}$
4	$\mathbf{C_{45,51}H_{82,22}}$	5	16,6	$\mathbf{C_nH_{2n-9}}$
	Всего	30	100	

Групповой состав нефтей

На рис. 8 показано распределение различных групп углеводородов в нефтях месторождения Озек-Суат [20]. Намечаются обратная линейная зависимость между нафтеновыми и метановыми фракциями (см. рис. 8, *А*) и, как правило, слабая связь между этими группами с одной стороны, и фракциями ароматики – с другой (см. рис. 8, *Б*). Поведение нафтенов и метанов аналогично поведению компонентов в замкнутых (закрытых) системах, в которых один компонент замещает другой.

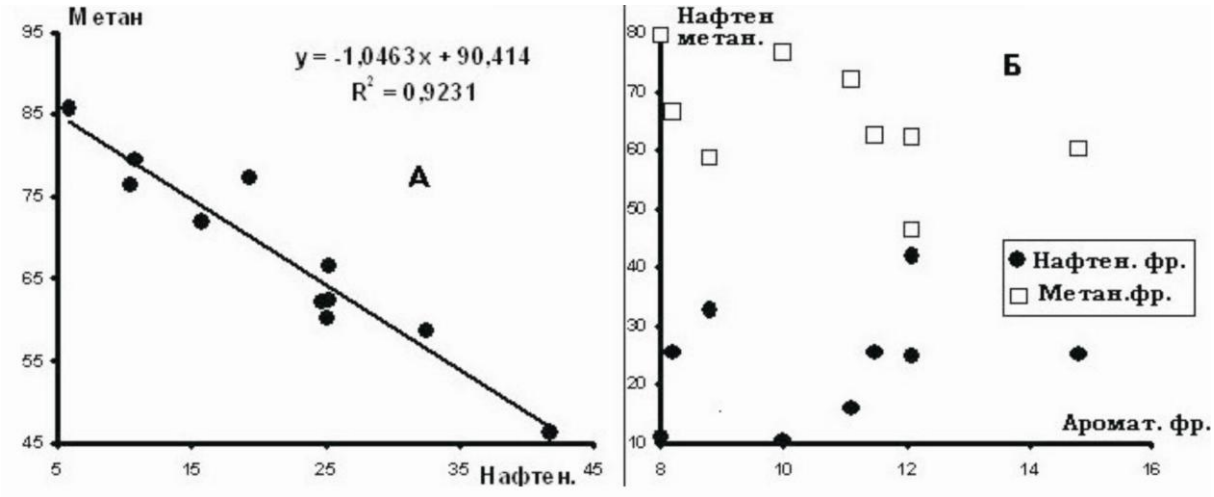


Рис. 8. Распределение групповых компонентов нефтей

Представленная на рис. 8, *А* диаграмма распределений групповых частей нефтей представляет собой температурную прямую. Она наиболее типична для бензиновых фракций нефти. Следовательно, взаимодействие между нафтеновой (Нф) и метановой (Мн) группами обусловлено воздействием ***T*** и, возможно, вызвано преобразованием одного УВ в другой по реакции, например, типа

$$C_6H_{12} + H_2 \rightarrow C_6H_{14} + Q = -71550 \text{ Дж/Моль [30].}$$

Применение принципа компенсации к нафтено-метановой связи показывает наличие единого источника их формирования, отражаемого уравнением $\boldsymbol{K} = -55{,}67\boldsymbol{k} + 31{,}51$. Следовательно, в нефти источника исходное соотношение между компонентами отражается оценочными величинами $Нф_о \approx 55{,}67$ % и $Мн_о \approx 31{,}51$ %.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

Обзор литературы показал, что все нефти объединяется в две группы:

1. Нефти, плотности и показатели преломлений которых уменьшаются с глубиной. Это преобладающая группа нефтей (≈ 70 %).

2. Нефти, плотности и показатели преломления света которых растут с глубиной. В литературе существует подобное деление, но ему отводится незначительная роль, принижая значение этого деления.

Для всех нефтей установлена только связь вида $\boldsymbol{n_D^{20} = Ad_4^{20} + B.}$

Главным механизмом образования первой группы является влияние ***T***. В этих условиях происходит тепловое перераспределение вещества нефти. Подобное поведение возможно при постоянстве массы объекта воздействия температуры и неизменности её во времени, т. е. в стабильной тектонической обстановке. В этом случае скорость термического перераспределения нефти должна быть больше скорости её погружения.

Главный механизм формирования второй группы не совсем ясен. Подобное возможно при сильном влиянии $\boldsymbol{P}$, которое ведёт к сжатию вещества и росту его плотности. Однако эксперименты показали, что это возможно и при влиянии только $\boldsymbol{T}$. Доказательством этому служит соответствие угловых коэффициентов диаграмм для природных выборок экспериментальным его значениям. Возможное условие - постепенное погружение объекта, вследствие чего происходит постепенный рост $\boldsymbol{T}$, отгонка фракций с пониженными значениями $\boldsymbol{\Delta H}_{\text{исп}}$ и накопление в корнях объекта тяжёлых фракций нефти. В этом случае скорость погружения вещества должна быть больше скорости его термического перераспределения.

Ряд исследователей-инкогнито [17, с. 85], «не отрицая генетической связи нефти с органическим веществом осадочных пород, считают, что первичная нефть во всех случаях однотипна». Наши исследования согласуются с этой точкой зрения. Несмотря на разнообразие нефтей, для них впервые установлен единый состав вещества в источнике нефти. Ранее источник назывался «пранефтью» [9], потом появились более точные представления о нём, которые отразились в термине «микронефть» [11]. Последняя характеризуется параметрами: $\boldsymbol{d}_{\text{о}}$ = = 0,827 г/см^3 и $\boldsymbol{n}_{\text{о}}$ = 1,459, $\boldsymbol{T}$= 40 – 50$^{\text{o}}$C, $\boldsymbol{lnv}$ = 0,8522 ($\boldsymbol{v} \approx$ 2,34 сСт**)**; глубина источника ~1800 м. Химический состав нефти источника складывается из фракции $\boldsymbol{C}_{10,60}\boldsymbol{H}_{14,39}$**,** близкой составу $\boldsymbol{C_nH_{n-4}}$ (ароматическая группа)**,** и $\boldsymbol{C}_{44,66}\boldsymbol{H}_{85,03}$, близкой составу $\boldsymbol{C_nH_{2n-4}}$ (сложные нафтены). Эти выводы согласуются с мнением А. Ф. Добрянского [4, с. 67], по которому состав первоисточника нефти близок составу ароматических соединений. Интуитивно применив компенсационный анализ, А. Н. Гусева и И. Е. Лейфман [26, с. 84] установили, что «гипотетические алканы» в источнике имеют $\boldsymbol{T}_{\text{пл}}$ = 125 $^{\text{o}}$C и $\boldsymbol{n}_{\text{о}}$ = 1,4750.

Библиографический список

1. **Андреев П. Ф., Богомолов А. И., Добрянский А. Ф., Карцев А. А.** Превращения нефти в природе. Л.: Гостоптехиздат, 1958. 416 с.

2. **Аранда Гомес В.** Корреляция между физическими свойствами углеводородов // Материалы V международного нефтяного конгресса. Т. IV. Транспорт, качество и применение нефтепродуктов. М.: Гостоптехиздат, 1961. С. 107-108.

3. **Богомолов А. И., Панина К. И.** Структурно-групповой анализ фракций ароматических углеводородов нефти // Труды ВНИГРИ, вып. 123. Геохимический сборник, 5. Л.: Гостоптехиздат, 1958. С. 175-188.

4. **Богомолов А. И. , Стригалева Н. В.** Изучение ароматических углеводородов в составе некоторых меловых нефтей Южной Эмбы // Труды ВНИГРИ, вып. 57. Геохимический сборник, 2-3. Л.: Гостоптехиздат, 1951. С.67-81.

5. **Богомолов А. И., Панина К. И. и Баталин О. Е.** Термокаталитические превращения полициклических нафтеновых углеводородов нефти в связи с вопросами их генезиса // Труды ВНИГРИ, вып. 155. Геохимический сборник, 6. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1960. С.194-210.

6. **Бойко Е. Д.** Химия нефти и топлива. Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. технического ун-та, 2007.

7. **Борисов А. А., Бочков И. В., Васильев В. Г. и др.** Урало-Волжская нефтеносная область. М. –Л.: Гостопиздат, 1941. 572 с.

8. **Казанцева Т. Т., Камалетдинова М. А., Казанцев Ю. В., Зуфарова Н. А.** Происхождение нефти. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1982. 24 с.

9. **Брукс Б. Т., Бурд С. Э., Куртц С. С., Шмерлинг Л.** Химия углеводородов нефти. М.: Гостоптехиздат, 1958. Т. 1. 550 с.

10. **Важнейшие** нефтяные месторождения развитых капиталистических и развивающихся стран (1973) // URL: http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/081/487.htm

11. **Вассоевич Н. Б.** Микронефть // Труды ВНИГРИ, вып. 132. Исследования ВНИГРИ в области нефтяной геологии. Л.: Гостоптехиздат, 1959.

12. **Винниковский С. А., Коблова А. З.** Нефть, газы и битумоиды Пермского Прикамья и сопредельных районов. Каталог физико-химических свойств. Пермь: Объединение «Пермнефть», 1977, Т. 2. 568 с.

13. **Волков А. М., Поплавский Н. Н., Ростовцев Н. Н. и др.** Влияние вертикальной миграции флюидов на формирование залежей нефти // Труды ЗапСибНИГНИ, 1969. Вып. 8. 276 с.

14. **Гальперн Г. Д., Коновалова Л. А., Кусаков М. М.** Температурная зависимость плотности гептаметилнонана и метилдициклопентилциклогексана // Труды Института нефти АН СССР. Т. 1. Вып. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 217-223.

15. **Гальперн Г. Д., Коновалова Л. А., Кусаков М. М.** Температурная зависимость коэффициента преломления и дисперсии углеводородных жидкостей при низких температурах // Там же. С. 223-243.

16. **Гукасов Н. А.** Прикладная гидромеханика в бурении: учебное пособие. М.: Недра, 1999. 359 с.

17. **Деменкова П. Я., Захаренкова Л. Н.** Порфирины в нефтях и битуминозных компонентах органического вещества пород северо-восточного Кавказа // Труды ВНИГРИ, вып. 279. Геохимический сборник, 10. Л.: ВНИГРИ, 1969. С.85-105.

18. **Карцев А. А.** Основы геохимии нефти и газа. М.: Недра, 1978. 279 с.

19. **Китайгородский А. И.** Введение в физику. М.: Наука, 1973. 689 с.

20. **Котина А. К., Чихачева Е. М.** Исследование нефтей месторождения Озек-Суат // Труды ВНИГРИ, вып.174. Геохимический сборник,7. Л.: Гостоптехиздат, 1961. С. 35-53.

21. **Кудельский А. В.** Специфические особенности геохимии триады «нефть-газ-рассолы» Припятского прогиба // Стратісфера. 2007. № 1(26). С. 101-121.

22. **Макаров В. П.** «Явление компенсации» – новый вид связи между геологическими объектами // Мат-лы I междунар. науч.-практ. конф. "Становление современной науки-2006". Т.10. Днепропетровск: Наука и образование, 2006. С. 85-115.

23. **Макаров В. П.** Вопросы теоретической геологии. 12. Основы теории решения задачи об источниках вещества // Мат-лы междунар. конф. "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития-2008". Одесса: Черноморье, 2008. Т. 17. С.12-47.

24. **Макаров В. П.** К природе источника вещества нефти // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. "Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте ‘2010". Одесса: Черноморье, 2010. Т. 22. С.70-83. URL: http://www.lithology.ru/node/525.

25. **Намёткин С. С.** Химия нефти. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 799 с.

26. **Новые** методы исследования состава нефтей // Труды ВНИГНИ, вып. 119 // ред. С. П. Максимова, Г. И. Сафонова М.: Изд-во ВНИГНИ, 1972. 231 с.

27. **Панченков Г. М.** Теория вязкости жидкостей // Труды МНИ им. И. М. Губкина, 1947. Вып. 5. М-Л.: Гостопиздат, 407 с.

28. **Пиковский Ю. И.** Проблема нефтегазообразования: выход из тупика? (к дискуссии о происхождении нефти и природного газа) // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2009. 38-55.

29. **Супруненко О. И., Тугарова М. А.** Геохимия нафтидов. Ч. 2. // URL: http://www.lithology.ru/node/178.

30. **Тараненко Е. И.** Основы геохимии нефти и газа. М.: Изд-во УДН, 1989. 94 с.

31. **Физико-химические** свойства транспортированной нефти //URL: http://www.financce.ru/company/22-oil.html?start=20

32. **Эйгенсон А. С., Шейх-Али Д. М.** Расчет плотности и вязкости пластовой нефти по данным поверхностной дегазации // Геология нефти и газа. 1989. С. 11.

УДК 553.94.96: 552.5

И. Е. Стукалова[1], И. Сыкорова[2]
[1]Геологический институт Российской академии наук
[2]Институт структуры и механики горных пород Чешской академии наук, Прага

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ТИПЫ И КАЧЕСТВО БУРЫХ УГЛЕЙ

Введение

Нами были изучены различные петрографические типы бурых углей из угольных бассейнов и месторождений в основном в Российской Федерации. Целью исследования было дать макроскопическое описание, провести петрографическое исследование и привести данные по химическому составу основных типов бурых углей. Для этого была подобрана коллекция образцов бурых углей из разных месторождений и изучалась на современном оборудовании в Геологическом институте РАН в Москве и в Институте структуры и механики горных пород Чешской академии наук в Праге, там же выполнено большинство химических анализов. Для интерпретации результатов мы пользовались рекомендациями Международного комитета по петрологии углей и использовали предложенную им классификацию микрокомпонентов бурых углей. Выяснилось, что есть отличия этой классификации от других.

Классификации бурых углей

В статье невозможно охватить все без исключения типы бурых углей, запасы которых в мире и в России огромны, для этого существуют уже изданные монографии и атласы микрокомпонентов углей [2, 4, 5, 6]. В 1937 г. был опубликован атлас микроструктур углей СССР под руководством Ю. А. Жемчужникова и З. В. Ергольской, приуроченный к крупному событию – XVII Международному геологическому конгрессу, в котором художником были выполнены зарисовки шлифов углей [2]. Более чем за 50 лет расцвета углепетрографических исследований в нашей стране были изданы атласы углей по отдельным бассейнам с микрофотографиями углей, иногда очень удачные и всегда неизменно очень информативные. В настоящее время углепетрография продолжает развиваться. Ежегодно проходят сессии Международного комитета по петрологии углей, который существует как научная организация с 1953 года. И в промежутках между заседаниями работает несколько комиссий этого комитета. Совершенствуется номенклатура микрокомпонентов, даются рекомендации по практическому

использованию, привлекаются фирмы по техническому оборудованию, такие известные как «Лейка», «Цейс» и другие, поставляющие микроскопы и другое оборудование в разные страны мира. Разрабатываются классификации и даются рекомендации для промышленного использования. В данной работе мы учитываем рекомендации Международного комитета по петрологии углей и пользуемся предложенной им классификацией микрокомпонентов [10, 11]. Определение петрографического состава по международной классификации проводится во многих странах, но не везде, часто используются другие классификации. Это касается также и определения величин отражения микрокомпонентов. Это связано не только с историей развития углепетрографии в разных странах, но и с развитием аппаратурной базы для исследований и технического обеспечения петрографических исследований и других анализов, а также с определением в настоящее время величин отражения микрокомпонентов на микроскопах-фотометрах нового поколения и анализаторов изображения [8].

Подготовленные материалы будут использованы в дальнейшем для практической работы со студентами и аспирантами вузов и при подготовке лекций, поэтому так важно выбрать из многообразия суть и изложить доступным языком. В изложении материала мы опираемся на пособие А. П. Бакалдиной [3], которое было написано в 1981 году и в котором использован огромный опыт работы и преподавания в области угольной геологии. Оно получилось емким, понятным и постоянно используется в работе на кафедре литологии МГРИ-РГГРУ в г. Москве. Сейчас необходимо добавить новый накопленный за 30 лет материал в этой области, а главное – в области петрографии углей. За это время усовершенствованы методики измерения величин отражения микрокомпонентов углей [8]. Международным комитетом по петрологии углей (ICCP) разработаны и продолжают совершенствоваться классификации микрокомпонентов (мацералов) бурых и каменных углей [10]. Но единой классификации и унифицированных методик, кроме рекомендаций, пока нет. За последнее время в нашей стране были пересмотрены ГОСТы и опубликовано несколько замечательных работ [4, 6], которые позволяют разобраться в том, что сейчас происходит в области петрографии углей и угольной геологии в частности.

В книге И. В. Авгушевич с соавторами 2007 г. дается подробное описание классификаций и ГОСТов и тоже есть рекомендации к использованию [1]. Детально, тщательно и подробно описаны существовавшие ранее ГОСТы и изменения в них. Но трудно воспользоваться изложенным с такой детальностью материалом, так как не понятно, какие все-таки классификации и методики используются и для каких целей.

В Государственном стандарте (ГОСТ 12112-66), утвержденном в 1966 г. «Угли бурые. Метод определения петрографического состава» выделялись группа витринита, семинита, фюзинита, лейптинита, альгинита и мик-

стинита. В этих группах выделялись 22 микрокомпонента. При подсчете учитывались также и минеральные примеси.

В дальнейшем при разработке ГОСТов использовался опыт работы в нашей стране и при сотрудничестве со странами СЭВ. Для определения качества и промышленного использования применяется система кодирования показателей бурых углей (ГОСТ 28663-90).

В 2002 г. Европейской экономической комиссией ООН (ЕЭК ООН), принимается Международная система кодирования углей низкого ранга (бурых углей). Граница между бурыми и каменными углями устанавливается по величине отражения витринита R_o,r (<0,60 %) и принимается Единая классификация по ГОСТ 25543-88, где угли низкого ранга подразделяются на лигниты и суббитуминозные [1].

В нашей стране Единая классификация углей (ГОСТ 25543-88) введена в действие с 1.01.1991 г. взамен 17 классификаций по отдельным бассейнам.

Марка бурых углей (Б) объединяет угли, макроскопически сильно отличающиеся между собой, но характеризующиеся низкими значениями величин отражения витринита (R_o < 0,6 %) [4].

Бурые угли не стойки к выветриванию, что отличает их от каменных углей. В России на долю бурых углей приходится около 30 % от общих запасов углей, запасы их весьма значительны и составляют более 1500 млрд т [4].

В ГОСТ 25543-88 угли марки Б подразделяются на три технологические группы – 1Б, 2Б и 3Б. Выделение групп соответствует трем типам бурых углей, выделяемых макроскопически: угли бурые землистые, бурые плотные матовые и бурые плотные блестящие. Приведем общую характеристику бурых углей по группам, опираясь на подготовленную для этих целей коллекцию (табл. 1).

Бурые угли, группа 1Б

Уголь этой группы широко распространен в различных угольных бассейнах, в основном палеогенового и неогенового возраста. Бурые угли группы 1Б разрабатываются в Днепровском бассейне на Украине, а в России – это Южно-Уральский бассейн, месторождения Дальнего Востока и Приморья.

По структурно-текстурным признакам угли группы 1Б подразделяют на: землистые, мягкие и лигнитовые.

В нашей коллекции к группе 1Б относятся образец лигнита 1/F (1) из Корфовского месторождения Камчатки неогенового возраста и образец 26/Б (2) – землистый бурый уголь из Александрийского месторождения на Украине палеогенового возраста (табл.1-3).

Таблица 1

Коллекция типов бурых углей

Номер образца	Характеристика	Бассейн, месторождение	Возраст	Группа, марка		R_o, %
1	*2*	*3*	*4*	*5*		*6*
1/Ф	Лигнит	Корфовское м-ние, Камчатка, р.Угольная	Неоген	1Б	Лигнит	0,25
26/Б	Уголь бурый землистый (брикет)	Александрийское м-ние, Днепровский бассейн, Украина	Палео-ген	1Б	То же	0,26
Ш-№2	Уголь бурый 112Атовый, штриховатый	Западно-Щекинское м-ние, шахта №2, Подмосковный бассейн	Нижний карбон	2Б	Суббитуминозный	0,41
8/С.А.	Уголь бурый 112Атовый (фюзен)	Ангренское месторождение, углеразрез №1, Средняя Азия	Юра	2Б	То же	0,39
1/У	Уголь бурый полуматовый плотный	Новиковское месторождение, о-в Сахалин	Неоген	3Б	То же	0,45
11/М-1	Уголь плотный полублестящий	Корфовское м-ние, Камчатка	То же	3Б	То же	0,48
1М	То же	Корфовское м-ние, Камчатка, пл. Медвежий верхний	То же	3Б	То же	0,46
144/4	Уголь полублестящий	Гусиноозерское м-ние, Забайкалье, хольбоджинская свита	Нижний мел	2Б	То же	0,39
Г-1/4	Уголь твердый, полублестящий	Гусиноозерское м-ние, Забайкалье, хольбоджинская свита	То же	3Б	Суббитуминозный	0,45
Г-2/4	То же	Гусиноозерское м-ние, Забайкалье, хольбоджинская свита	То же	3Б	То же	0,46
1/В	Уголь твердый, полублестящий	М-ние Билина, Сев. Чехия	Неоген,миоцен	2Б	Лигнит	0,35
2-L	Кутикуловый уголь, «барзасская рогожка»	Барзасское м-ние, Кузнецкий бассейн	Средний девон	Липтобиолит		0,32
1-С	Сапропелевый уголь, однородный матовый	Иркутский бассейн	Юра	Сапроколлит		0,21

Таблица 2

Химический состав углей

Номер образца, месторождение, бассейн, возраст	Параметры технического и элементного анализов												
	W^a (%)	A^d (%)	S_t^d (%)	S_p^d (%)	S_{SO4}^d (%)	S_o^d (%)	V^{daf} (%)	C^{daf} (%)	H^{daf} (%)	S_o^{daf} (%)	N^{daf} (%)	O^{daf} (%)	Q_s^{daf}, Мдж/кг
1/Ф, Корфовское м-ние, Камчатка, неоген	7,81	11,83	0,51	0,0	0,0	0,51	59,36	57,97	5,12	0,58	0,69	35,64	23,11
26/Б, Александрийское м-ние, Украина, палеоген	6,27	28,01	3,49	0,45	0,27	2,77	63,71	63,52	6,14	3,85	0,83	25,66	26,79
Ш-№2, Западно-Щекинское м-ние, Подмосковный бассейн, нижний карбон	7,58	8,89	1,97	0,18	0,01	1,78	49,45	65,51	4,86	1,95	1,13	26,55	26,07
8/С.А. Ангренское м-ние, углеразрез №1, Средняя Азия, юра	8,59	7,75	0,93	0,14	0,01	0,78	35,62	74,42	3,78	0,84	0,88	20,07	27,31
1/У, Новиковское месторождение, о-в Сахалин, неоген	4,01	4,54	1,30	0,05	0,13	1,12	47,19	73,91	5,71	1,18	2,18	17,03	31,81
2-L, Барзасское м-ние, Кузнецкий бассейн, девон, липтобиолит	1,47	32,26	1,69	0,27	0,40	1,03	66,53	85,05	8,61	1,51	0,47	4,36	36,53
1-С, Иркутский бассейн, юра, сапроколлит	0,39	2,49	0,63	0,07	0,00	0,56	94,26	82,15	10,8	0,58	0,53	5,93	41,04

Таблица 3

Петрографический состав бурых углей

Номер образца, месторождение, бассейн, возраст	(1) 1/ф, Корфовское м-ние, Камчатка, неоген	(2) 26/б, Александ-рийское м-ние, палеоген	Номер образца, месторождение, бассейн, возраст	(3) Ш-№2, Западно-Щекинское м-ние, Подмосковный б-н, нижний карбон	(4) 8/С.А. Ангренское м-ние, углеразрез №1, Средняя Азия, юра	(5) 1/у, Новиковское м-ние, о-в Сахалин, неоген
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Тип угля	Лигнит	Лигнит	Тип угля	Суббитуминозный	Суббитуминозный	Суббитуминозный
Группа угля	1Б	1Б		2Б	2Б	3Б
R_o (%)	0,25	0,26		0,41	0,39	0,45
Гуминит (vol.%)	**82,5**	**48,1**	**Витринит** (vol.%)	**38,0**	**17,4**	**73,5**
Текстинит A+B	9,9 + 17,5	0,0	Телинит	0,0	0,0	0,0
Ульминит A+B	8,2 + 5,8	2,5	Коллотелинит	16,1	8,7	25,8
Аттринит	1,1	15,3	Витродетринит	2,9	2,2	2,3
Дензинит	29,3	21,9	Коллодетринит	16,8	5,1	37,8
Гелинит	0,0	1,5	Гелинит	1,5	0,0	1,5
Корпогуминит	7,6	6,9	Корпогелинит	0,7	1,4	6,1
Липтинит (vol.%)	**8,2**	**20,6**	**Липтинит** (vol.%)	**27,0**	**2,9**	**20,5**
Споринит	1,2	3,4	Споринит	18,9	0,7	3,8
Кутинит	0,6	1,2	Кутинит	0,0	0,0	5,3
Суберинит	1,0	1,5	Суберинит	0,0	0,0	0,1
Альгинит	0,7	1,0	Альгинит	2,9	0,0	4,5
Резинит	2,3	5,2	Резинит	1,6	1,8	3,0
Эксудатинит	0,0	0,6	Эксудатинит	0,0	0,0	0,7
Липтодетринит	2,4	6,8	Липтодетринит	3,6	0,4	3,1
Битуминит	0,0	1,0	Битуминит	0,0	0,0	0,0

Окончание табл. 3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Инертинит (vol.%)	**1,7**	**6,3**	**Инертинит** (vol.%)	**28,4**	**72,4**	**3,8**
Фюзинит	0,8	2,8	Фюзинит	5,1	30,4	1,5
Семифюзинит	0,9	0,6	Семифюзинит	6,2	10,1	0,0
Макринит	0,0	0,5	Макринит	2,1	5,1	0,0
Фунгинит	0,0	1,0	Фунгинит	0,5	0,7	0,0
Секретинит	0,0	0,0	Секретинит	0,7	1,4	0,0
Микринит	0,0	0,0	Микринит	5,1	5,8	0,0
Инертодетринит	0,0	0,3	Инертодетринит	8,7	18,9	1,3
Минералы (vol.%)	**7,6**	**25,0**	**Минералы** (vol.%)	**6,6**	**7,3**	**2,2**
Глины	6,3	21,5	Глины	4,3	4,7	0,0
Сульфиды	0,0	0,4	Сульфиды	0,5	0,0	0,0
Карбонаты	0,0	0,5	Карбонаты	0,0	0,3	0,0
Кварц	0,0	1,5	Кварц	0,3	0,2	0,0
Другие	1,3	1,2	Другие	1,5	2,1	2.2

Лигнитовые бурые угли (группа 1Б)

В нашей коллекции к группе 1Б относится образец лигнита 1/F (1) из Корфовского месторождения Камчатки неогенового возраста (см. табл. 1, 2).

Лигнитовые бурые угли (группа 1Б) представляют собой спрессованные и уплотненные, слабоизмененные обломки древесины, встречающиеся в виде крупных и мелких фрагментов (аттрита). Плотные лигниты в основном темно-бурого цвета, с полураковистым изломом, иногда – смолоподобным блеском.

Величина отражения гуминита в этом образце составляет (R_o) 0,25 % (см. табл. 1).

Землистые бурые угли (группа 1Б)

В нашей коллекции к землистым разностям бурых углей относится образец 26/Б (2) – уголь бурый землистый (брикет) из Александрийского месторождения на Украине палеогенового возраста (см. табл. 1, 2).

Землистые бурые угли (группа 1Б) представляют собой порошкообразное вещество бурого и темно-коричневого цвета, состоящее из гелифицированного мелкого детрита. Землистый бурый уголь часто слагает пласты среди других разновидностей бурых углей.

Величина отражения гуминита в этом образце составляет (R_o) 0,26 % (см. табл. 1). Для углей Днепровского бассейна других месторождений приводятся следующие данные по величинам отражения, R_o= 0,15-0,32 % [4].

Мягкие (торфоподобные) бурые угли (группа 1Б)

Мягкие бурые угли сложены в различной степени остудневшими, преимущественно гелифицированными растительными тканями. Представляют собой рыхлую или плотную породу темно-бурого или коричневого цвета, черта бурая, излом занозистый, неровный. Мягкий торфоподобный уголь встречается в Днепровском, Южно-Уральском (месторождения Маячное и Бабаевское) и других бассейнах.

Для углей Южно-Уральского бассейна приводятся следующие данные по величинам отражения, R_o= 0,20-0,30 % [4].

Бурые угли, группа 2Б

Бурые угли группы 2Б преимущественно распространены в мезозойских отложениях. Огромные запасы бурых углей группы 2Б разведаны и добываются в Канско-Ачинском, Тургайском и Ленском бассейнах, которые по запасам относятся к самым крупным угольным бассейнам мира. Месторождения бурых углей группы 2Б находятся в Серовском районе Урала – Волчанское и Богословское, в Забайкалье, в Средней Азии – Ангренское и другие (см. табл. 1). Угли Подмосковного бассейна нижнего карбона также

относятся к бурым углям группы 2Б (см. табл. 1).

Величина отражения витринита в углях группы 2Б менее 0,5 %. Петрографический состав разнообразный, иногда отмечается повышенное содержание мацералов группы инертинита (см. табл. 1, 3).

Макроскопически отмечаются различные типы – от матовых штриховатых до матовых и полосчатых блестящих. Они плотные, вязкие, но при высыхании не сохраняют форму, растрескиваются и рассыпаются в мелкую крошку.

В данной работе нами подробно описан петрографический состав бурых углей группы 2Б на примере образцов из Подмосковного бассейна нижнекарбонового возраста – уголь бурый, матовый штриховатый (дюрен) и уголь бурый матовый (фюзен) юрского возраста из Ангренского месторождения Средней Азии (см. табл. 1, 3).

Бурые угли, группа 3Б

Угли группы 3Б – это плотные, твердые бурые угли, по степени блеска – это полуматовые и полублестящие. Цвет черты – темно-коричневый.

Блестящие разновидности обладают тусклым смолоподобным блеском. В плотных бурых углях различают основные петрографические ингредиенты, характерные для каменных углей: витрен, кларен, дюрен, фюзен.

Бассейны и месторождения с бурыми углями группы 3Б или суббитуминозными в основном мезозойского возраста, среди которых выделяются с крупными запасами Челябинский бассейн, в Забайкалье – Гусиноозерское месторождение [9] (см. табл. 1). На Камчатке и на Сахалине распространены угли группы 3Б палеогенового и неогенового возраста [7]. Угли этой группы обладают различным петрографическим составом (см. табл. 3). Величины отражения витринитов в углях группы 3Б составляет (R_o) 0,38-0,49 % (см. табл. 1).

Химический состав бурых углей

В соответствии с рекомендациями ГОСТов и Международного комитета по петрологии углей были проведены технический и элементный анализы образцов бурых углей из коллекции, результаты которых представлены в табл. 2. Большинство анализов выполнено в химической лаборатории Института структуры и механики горных пород в Праге.

Содержание углерода (C^{daf}) в мягких бурых углях или лигнитах (группа 1Б) составляет 57,97-63,52 % (см. табл. 2). В твердых бурых углях или суббитуминозных (группы 2Б и 3Б) содержание углерода (C^{daf}) составляет 65,51-74,42 %. Выход летучих веществ (V^{daf}) в мягких бурых углях колеблется в пределах 59,36-63,71 %. Выход летучих веществ (V^{daf}) в твер-

дых бурых углях колеблется в пределах 35,62-49,45 %. Величина отражения (R_0) гуминита в мягких бурых углях (лигнитах) составляет 0,25-0,35 %. Величина отражения (R_0) витринита в плотных бурых углях составляет 0,39-0,45 %. Бурые угли характеризуются высшей теплотой сгорания (Q_s^{daf}) 23,11-31,81 МДж/кг.

Дополнительно в табл. 2 приведены результаты анализов для липтобиолитового угля из Барзасского месторождения и сапроколлита из Иркутского бассейна, выполненные в той же химической лаборатории по нашим образцам, величины отражения (R_0) витринита в которых соответственно составляют 0,32 % и 0,21 %. В этих углях отмечается повышенное по сравнению с гумусовыми бурыми углями содержание водорода (H^{daf}=8,61-10,82 %), а также повышенная теплота сгорания (Q_s^{daf}) – 36,53-41,04 МДж/кг.

Петрографический состав бурых углей

В работе мы определяли петрографический состав углей согласно международной классификации, рекомендуемой Международным комитетом по петрологии углей (ICCP) [10, 11].

Бурые угли подразделяют на лигниты (мягкие бурые угли, группа 1Б) и суббитуминозные (твердые бурые угли, группы 2Б и 3Б).

В мягких бурых углях (lignites, R_0=0,25-0,35 %), согласно этой классификации, выделяют три группы органических микрокомпонентов: группу гуминита, инертинита и липтинита. Определяется также и минеральная составляющая. В группе гуминита выделяют текстинит (A+B), ульминит (A+B), аттринит, дензинит, гелинит и корпогуминит.

В плотных бурых углях (sub-bituminous coals, R_0=0,39-0,60 %), согласно этой классификации, выделяют три группы органических микрокомпонентов: группу витринита, инертинита и липтинита. В отличие от лигнитов гелифицированные микрокомпоненты в плотных бурых углях относят к группе витринита (а не гуминита) и выделяют телинит, коллотелинит, витродетринит, коллодетринит, гелинит и корпогелинит.

Приведем для примера петрографическое описание некоторых образцов разных типов бурых углей из коллекции (см. табл. 1).

Образец 1/Ф (1), Корфовское месторождение, Камчатка, лигнит

В данном образце присутствуют микрокомпоненты трех органических групп: гуминита, липтинита и инертинита (см. табл. 3). Присутствует минеральное вещество в небольшом количестве (7,6 %). Преобладают компоненты группы гуминита (82,5 %). В группе гуминита (гелефицированные растительные ткани) выделяется текстинит A и B (9,9+17,5 %), различаю-

щиеся между собой по цвету. Меньшее количество представлено ульминитом А и В (8,2+5,8 %) – мацералами, которые часто встречаются в дензините (29,3%). В этой группе присутствует корпогуминит (7,6 %), округлые или овальные частицы гелефицированного вещества, они наблюдаются в клеточных полостях или рассеяны в гелефицированной основной массе (дензините). Величина отражения (R_0) гуминита в иммерсии составляет 0,25 %.

В этом же образце наблюдаются липтинитовые мацералы (компоненты), которых содержится 8,2 % (объемных процента). Они представлены споринитом (1,2 %), резинитом (2,3 %) и липтодетринитом (2,4 %). Меньшее количество приходится на суберинит (1,0 %), альгинит (0,7 %) и кутинит (0,6 %).

Микрокомпоненты группы инертинита составляют всего 1,7 % и представлены мелкими фрагментами фюзинита (0,8 %) и семифюзинита (0,9 %).

В образце наблюдается незначительная минеральная примесь в виде тонкорассеянного глинистого вещества (6,3 %).

Образец 26/Б (2)
Александрийское месторождение, землистый бурый уголь

Образец состоит из агрегата мелких фрагментов гуминитовых и липтинитовых растительных тканей. В данном образце преобладает гуминитовый дензинит (гелифицированный детрит), присутствуют гелифицированный аттринит и липтинит. Компонентов группы гуминита содержится до 48,1 %, компоненты группы липтинита составляют 20,6 % от общей органической массы в объемных процентах. Выделяются крупные фрагменты резинита двух типов, различающиеся по цвету в простом и люминесцентном свете. Величина отражения (R_0) гуминита в иммерсии составляет 0,26 %.

Инертинитовых компонентов присутствует незначительное количество, до 6,3%, в основном - это мелкие осколки фюзинита (2,8 %).

Минеральной примеси содержится 25 %, это – тонкорассеянное глинистое вещество (21,5 %), карбонаты (0,5 %) и кварц (1,5 %), (см. табл. 3).

Образец III-№2 (3)
Западно-Щекинское месторождение, Подмосковный бассейн

Макроскопически уголь представлен петрографической разностью дюрена. Относится к суббитуминозным бурым углям (группа 2Б), величина отражения витринита в этом образце составляет (R_o) 0,41 % (см. табл. 1). В суббитуминозных углях выделяется уже не гуминит, как в лигнитах или группе 1Б, а витринит (см. табл. 3).

В данном образце представлены микрокомпоненты трех групп почти в равных количествах. Группа витринита составляет 38,0%, группа липти-

нита – 27,0 %, группа инертинита – 28,4 %. Среди группы витринита преобладает коллотелинит (16,1 %) и коллодетринит (16,8 %). Среди липтинитовых компонентов отмечаются больших размеров мегаспоры с рельефными краями и в большом количестве микроспоры (18,9 %).

Среди инертинитовых компонентов отмечаются мелкие и раздробленные фрагменты фюзинита (5,1 %), семифюзинита (6,2 %) и микринита (5,1 %), но преобладает в этой группе инертодетринит (8,7 %).

Минеральной примеси незначительное количество, в основном сульфиды железа и примесь тонкорассеянного глинистого материала (6,6 %).

Образец 8/С.А. (4) Ангренское месторождение

Макроскопически образец представлен матовым бурым углем (фюзеном) с шелковистым блеском, марает руки. Под микроскопом выделяются петрографические микрокомпоненты (мацералы) трех групп, с резким преобладанием группы инертинита (72,4 %). Среди инертинитовых мацералов наблюдаются крупные фрагменты фюзинита, с закономерно расположенными клеточными полостями растительных тканей, и звездчатого фюзена (30,4 %). Также наблюдается достаточное количество и мелких раздробленных фрагментов, представленных инертодетринитом (18,9 %). Семифюзинита содержится 10,1 %, макринита – 5,1 %, микринита – 5,8 %. В этой группе встречены секретинит – 1,4 % и фунгинит – 0,5 % (см. табл. 3). На долю витринитовых мацералов приходится 17,4 %, они представлены гелифицированной основной массой (коллотелинитом) – 8,7 %, коллодетринитом – 5,1 %, витродетринитом – 2,2 % и корпогелинитом – 1,4 %. Величина отражения (R_0) витринита в иммерсии составляет 0,39 %.

Липтинитовых мацералов меньше всего – 2,9 %, это смола (резинит) – 1,8 %, споринит – 0,7 % и липтодетринит – 0,4 %. Минеральной примеси в виде глинистых минералов, карбонатов и зерен кварца содержится 7,3 % (см. табл. 3).

Образец 1/У (5), Новиковское месторождение, о-в Сахалин

Макроскопически образец представлен полублестящим бурым углем, с полураковистым изломом, буровато-коричневого цвета, однородный, со слабовыраженной слоистостью; блеск смоляной, черта бурая, легкий, вязкий. Образец относится к суббитуминозным углям, группе 3Б. Величина отражения (R_0) витринита в иммерсии составляет 0,45 %.

Под микроскопом наблюдается резкое преобладание мацералов группы витринита (73,5 %). Из гелифицированных микрокомпонентов преобладает основная масса в виде коллодетринита (37,8 %) и коллотелинита (25,8 %). Липтинитовых мацералов содержится 20,5 %, они представлены кутинитом (5,3 %), споринитом (3,8 %) и резинитом (3,0 %). Отмечается не-

большое количество (4,5 %) водорослевого материала (альгинита). Инертинитовых мацералов незначительное количество – 3,8 %, они встречаются в виде мелких фрагментов фюзинита и инертодетринита. Минеральной примеси отмечается незначительное количество (2,2 %), (см. табл. 3).

Заключение

В результате проведенных исследований были изучены различные типы бурых углей, которые, по данным технического и элементного анализов, относятся к трем группам бурых углей 1Б, 2Б, 3Б и различаются между собой петрографическим составом.

Библиографический список

1. **Авгушевич И. В., Броновец Т. М., Головин Г.С., Сидорук Е. И., Шуляковская Л. В.** Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. М.: НТК «Трек», 2008. 368 с.

2. **Атлас** микроструктуры углей СССР / ред. Ю. А. Жемчужникова и З. В. Ергольской. «Труды ЦНИГРИ», 1937. Вып. 101. 186 с.

3. **Бакалдина А. П.** Практикум по курсу «Горючие полезные ископаемые». М.: Изд. МГРИ, 1981. 116 с.

4. **Еремин И. В., Броновец Т. М.** Марочный состав углей и их рациональное использование. М.: Недра, 1994. 254 с.

5. **Петрографические типы** углей СССР. М.: Недра, 1975. 248 с.

6. **Петрологический атлас** ископаемого органического вещества России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.

7. **Стукалова И. Е.** Петрографический состав, условия образования и качество углей Западной Камчатки // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1995. Вып. 5. С. 181-189.

8. **Стукалова И. Е.** Измерения величин отражения витринитов на оптико-электронном комплексе МСФУ-ЭВМ // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. Вып. 7. С. 203-213.

9. **Цеховский Ю. Г., Стукалова И. Е., Гусев И. М.** Закономерности углеобразования в мезозойских грабенах Западного Забайкалья // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. Вып. 15. С. 94-107.

10. **Штах Э.** и др. Петрология углей. М.: Мир, 1978. 554 с.

11. **Pesek, J., Sykorova, I.** A review of the timing of coalification in the light of coal seam erosion, clastic dykes and coal clasts. International Journal of Coal Geology, 2006, N 66. pp. 13-34.

УДК 552.57(571.1)

Н. В. Пронина, А. В. Леоненко
Московский гос. университет им. М. В. Ломоносова

УГЛИ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ КАК НЕФТЕМАТЕРИНСКАЯ ПОРОДА

Об угленосности тюменской свиты известно хорошо, однако существующие обобщения и количественные оценки весьма приблизительны [1]. Они сделаны, главным образом, по данным геологоразведочных работ на нефть и газ и другим источникам, а потому были скорее отрывочными, а не систематическими. Тем не менее, установлено, что тюменская свита (J_2b-bt) распространена почти на всей обширной территории Западно-Сибирского бассейна, имеет мощность от 100 до 500 м (в среднем – 300 м) и содержит 2 – 35 угольных пластов разной мощности (вплоть до 30,0 м).

Углепетрографические исследования углей тюменской свиты, проведенные авторами, включали мацеральный анализ и замеры показателей отражения витринита, что составляет традиционный комплекс. Кроме того, были использованы методы люминесцентной микроскопии, которые дают дополнительную, иногда очень ценную, информацию о составе органического вещества. Исследования проводились в лаборатории угля кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического ф-та МГУ на установке QD1302 (Craic Technologies). Всего было исследовано более 100 образцов углей с Урненского, Березовского, Ключевого и других месторождений бассейна (рис.1, табл. 1).

Основными углеобразующими мацералами во всех исследованных образцах являются мацералы группы витринита. Их содержание колеблется от 60 до 100 (табл. 2). Витринит представлен преимущественно коллотелинитом, гелинитом и телинитом – структурным витринитом с хорошо сохранившейся структурой исходной ткани – паренхинитом, редко – ксилинитом. К коллотелинитам отнесен витринит, играющий роль основной массы, включающей мацералы других групп и минеральные примеси, а также прослои, с плохо сохранившейся структурой исходной растительной ткани. Гелинит образует однородные слойки и почти полностью слагает углистые включения в углистых аргиллитах. Люминесцентного свечения в мацералах группы витринита не наблюдается.

Мацералы группы инертинита, являются второстепенными (8-20 %), редко – в виде единичных включений (<5 %). Они встречаются не во всех пробах, представлены фрагментами фюзинита, почти всегда с хорошо сохранившейся структурой. Инертинитовые мацералы не люминесцируют.

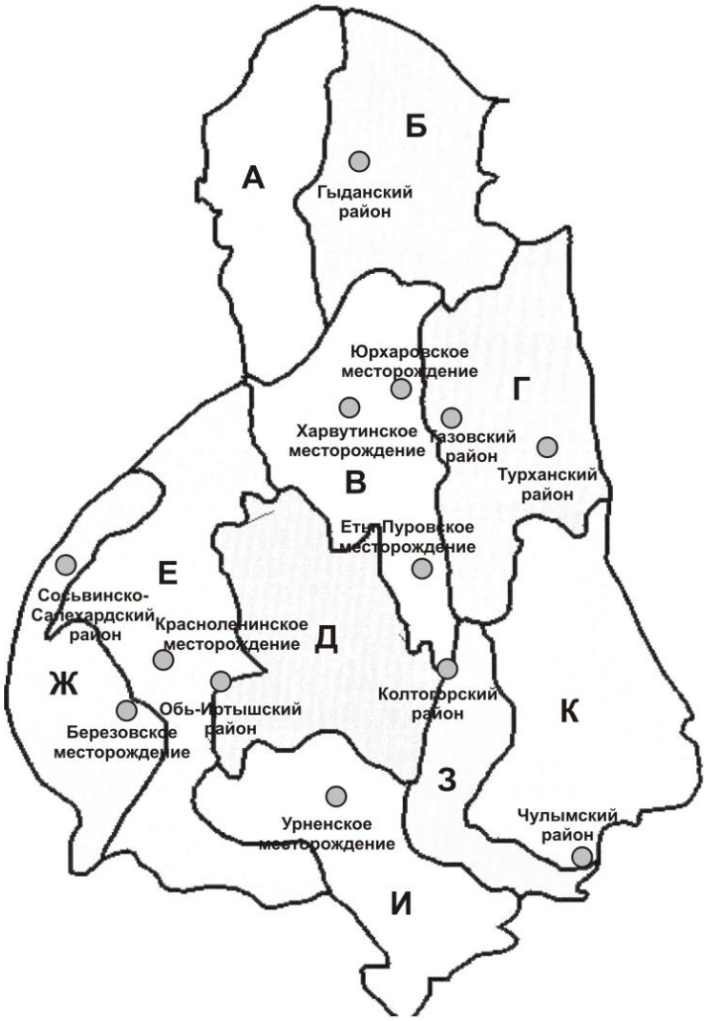


Рис. 1. Места отбора образцов
Нефтегазоносные элементы:
А - Ямальская ГНО,
Б - Гыданская ГНО,
В - Надым-Пурская НГО,
Г - Пур-Тазовская,
Д - Среднеобская НГО,
Е - Фроловская;
Ж - Приуральская НГО,
З - Васюганская НГО,
Я - Каймысовская НГО,
К — Пайдугинская НГО.

Мацералы группы липтинита присутствуют во всех исследованных образцах. Среди них встречаются кутинит, споринит, резинит и липтодетринит, которые обычно равномерно рассеяны в основной массе. Чаще всего содержание липтинита не превышает 15 %, что согласуется с ранее опубликованными данными.

Детальный анализ мацерального состава исследованных углей позволил установить повышенные содержания липтинита во многих пробах (табл. 2). Следует заметить, что в значительной степени обнаружение высоких содержаний мелкого липтодетринита , а также других мацералов группы стало возможным благодаря использованию ультрафиолетового света (УФ света) в микроскопических исследованиях. Мацералы группы липтинитов отличаются наиболее ярким свечением в УФ свете и потому их диагностика значительно облегчается. Мелкие фрагменты липтодетринита, тонкий кутинит и альгинит почти не видны в простом отраженном свете, а при облучении образцов УФ светом они приобретают совсем другой вид из-за отчетливого свечения липтинитовых компонентов (фото 1). В некоторых образцах с Березовского месторождения были обнаружены альгиниты (фото 1, В).

Таблица 1

Интервалы отбора исследованных образцов

Система		Ярус		Площадь, месторождение												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Меловая К	K_1	K_1b	Барремский													
		$K_1h(g)$	Готеривский													
		K_1v	Валанжинский													
		K_1br	Берриасский													
Юрская J	J_3	J_3tt	Титонский													
		J_3km	Кимериджский													
		J_3o	Оксфордский													
	J_2	$J_2c(k)$	Келловейский													
		J_2bt	Батский													
		J_2b	Байосский													
		J_2a	Ааленский													
	J_1	J_1t	Тоарский													
		J_1p	Плинсбахский													
		J_1s	Синемюрский													
		$J_1h(g)$	Геттангский													

1 – Урненское месторождение, 2 - Сосьвинско-Салехардский район, 3 - Тазовский район, 4 – Турханский район, 5 - Обь-Иртышский район, 6 - Чулымский район, 7 – Колтогорский участок, 8 - Еты-пуровское месторождение, 9 - Березовское месторождение, 10 – Юрхаровское месторождение, 11 – Харвутинское месторождение, 12 – Гыданский район, 13 – Красноленинское месторождение. Выделен интервал, соответствующий тюменской свите.

Этот вопрос заслуживает более пристального внимания. Наличие мацералов липтинитовой группы, в особенности альгинитов, в составе углей в значительной степени определяет их поведение не только в различных технологических процессах (при коксовании, получении жидких УВ и др.), но и влияет на ход тех или иных преобразований в процессе собственно катагенетических преобразований углей. Например, широко известно явление «занижения или подавления показателя отражения витринита (RV)», получившее название *RV suppression* в англоязычной литературе [2]. Возможность же вырабатывать жидкие УВ непосредственно липтинитовыми мацералами подразумевается в силу сходства их химического состава с составом классического ОВ исходного для формирования нефти. При интерпретации различных геохимических анализов углистый материал может оказаться в составе керогена II типа именно благодаря наличию липтинитов.

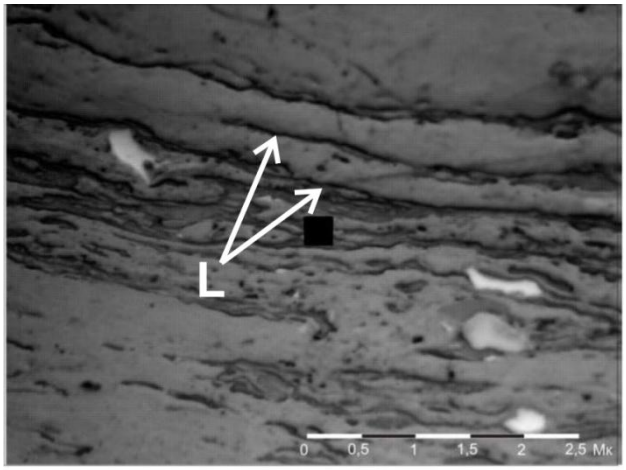
Таблица 2

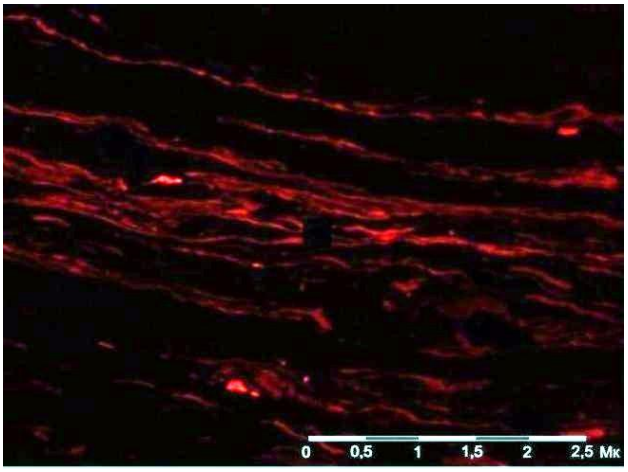
Петрографический состав углей

	Образец	Vt	L	I		Образец	Vt	L	I
Урненское месторождение	24/2	73	15	2	**Еты-пуровское месторождение**	238/1	77	17	5
	22/2	77	22	0		238/2	100	-	-
	23/1	86	2	8		238/3	99	-	1
	18/2	100	-	-		238/5а	71	25	4
	6/2	50	34	16		238/6а	55	35	10
	22/6	52	25	23		238/9	89	6	5
	116/9	100	-	-		238/24	80	1	19
	17/3	89	6	5		238/48	79	11	10
	18/3	80	1	19	**Березовское месторождение**	БУ-1	100	-	-
	25/9	71	25	4		БУ-2	99	-	-
	22/13	55	45	0		БУ-6	100	-	-
	17/14	98	1	-		БУ-7	60	30	10
	25/11	77	5	17		БУ-8	45	32	23
Обь-Иртышский район	А-101	96	3	1		БУ-12	89	6	5
	Т-318	82	2	14		БУ-13	71	24	5
	Б-1	57	38	5		БУ-14	80	1	19
	В-1	47	41	12		БУ-19	100	-	-
	В-1	68	31	1	**Юрхаровское месторождение**	131	89	6	5
	П-9	45	32	23		134	80	1	19
	П-9	89	6	5	**Сосьвинско-салехардская площадь**	Л-150	100	-	-
	Г-3	89	6	5					
	П-302	80	19	1	**Тазовский район**	СГ-6	60	30	10
	Н-17	79	11	10		1р	65	25	10
	П-45	95	1	7		352	77	5	17
Гыданский район	М4	47	23	20		210	60	25	15
Красноленинское месторождение	К 318-11	96	2	1		90	100	-	-
	К 318-12	82	5	13					
	К 318-13	60	24	16					
	К 318-14	77	5	17					

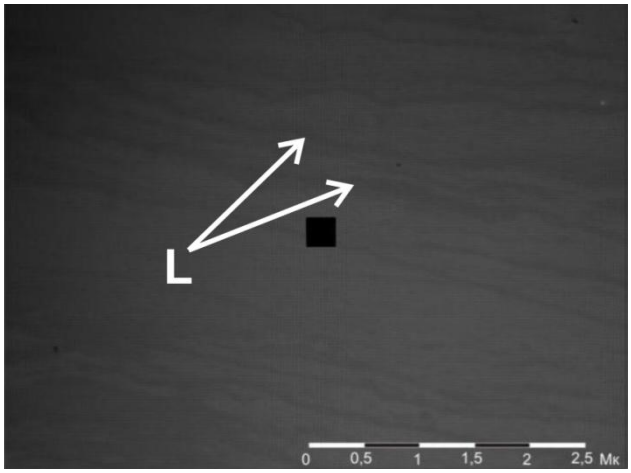
Вид в простом отраженном свете

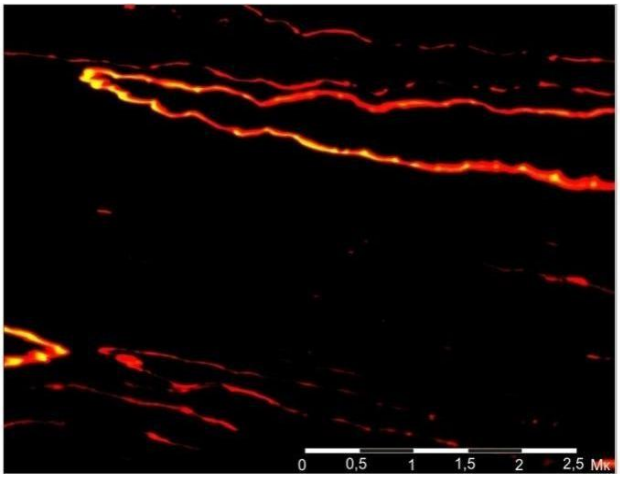
Вид в ультрафиолетовом свете



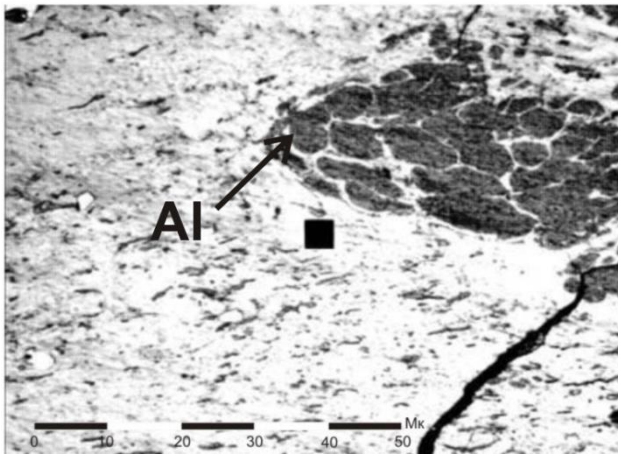


А. Кутинит, резинит





Б. Кутинит



В. Альгинит

Фото. Липтинитовые компоненты в образцах Березовского месторождения в простом и ультрафиолетовом отраженном свете.

Исследования, посвященные этому, проводились многими, особенно в последнее время, когда появилась возможность применения к углям массовых геохимических исследований (метод Rock-Eval). Самыми обстоятельными можно считать работы Petersen H. I. [6, 7], в которых на большом фактическом материале доказана не только возможность генерации нефти углями с высоким содержанием липтинитов, но даже приведены некоторые количественные критерии. Так, по мнению [3,4,5,8] , при содержании в угле мацералов липтинитовой группы свыше 15-20 % его можно рассматривать как нефтематеринскую породу.

Таким образом, исследования углей тюменской свиты из нескольких районов Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна показали, что их вполне можно рассматривать как нефтематеринскую породу. При этом, особое внимание должно быть обращено на мацеральный состав углей и степень их катагенетической преобразованности.

Библиографический список

1. **Угольная база России. Том II.** Угольные бассейны и месторождения Заспдной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского краяи Республики Алтай), - М.:ООО «Геоинформцентр»,2003.-604с.

2. **Diessel C. F. K., Gammidge L.**1998. Isometamorphic variations in the reflectance and fluorescence of vitrinite – a key to depositional environment. Int. Jour. of Coal Geology, 36, 167-222.

3. **Fowler, M.G., Gentzis, T., Goodarzi, F., Foscolos, A.** 1991. The petroleum potential of some Tertiary lignites from northern Greece as determined using pyrolysis and organic petrological techniques.Org. Geochem. 17, 805–826.

4. **Han Zh., Kruge M. A., Crelling J. C., Bensley D. F.** 1999. Classification of torbanite and cannel coal. I.Insights from petrographic analysis of density fractions. Int. Jour. of Coal Geology, 38, 181-202.

5. **Hunt, J. M.** 1991. Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter. Org. Geochem. 17, 673–680.

6. **Petersen, H. I., Rosenberg, P**. 2000. The relationship between the composition and rank of humic coals and their activation energy distributions for the generation of bulk petroleum. Petroleum Geoscience 6, 137-149.

7. **Petersen H. I.** 2006. The petroleum generation potential and effective oil window of humic coals related to coal composition and age. Int. Jour. of Coal Geology, 67, 221–248.

8. **Stasiuk, L. D., Goodarzi F., Bagheri-Sadeghi.** 2006. Petrology, rank and evidence for petroleum generation, Upper Triassic to Middle Jurassic coals, Central Alborz region, Northern Iran. Int. Jour. of Coal Geology, 67, 249-258.

УДК. 553. 93/94 (510)

Е. Ю. Макарова, Шэнь Чжэн
Московский гос. университет им. М. В. Ломоносова

ИЗУЧЕНИЕ ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ МЕТАНОНОСНЫХ УГЛЕЙ БАССЕЙНА ЦИНЬШУЙ

Бассейн Циньшуй расположен в центре северного Китая, на территории провинции Шаньси. Общая площадь угленосных отложений 23,5 тыс. км^2. Бассейн представляют разрозненные месторождения одновозрастных угленосных отложений.

Общая структура бассейна – синклинорная. Углы падения на крыльях структур составляют около 15-30 ° , в центре – полого-волнистое залегание. Разломы расположены в бортах бассейна.

Угленосные отложения каменноугольного и пермского возраста общей мощностью около 900 м, подразделяются на две формации: Тайюань (C_3ty) и Шаньси (P_1sh), содержат 16 пластов каменного угля. Отложения представлены ритмичным чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля. В отложениях формации Тайюань присутствуют пласты известняков, приуроченные к кровле угольных пластов.

Степень метаморфизма органического вещества углей высокая, от тощих на севере бассейна вплоть до антрацитов. Показатель отражения витринита (Ro) составляет 3,5 и более, отмечается анизотропия витринита.

Пласты углей бассейна Циньшуй газоносны. В юго-восточной части бассейна содержание газа в угле достигает 10-37 м^3/т, здесь проводятся исследования по подготовке добычи метана угольных пластов.

Наибольшую мощность имеют пласты 3 – до 7,7 м (формация Шаньси) и 15 – до 6 м (формация Тайюань). Эти пласты считаются наиболее перспективными для добычи метана. В кровле пласта 15 залегает трещиноватый известняк, в кровле пласта 3 – аргиллит.

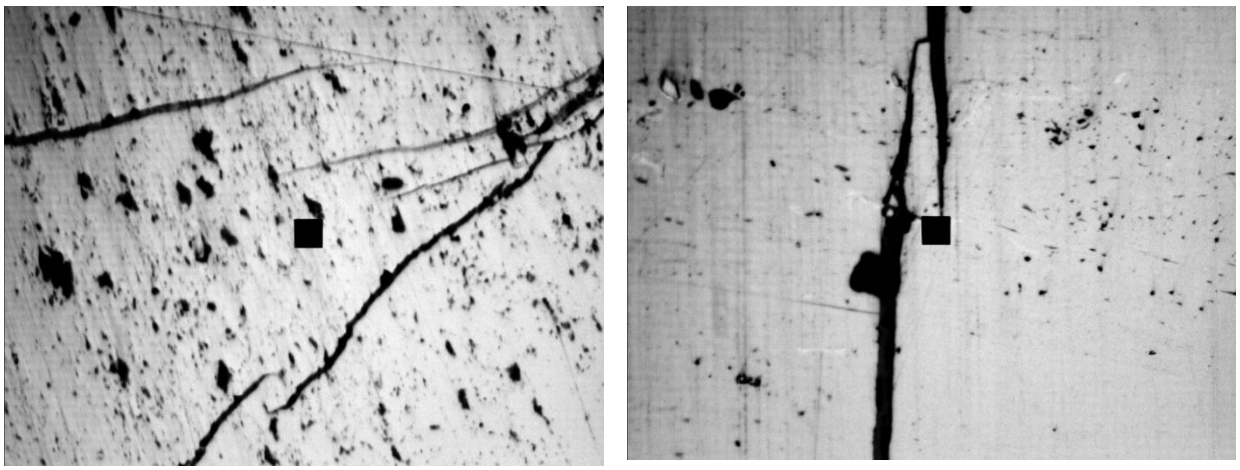
Для изучения пустотного пространства углей были отобраны образцы из пластов 3 и 15. Изучение проводилось различными методами, описанными в литературе для подобных исследований [2, 4, 6].

При *макроописании углей* особое внимание уделено наличию трещин кливажа, построены модели распределения трещин. Кливаж угля из пласта 3 не выражен, уголь сплошной, однородный. В пласте 15 отмечается кливаж эндогенный и экзогенный. Трещины расположены в трех взаимно перпендикулярных направлениях, заполнены кальцитом. Расстояние между трещинами кливажа в наиболее развитой системе (перпендикулярно напластованию) составляет 9-12 мм. Послойная трещиноватость угля приурочена к полуматовым разностям, связана с наличием минеральных примесей.

Микроописание углей производилось в аншлифах при увеличении 10, 20 и 25. Трещины обнаружены в обоих образцах (рис. 1), произведен их

подсчет, результаты приведены в табл. 1. Выделены трещины трех типов, согласно методике [4] А, Б и В. Тип А - ширина трещин > 10 мкм; Тип Б - ширина трещин 1-10мкм; Тип В - ширина трещин < 1мкм. В углях бассейна Циньшуй присутствуют крупные трещины (типы А и Б), но преобладают тонкие (тип В).

В образце пласта 3 (рис. 1, *а*) при 10х кратном увеличении наблюдаются тонкие трещины, встречающиеся в образце группами. Трещины заполнены минеральными примесями. Некоторые трещины пустые. Все трещины располагаются исключительно в основной массе угля, представленной колотеллинитом.



а б

Рис. 1. Фотографии микротрещин в углях бассейна Циньшуй.
а – образец пласта 3, б - образец пласта 15 (Размер выделенного квадрата составляет при увеличении 24 мкм)

В образце пласта 15 (рис. 1, *б*) при 10х кратном увеличении отмеченные трещины имеют большую толщину (в 2 и более раза), они достаточно равномерно распределены в шлифе, расположены кулисообразно, соединяются между собой небольшими переходами. Можно отметить две системы трещин, расположенных взаимно перпендикулярно. Трещины выполнены кальцитом. Все трещины располагаются в основной массе угля, представленной колотеллинитом.

Таблица 1

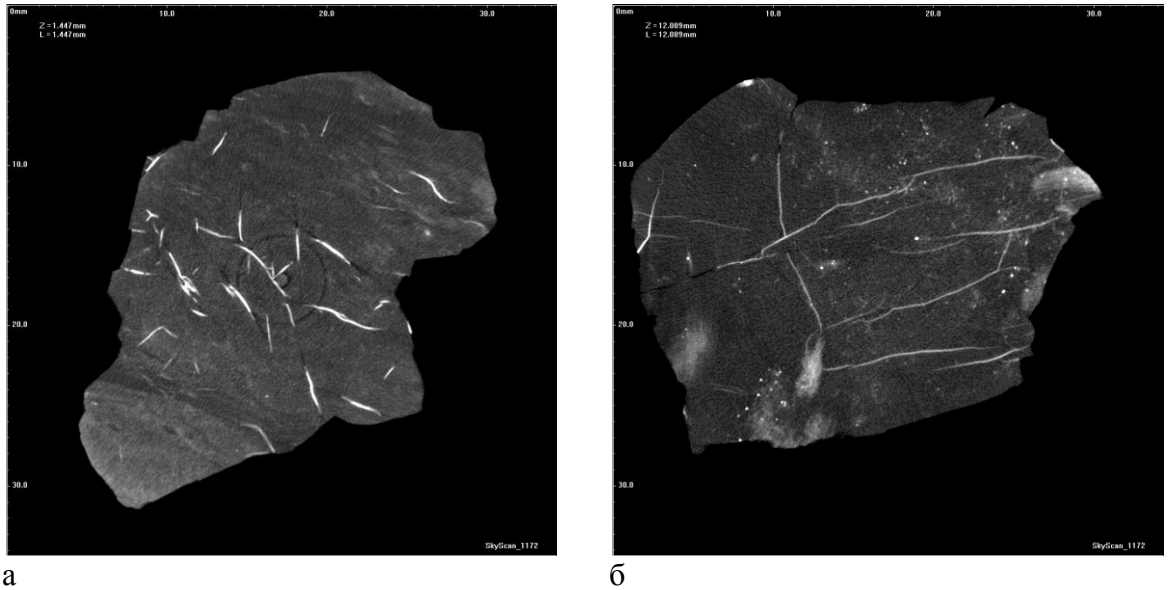
Группы трещин в углях

Пласт	Типа А	Типа Б	Типа В
15	2	30	327
3	4	64	667
Кузбасс (Г-Ж)	-	1000-1500	>2000

Для сравнения было произведено исследование образца угля Кузнецкого каменноугольного бассейна разреза Талдинский (см. табл. 1). Трещины также приурочены к витриниту, но их количество существенно превышает встреченные трещины в углях бассейна Циньшуй. Трещины более тонкие, образуют густую сеть, часто извилистые, соединяются друг с другом. Уголь Талдинского разреза относится к маркам Г-Ж, средним стадиям метаморфизма, на которых угли обладают наибольшей хрупкостью и трещиноватостью.

Образцы углей бассейна Циньшуй размером 3 см были исследованы с помощью метода компьютерной *рентгеновской микротомографии* (микротомограф SkyScan-1172). При малом размере образца, возникающие помехи не дают возможности проводить качественные исследования.

Было выявлено наличие неоднородностей в строении образцов. В образце пласта 3 на снимках (рис. 2, *а*) видны отдельные короткие трещины, заполненные веществом, имеющим характеристики между кальцитом и пиритом (возможно сидерит). Распределение трещин неравномерное, они группируются в одной части образца, имеют изогнутые очертания, часто представляют линзы. Трещины имеют ширину от 80 до 240 мкм. При изучении пространственного распределение трещин в образце хорошо видны несвязанные между собой обособленные округлые линзовидные тельца минерального вещества. Пустотное пространство при таком исследовании для образца не выявлено.



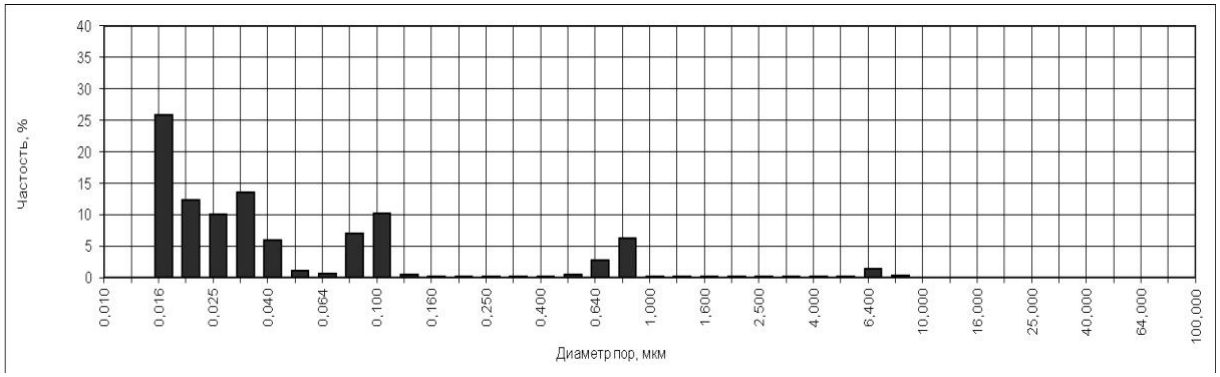
а б

Рис. 2. Результаты рентгеновской томографии образцов углей бассейна Циньшуй: *а* – образец пласта 3; *б* - образец пласта 15

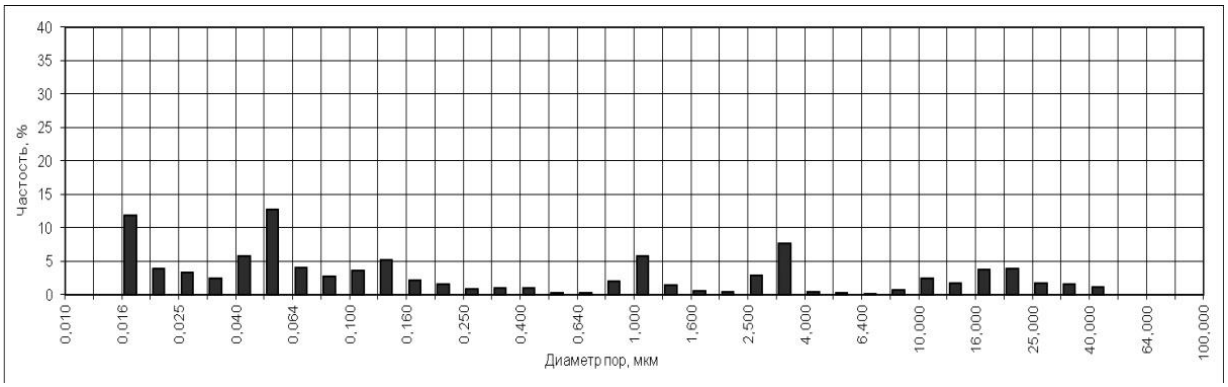
В образце пласта 15 на снимках (рис. 2, *б*) видны несколько систем трещин, заполненных веществом, имеющим характеристики, сходные с кальцитом. Распределение трещин неравномерное, они имеют ширину от 30 до 150 мкм, протягиваются через весь образец. Хорошо просматриваются три

взаимно перпендикулярных системы, что было отмечено при макроскопическом описании угля. Все трещины заполнены кальцитом или другим минеральным веществом. Пустотное пространство при таком исследовании для образца не выявлено.

Образцы углей бассейна Циньшуй были также исследованы с помощью *ртутной порометрии* по стандарту SY/T5346-2005. Отмечается существенная разница насыщения ртути для этих образцов. Образец пласта 3 (рис. 3, *а*) имеет пустоты размером от 1 до 0,016 мкм, причем преобладают поры от 0,1 мкм и более. Возможно наличие еще более мелких пор, которые могут быть обнаружены при увеличении давления насыщения ртути, но в целом емкостные свойства этого образца существенно хуже.



а



б

Рис. 3. Результаты ртутной порометрии образцов углей бассейна Циньшуй:
а – образец пласта 3; *б* – образец пласта 15

Пласт 15 (рис. 3, *б*) содержит сообщающиеся пустоты с размерами от 40 до 0,016 мкм. Их распространение в образце примерно равномерное, возможно наличие еще более мелких пор, которые могут быть обнаружены при увеличении давления насыщения ртути. Такой характер распространения пустот в образце свидетельствует об участии трещин, выявленных при других исследованиях, и наличии мелких пор, связанных, возможно, с органический массой угля.

Результаты ртутной порометрии свидетельствуют о большем потенциале трещиноватых углей с точки зрения возможности нахождения в угле газа в свободном состоянии.

Таким образом, при проведении сравнения емкостных свойств двух перспективных пластов угля бассейна Циньшуй (КНР), выявлено существенное их различие на всех стадиях исследования. Наилучшие емкостные свойства имеет образец пласта 15. В пласте 3 выявлены возможные пустоты только при специальном изучении на микро уровне. В связи с возможностью нахождения метана в угольных пластах в сорбированном виде, а не только в свободном, следует произвести дополнительные исследования сорбционных свойств углей, что существенно повысит надежность выводов о возможности добычи метана угольных пластов.

Библиографический список

1. **Гудок Н. С., Богданович Н. Н., Мартынов В. Г.** Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород: Учебное пособие для ВУЗов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. 592 с.

2. **Ходот В. В.** Физико-химия газодинамических явлений в шахтах. М.: Наука, 1973. 140 с.

3. **Chongtao Wei, Yong Qin and others**, 2007a. Simulation study on evolution of coalbed methane reservoir in Qinshui Basin, China. International Journal of Coal Geology 72, 53-61.

4. **Dameng Liu, Yanbin Yao**, 2009a. Coal reservoir characteristics and coalbed methane resource assessment in Huainan and Huaibei coalfield, Southern North China. International Journal of Coal Geology 79, 97-112.

5. **Su Xianbo and others**, 2005a. Geology of Coalbed methane reservoirs in the Southeast Qinshui Basin of China. International Journal of Coal Geology 62, 197-210.

6. **Yao Y.B., Liu D.M., Tang D.Z., Tang S.H., Huang W.H.**, 2008a. Fractal characterization of adsorption-pores of coals from North China: an investigation on CH4 adsorption capacity of coals. International Journal of Coal Geology 73, 27-42.

УДК 553.93 + 552.57 + 553.12 + 56.012

Л. Я. Кизильштейн, А. Л. Шпицглуз
Южный федеральный университет

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ В ИНЕРТИНИТЕ УГЛЕЙ

Разработанные авторами методы травления углей ионами аргона или кислорода [1] позволили наблюдать в мацералах анатомические структуры угле–(торфо–)образователей, которые прежде казались совершенно утраченными в результате биохимического разложения и метаморфизма. При петрографических наблюдениях аншлифов углей, подготовленных ионным травлением, было обращено внимание на то, что в мацералах группы инертинита анатомические структуры обнаруживаются особенно часто и сохраняют тончайшие детали клеточного строения тканей древних растений. Наиболее обстоятельно результаты исследований опубликованы, – в работе [1], где приводится полный библиографический список работ, касающихся этой темы. Предлагаемая статья посвящена описанию обнаруженных в инертините **внутриклеточных** структур, которые в специальной литературе обозначают как “ультраструктуры“ [2]. В предшествующих публикациях авторы отмечали внутриклеточные структуры как углепетрографический феномен. Ниже дается их более подробное описание и микрофотографии.

Инертинит является в большинстве случаев вторым по объему (после витринита) мацералом ископаемых углей. Его технологической и генетической роли посвящено большое число работ. В то же время роль инертинита в качестве источника сведений об анатомии растений-углеобразователей выглядит значительно более скромно [3]. Это объясняется тем, что наблюдение анатомических структур инертинита при микроскопии в проходящем свете невозможно, а в отраженном (в том числе — поляризованном) они, хотя иногда и бывают заметны, но не отчетливо, и в этой связи обычно не привлекают внимание углепетрографов. Добавим, что фрагменты инертинита, сохранившие тонкие элементы анатомического строения, встречаются сравнительно редко. Метод ионного травления [1] открыл возможность наблюдать под микроскопом в отраженном ***неполяризованном*** свете анатомию углеобразующих растительных тканей в инертините с высоким оптическим разрешением.

Существующие представления о генезисе инертинита изложены в известных монографиях [4, 5]. Авторы считает наиболее вероятной гипотезу “пожарного” происхождения этого мацерала, которая лучше других объясняет известные факты: 1 – прослои инертинита в составе угольных пластов указывают на одновременное накопление материала на значительных площадях древних торфяников; 2 – обычно в подобных прослоях присутствуют

и гелифицированные ткани, что трудно совместить с предположением о высушивании поверхности торфяного массива одновременно на большой площади; 3 – обнаружены принципиальные различия анатомического состава растительных тканей, слагающих слойки инертинита, с подстилающими и перекрывающими слоями угольных пластов что можно считать доказательством аллохтонии в результате поступления в торфяник из некоторого внешнего источника [6]. Последнее наиболее вероятно в результате эолового переноса сгоревших (обугленных) растительных фрагментов из зоны лесного пожара. Подобный перенос и накопление на больших площадях современных торфяных массивов наблюдались при лесных пожарах в центральных областях страны летом 2010 года.

В природных процессах степень обугливания (фюзенизации) переносимых ветром растительных частиц различна. Среди огромного количества фрагментов инертинита в углях встречаются такие, которые образовались в условиях, оптимальных для сохранения тонких элементов строения клеток. Эти условия будут обсуждаться после представления фактических данных.

Изученный материал представляет угольные пласты Восточного Донбасса: средний карбон, свиты C_2^4; пласты i_2^1, $i_2^{1\text{-в}}$, $i_3^{н}$, $i_3^{в}$; антрациты (А). Исследованы также отдельные пробы пермских антрацитов Таймырского бассейна (свита $P_{1\text{-}2}$, месторождение Сэргэн).

Подготовка образцов: полированные аншлифы, ионное травление. Условия наблюдений и фотографирования: микроскоп МБИ-6, отраженный ***неполяризованный*** свет, масляная иммерсия.

Клеточные оболочки (мембраны). Клетки растений окружены плотной оболочкой, которая защищает внутренние структуры (протопласт) от внешних воздействий и придает клетке прочность. Оболочка обычно имеет двухслойное строение: выделяется первичная и вторичная оболочки (фото 1). Вторичная составляет основную часть массы оболочки. В ней выделяют слои, отличающиеся биохимическим составом и оптическими (двупреломление) свойствами.

Ультраструктуры клеток растений-углеобразователей антрацитов Донецкого и Таймырского (*фото 9*) бассейнов:

Фото 1, 2. Поперечный срез проводящих клеток древесины (трахеид). Видны первичная и вторичная оболочки, межклетники. Увел. 1 - 1100; 2 - 830.

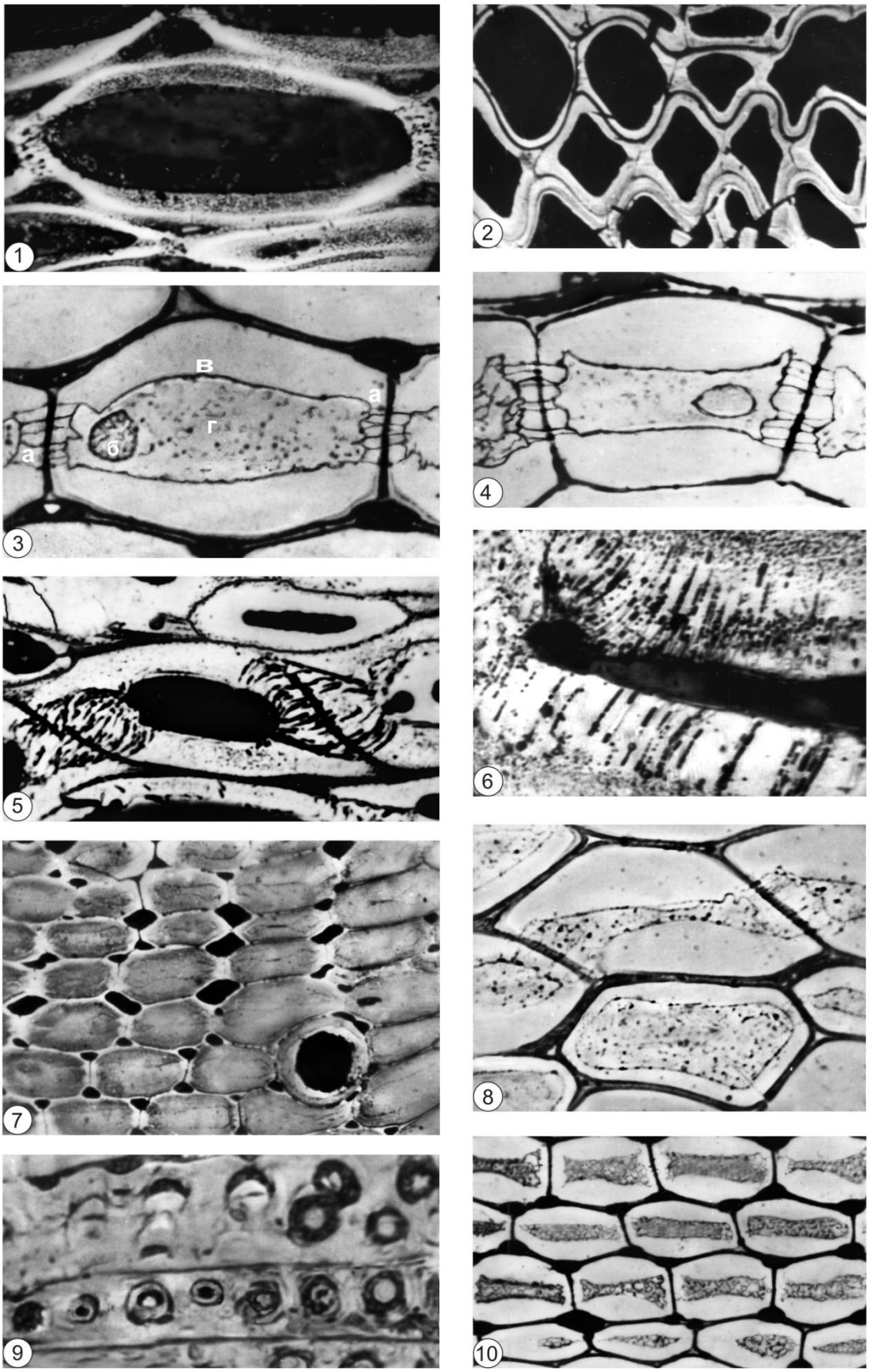
Фото 3, 4. Паренхимные клетки с плазмодесмами (а), клеточными ядрами (б), плазмолеммой (в) и цитоплазмой (г). Увел. 3, 4 - 2250.

Фото 5, 6. Поровые каналы в клетках перидермы (5) и склеренхимы (6). Увел. 5 - 3300; 6 - 2400.

Фото 7, 8, 10. Паренхимные клетки с межклетниками (7) и ультраструктурами цитоплазмы (8, 10). Увел. 7- 700; 8 - 2180; 10 — 700.

Фото 9. Окаймленные поры на радиальном срезе трахеид. *Плоскость аншлифа параллельна напластованию.* Увел. 3000.

Ультраструктуры клеток растений-углеобразователей антрацитов Донецкого и Таймырского бассейнов



Соседние клетки отделяются друг от друга **срединными пластинками** (фото 2) и соединяются **плазмодесмами** (фото 3, *а*; 4). Последние представляют собой тонкие каналы с двойной оболочкой, проходящие через клеточную оболочку. Плазмодесмы обеспечивают контакт между соседними клетками, полые промежутки между которыми называются **межклетниками** (см. фото 1, 3, 7).

Клетки перидермы (фото 5) и склеренхимы (фото 6) обладают толстостенными оболочками, пронизанными сложной системой пор.

Подобные клетки, входящие в состав соответствующих тканей, защищают стебель растения и придают ему механическую прочность.

Окаймленные поры. Клетки древесины (**трахеиды**), служащие для транспортировки воды, сообщаются друг с другом через поры. Одним из распространенных типов пор, характерных для хвойных и покрытосеменных растений, являются **окаймленные поры** (фото 9). Ранее подобные поры в инертините, обработанном по методике "просветления", были описаны в [3].

Ядро. Ядро отделяется от цитоплазмы (см. ниже) ядерной оболочкой, характерной структурой которой являются поры (см. фото 3, *б*). Через них осуществляются связи между внутренними элементами ядра и внешней по отношению к ядру цитоплазмой. Внутри ядра у живых растений расположено ядрышко и молекулярные элементы — носители наследственности — хромосомы. Ионное травление вскрывает только неоднородности внутренней структуры ядра (см. фото 3, *б*). Часто подобная неоднородность отсутствует (см. фото 4).

Цитоплазма. У современных растений представляет собой гелеобразную массу, в которую погружены разнообразные внутриклеточные элементы **– органеллы,** осуществляющие и регулирующие жизнедеятельность организма (см. фото 3, *г*). Цитоплазма отделена от оболочки клеточной мембраной – плазмолеммой (см. фото 3, *в*; 4). Из элементов цитоплазмы в клетках, обнаруженных в инертините, отчетливо наблюдались только вакуоли – округлые образования, заполненные (у живых растений) сложной

смесью растворенных органических соединений и отделенных от основной массы вещества цитоплазмы собственной оболочкой. Остальные частицы в цитоплазме: эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, сферосомы, лизосомы, рибосомы и другие сохраняются, вероятно, только в виде темных частиц (фото 8) или округлых включений (фото 10) и не могут быть идентифицированы.

Описанные выше элементы ультраструктуры клеток, обнаруженные в инертините, у живых растений имеют различный биохимический состав. Оболочка и слои оболочки, срединная пластинка – целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества и лигнин в разных пропорциях. Ядро – белки и нуклеиновые кислоты. Цитоплазма — белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды (для всех элементов ультраструктуры названы только основные биохимические соединения). Наименее устойчивы против микробиаль-

ного распада биохимические соединения в составе ядра. Сохранность последних вместе с остальными, биохимически более устойчивыми соединениями, указывает на кратковременность или практически полное отсутствие деятельности сапрофитных микроорганизмов. Можно предположить, что это оказалось возможным вследствие быстрого высушивания растительного материала, наиболее вероятного при сгорании (пожаре). Интересно отметить, что в случае уникальной, как можно судить, сохранности (см. фото 3) отмеченные ультраструктуры имеют размеры, свойственные (в среднем) аналогичным структурам современных живых растений. Таким образом, инертинит способен сохранять не только облик, но и физические размеры растительных тканей. Отметим, находки хорошо сохранившихся ультраструктур, подобных описанным, достаточно редки и, если не считать слепой удачи, являются только результатом кропотливого и заинтересованного научного поиска.

Успехи биологии последних десятилетий дают основания считать, что обнаруженные ультратонкие элементы ископаемых растений могут оказаться полезными и интересными для палеоботаники, эволюционной и молекулярной палеонтологии. Может быть (кто знает!), они пригодятся когда-нибудь и для генетической инженерии.

Библиографический список

1. **Кизильштейн Л. Я., Шпицглуз А. Л.** Атлас микрокомпонентов и петрогенетических типов антрацитов. Ростов-на-Дону: Изд-во Северо-Кавказского научного центра высшей школы, 1998. 254 с.

2. **Фрей-Висслинг А., Мюлеталер К.** Ультраструктура растительной клетки. М.: Мир, 1968. 453 с.

3. **Кизильштейн Л. Я.** Фюзинит ископаемых углей – источник сведений об анатомии древних растений // Палеонтологический журнал, 2006. № 4. С. 96-100.

4. **Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И.** Основы петрологии углей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 400 с.

5. **Штах Э., Маковский М. Т., Тейхмюллер М. и др.** Петрология угля. М.: Мир, 1978. 554 с.

6. **Кизильштейн Л. Я., Шпицглуз А. Л.** Роль фюзена в реконструкции палеогеографической обстановки торфонакопления // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 1990. № 1. С. 72-77.

Раздел III. БИОСТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ, НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ

УДК 551.735(477.8)

В. Ф. Шульга[1], А. Здановски[2], В. А. Коновалова[3], С. В. Николаева[3]
[1] Институт геологических наук НАН Украины
[2] Польский геологический институт
[3] Палеонтологический институт РАН

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ И ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО И ЛЮБЛИНСКОГО БАССЕЙНОВ (УКРАИНА, ПОЛЬША)

Введение

В результате осуществления польско-украинского проекта была проведена корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского (ЛВБ) и Люблинского (ЛБ) бассейнов [2]. Одним из важнейших достижений указанной работы явилось изменение в ЛВБ границы между нижним и средним отделами каменноугольной системы (серпуховским и башкирским ярусами). Однако до самого последнего времени она имела условный характер, поскольку в основном базировалась на литологической корреляции разрезов ЛВБ и ЛБ, а не на биостратиграфических данных (фауне гониатитов). Дальнейшее изучение данной проблемы показало присутствие руководящих форм аммоноидей и в других частях разреза угленосной формации ЛВБ.

Выделение, характеристика и генезис горизонта Posidonia III (PIII)

Преобладающее количество находок аммоноидей в угленосном разрезе ЛВБ и ЛБ располагается в посидониевых горизонтах, представленных темно-серыми, черными, часто известковистыми аргиллитами, содержащими многочисленные двустворки, среди которых преобладают *Posidonia corrugata (R. Ether.)*. В верхней части комаровских и нижней части бужанских слоев (верхи серпуховского – низы башкирского ярусов) угленосной формации ЛБ польскими геологами [5] было выделено два посидониевых горизонта – Posidonia corrugata I (PI) и расположенный в 10-20 м выше по разрезу Posidonia corrugata II (PII) (рис. 1).

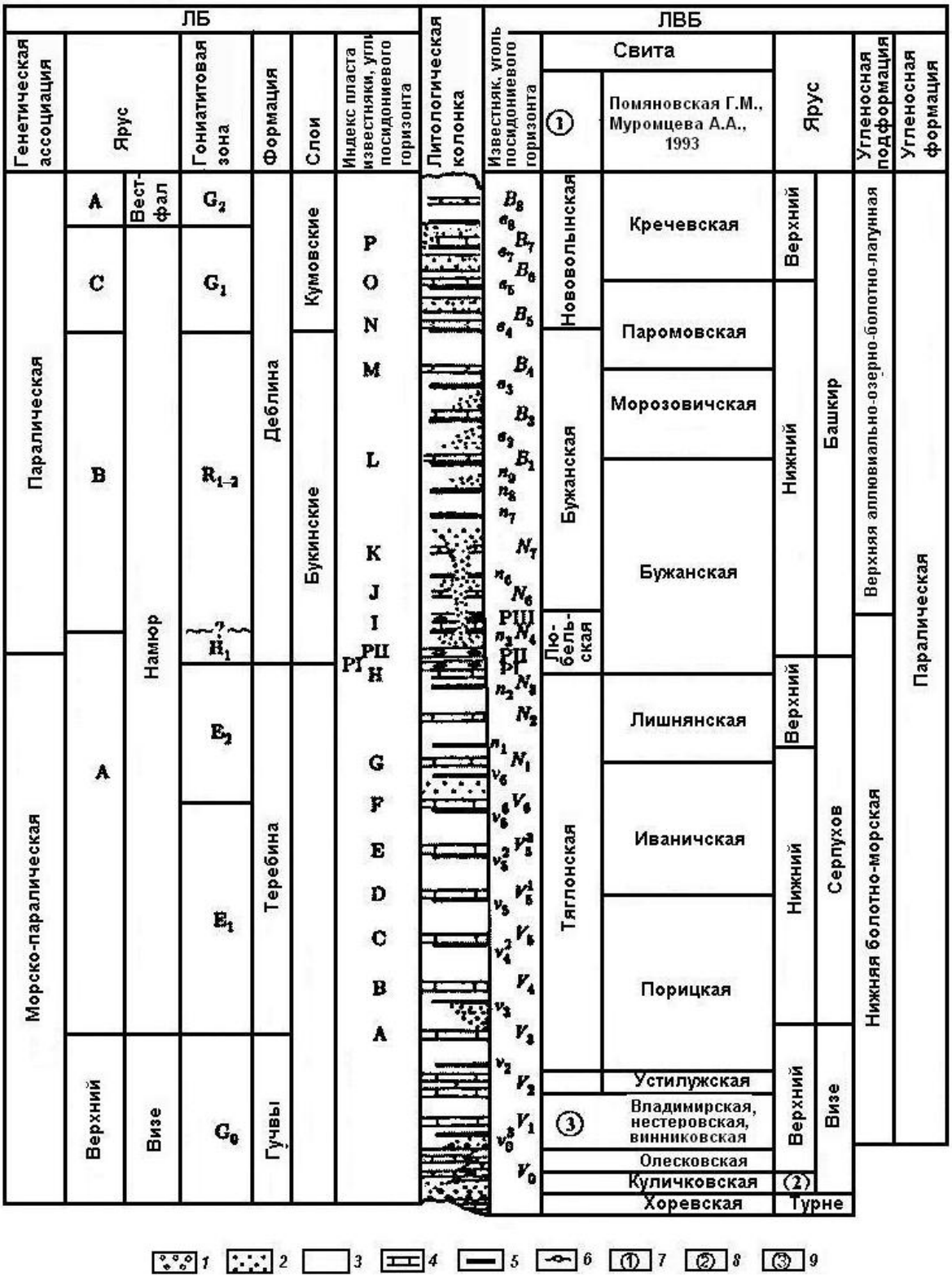


Рис. 1. Сводный стратиграфический разрез каменноугольных отложений польско-украинской части Львовско-Люблинского бассейна и расположение в нем посидониевых горизонтов:

Породы: 1 – гравелит, конгломерат; *2* – песчаник, *3* – алевролит и аргиллит, *4* – известняк, *5* – уголь; *6* – посидониевый горизонт; *7* – предложение авторов: В. Ф. Шульги, А. Здановски; *8* – нижний визе, *9* – владимирская свита

Позже указанные горизонты были установлены и на территории ЛВБ [2]. Горизонты PI и PII располагаются в нижней части бужанской свиты между пластами известняков N_3 и N_4. Помимо этого, в ЛВБ нами установлен еще один посидониевый горизонт – PIII, до сих пор неизвестный в ЛБ. Он залегает в кровле маркирующего известняк N_4 и распространен в южной и юго-западной частях ЛВБ. К северу и юго-востоку он фациально замещается лагунно-заливными аргиллитами и алевролитами. Его мощность составляет 5-8 м. Горизонт имеет сходный литологический состав с горизонтами PI и PII и состоит из переслаивания (0,2-1,5 м) аргиллитов двух литогенетических типов (рис. 2). Первый тип – аргиллиты серые, темно-серые, с коричневатым оттенком, со значительным содержанием органического вещества, часто известковые. Фаунистические остатки представлены в основном морскими двустворками (60-64 % общего числа остатков) и аммоноидеями (16-25 %); также встречается чешуя рыб, гастроподы, брахиоподы, ортоцератоидеи и криноидеи. Среди двустворок преобладают *Posidonia corrugata*. Более ограниченное распространение имеют *Posidonia lischnjanskiensis, P. donbassika, P. obliqua, P. elongata, P. lamellosa, P. porizkiensis,* которые часто образуют массовые послойные скопления типа «ракушечная мостовая». Аммоноидеи представлены отпечатками фрагментов раковин, в редких случаях – внутренними ядрами. Формирование отложений происходило в прибрежном мелководном морском бассейне в условиях значительного привноса органического вещества, нарушенного газового режима, застойных явлений в придонных слоях воды, периодического нарушения нормальной солености. К таким весьма жестким условиям обитания наиболее приспосабливались *Posidonia.*

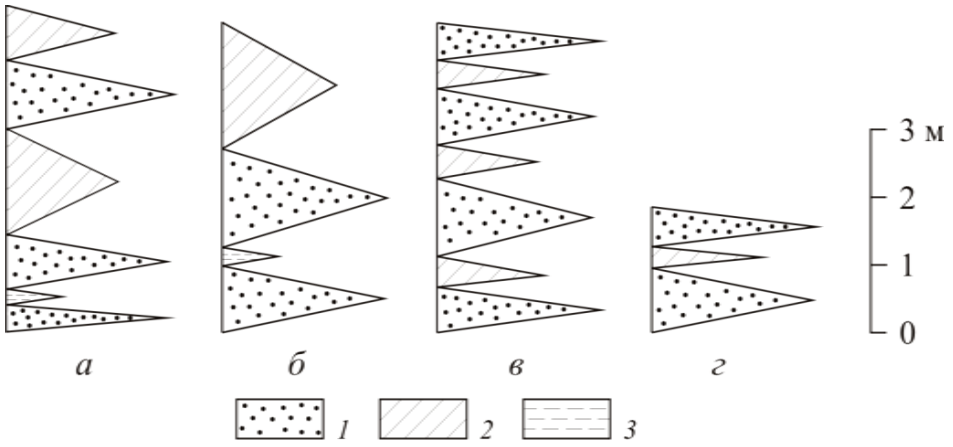


Рис. 2. Строение третьего посидониевого горизонта.

Литогенетические типы: 1 – первый, *2* – второй; *3* – аргиллит; *а* – скв. 6800. Уч-к Любельский № 2. Гл. 1038,7-1044,7 м; *б* – скв. 7183. Поле шахты Любельская № 1. Гл. 852,4-857,1 м; *в* – скв. 7123. Уч-к Любельский № 1. Гл. 922,1-927,3 м; *г* – скв. 9667. Поле шахты № 2 Червоноградская. Гл. 576,85-578,05 м

Аргиллиты второго генетического типа отличаются плитчатой текстурой, темно-серым или черным цветом. Для них характерны многочисленные конкреции и мелкие кристаллы пирита, значительное содержание органического вещества. На поверхностях напластования отмечаются следы выделения газа. Органические остатки представлены чешуей рыб, редкими пресноводными двустворками, встречаются многочисленные ходы илоедов, норки роющих животных, заполненные пиритом. Формирование отложений происходило в обстановках сильно опресненных лагун и заливов, характеризовавшихся большим привносом органического материала, сероводородным заражением, неблагоприятными для жизнедеятельности организмов условиями.

Образование горизонта PIII (как и других посидониевых горизонтов) приурочено к завершению начального этапа накопления угленосной формации ЛВБ в период смены преимущественно морских и переходных палеогеографических обстановок (нижняя угленосная подформация) континентальными и переходными (верхняя подформация). Его формирование происходило в окраинной части мелководного морского бассейна на фоне частых кратковременных трансгрессий и регрессий, во время которых мелководно-морские обстановки сменялись сильно опресненными лагунными. Восточнее располагалась зона опресненных лагун и заливов (в которых обитали в основном неморские двустворки), дельт, с ограниченным распространением морских обстановок. Из-за хорошей аэрации в крайне мелководных водоемах отсутствовали застойные придонные явления и сероводородное заражение (зона А). Далее к востоку, в пределах Украинского щита, была суша, где находились истоки субширотных речных систем, по которым в бассейн поступала основная масса терригенного материала и органического вещества (рис. 3).

Литологические особенности посидониевого горизонта PIII позволяют достаточно легко выделять его в керне буровых скважин и использовать в качестве надежного маркирующего горизонта.

Состав аммоноидей посидониевых горизонтов и их стратиграфическое значение

Идентичность горизонтов PI и PII ЛВБ и ЛБ была установлена при корреляции угленосных формаций бассейнов [2]. Горизонты PI ЛВБ и Posidonia corrugata I ЛБ содержат сходные комплексы аммоноидей: *Eumorphoceras* cf. *bisulcatum, Anthracoceras* cf. *paucilobum, Cravenoceratoides* cf. *edalensis, Cravenoceras* sp. – в ЛВБ (рис. 4). *Eumorphoceras* ex. gr. *bisulcatum, E.* cf. *rostratum, Cravenoceratoides edalensis, C. nititoides, Anthracoceras paucilobum, A. tenuispirale* и др. – в ЛБ [3]. Систематический состав аммоноидей из отложений ЛВБ и ЛБ указывает на позднесерпуховский возраст горизонта PI: зону E2b Западной Европы и Великобритании.

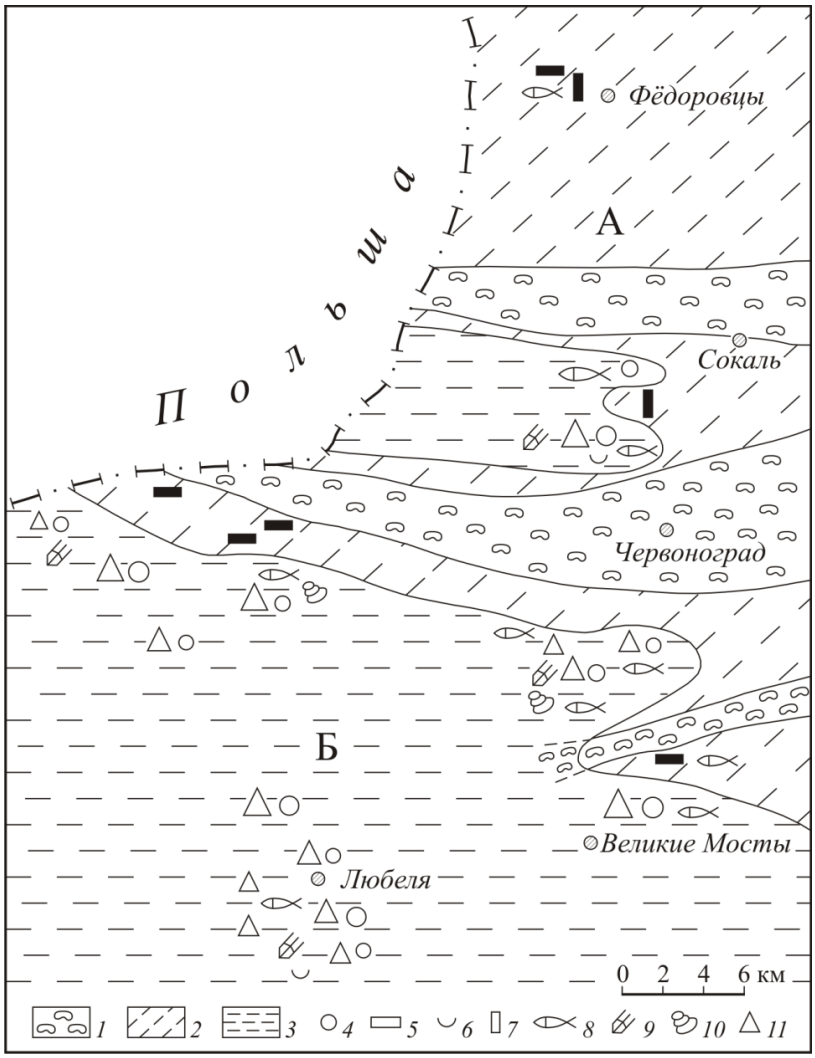


Рис. 3. Литолого-палеогеографическая карта Львовско-Волынского бассейна времени формирования третьего посидониевого горизонта.

Палеогеографические обстановки: 1 – устья и низовья рек (песчаники и алевролиты), *2* – опресненные лагуны и заливы, мелкое море (аргиллиты, алевролиты) – зона А, *3* – мелкое море с застойными явлениями в придонных слоях, опресненные заливы и лагуны с сероводородным заражением (аргиллиты, часто известковые) – область формирования посидониевых горизонтов – зона Б. *Фауна: 4* – Posidonia, *5* – двустворки неморские, *6* – брахиоподы, *7* – лингулы, *8* – рыбы, *9* – ортоцератоидеи, *10* – гастроподы, *11* – гониатиты. Относительное содержание фаунистических остатков обозначено размером условных знаков. Черным цветом показаны наиболее эвригалинные формы

Горизонт PII ЛВБ содержит аммоноидеи *Anthracoceras* cf. *paucilobum.* Во втором посидониевом горизонте ЛБ встречены *Homoceras beyrichianum, H. diadema, Isohomoceras* cf. *subglobosum, Anthracoceras paucilobum,* характеризующие низы зоны HI башкирского яруса [3-5].

Аммоноидеи из третьего посидониевого горизонта ЛВБ представлены преимущественно антракоцератидами, среди которых определены *Anthracoceras* cf. *paucilobum* и *A.* sp. Помимо этого, здесь были найдены формы, которые, вероятнее всего, относятся к роду *Reticuloceras* (рис. 4).

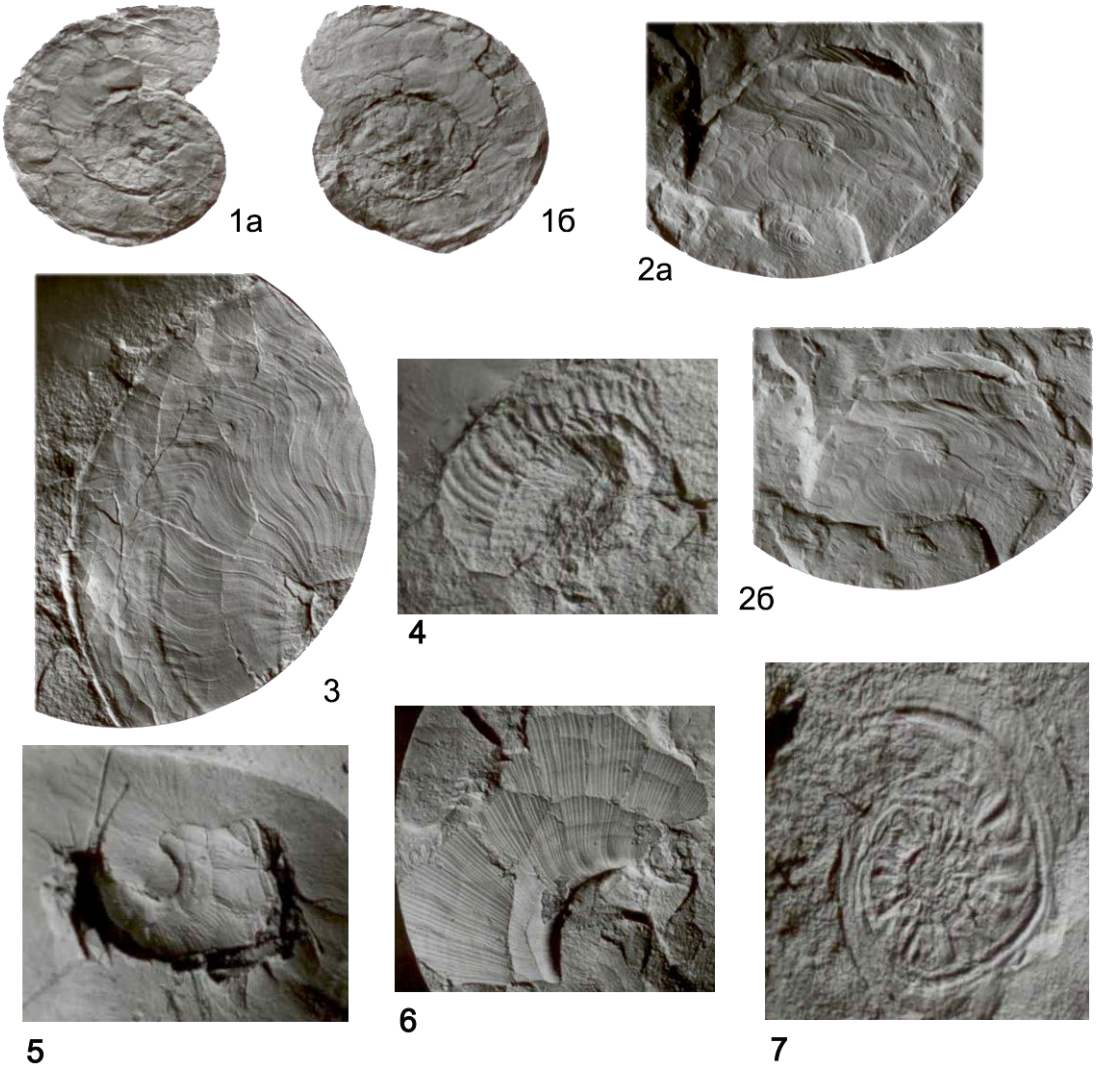


Рис. 4. Аммоноидеи из посидониевых горизонтов Львовско-Волынского бассейна.

1. *Reticuloceras* sp. Обр. 13180 / 6959(2), 105р. (X1) – отпечаток (1а) и противоотпечаток (1б); скв. 6959, гл. 860,3-860,8 м; третий посидониевый горизонт (PIII), башкирский ярус, зона R.

2. *Reticuloceras* sp. Обр. 17358/7429(3), (X1, 25) – отпечаток (2а) и противоотпечаток (2б); скв. 7429, гл. 873,95-874,25 м; третий посидониевый горизонт (PIII), башкирский ярус, зона R.

3. *Anthracoceras* sp. Обр. 13180/6959 (X1, 25); скв. 6959, гл. 860,3-860,8 м; третий посидониевый горизонт (PIII), башкирский ярус, зона R.

4. *Cravenoceratoides* sp. Обр. 12248/6797 (X3); скв. 6797 м, гл. 947,3-951,26 м; первый посидониевый горизонт (PI), серпуховский ярус, зона E2.

5. *Cravenoceras* sp. Обр. 13068/6044 (X3); скв. 6044, гл. 1138,6-1139,6 м; первый посидониевый горизонт (PI), серпуховский ярус, зона E2.

6. *Cravenocera* sp. Обр. 13520/7062 (X1,5); скв. 7062, гл. 966,3-966,6 м; первый посидониевый горизонт (PI), серпуховский ярус, зона E2.

7. Eumorphoceras cf. *bisulcatum.* Обр. 11663/6799 (X3); скв. 6799, гл. 1160,0-1161,0 м; первый посидониевый горизонт (PI), серпуховский ярус, зона E2

Это указывает на раннебашкирский возраст вмещающих отложений горизонта Posidonia III (зону R). В ЛБ выше известняка I – аналога известняка N_4 ЛВБ [5], встречен комплекс аммоноидей зоны RI, включающий виды *Reticuloceras adpressum, R. umblicatum, Hudsonoceras ornatum, Anthracoceras arcuatilobum* и др. В западной части ЛБ на этом уровне также отмечен комплекс аммоноидей зоны RIa совместно с *Posidonia corrugata* (скважины Быстрица IGI, Пяски IGI, Тышковцы IGI) [3]. Отложения, содержащие этот комплекс, вероятно, являются аналогами горизонта PIII ЛВБ.

Заключение

Открытие в ЛВБ третьего посидониевого горизонта и находка в нем аммоноидной формы *Reticuloceras* (зона R) способствуют решению спорных вопросов стратиграфии каменноугольных отложений данной территории. Прежде всего это относится к проведению здесь границы между нижним и верхним отделами каменноугольной системы (миссисипием и пенсильванием). Согласно унифицированной стратиграфической схемы каменноугольных отложений ЛВБ [1], в настоящее время эта граница проводится по подошве известняка B_1 (= L Люблинского бассейна) морозовичской свиты (рис. 1). Полученные нами новые данные свидетельствуют о том, что указанная граница проходит гораздо ниже, в нижней части бужанской свиты, между посидониевыми горизонтами PI и PIII, вероятно, по подошве горизонта PII. Именно на этом уровне данная граница проводится в ЛБ. Таким образом, большая часть промышленно угленосной бужанской свиты ЛВБ имеет башкирский возраст. Изложенные в статье материалы изучения аммоноидей, совместно с данными по литостратиграфическому расчленению карбона ЛВБ [2], следует принять во внимание при уточнении стратиграфической схемы каменноугольных отложений Львовского палеозойского прогиба в связи с составлением геологических карт нового поколения.

Дальнейшее изучение затронутой в статье проблемы должно быть направлено на установление горизонта PIII в Люблинском бассейне и продолжение поисков руководящих форм аммоноидей из второго и третьего посидониевых горизонтов.

Библиографический список

1. **Помяновская Г. С., Муромцева А. А.** Стратиграфическая схема каменноугольных отложений Западных областей Украины. Львовский палеозойский прогиб // Стратиграфическая схема фанерозойских образований Украины для составления геологических карт нового поколения. Графические приложения. Киев, 1993. 42 с.

2. **Шульга В. Ф., Здановски А., Зайцева Л. Б. и др.** Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. 435 с.

3. **Karbon** Lubelskiego zaglebia Weglowego. Warszawa: Wydaw. geol., 1988. Pr. Inst. geol., T. 122. 250 s.

4. **Musial L., Tabor M.** The Carboniferous zoostratigraphy of Lublin Coal Basin and its correlation with lithostratigraphic members // Bul. Inst. geol. 1980. T. 328. S. 75-94.

5. The Carboniferous system in Poland (Zdanowski A., Zhakowa H. eds.), 1995. Pr. Inst. geol. T. 148. S. 56-65.

УДК 563.14:551.762

Э. О. Амон
Уральский гос. горный университет

РАДИОЛЯРИИ В ЭКОСИСТЕМЕ БАЖЕНОВСКОГО МОРЯ (ПОЗДНЯЯ ЮРА – НАЧАЛО РАННЕГО МЕЛА), ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ

Введение

Высокобитуминозные глинисто-кремнисто-карбонатные толщи морского биогенно-автохтонного генезиса привлекают большое внимание специалистов. Доказано, что они являются *нефтематеринскими* образованиями во многих нефтегазоносных бассейнах мира, прекрасными региональными экранами для залежей углеводородов. Возрастает их роль как непосредственно *нефтеносных*, реже газоносных отложений. Эти толщи, получившие в русскоязычной литературе название «доманикиты, баженовиты» – весьма специфическая геологическая формация, отвечающая эпохам максимальных трансгрессий [6].

В настоящем сообщении мы рассматриваем типичное из подобных образований – баженовский горизонт в среднемезозойском этаже Западно-Сибирского осадочного мегабассейна с точки зрения встроенности радиолярий в экосистему баженовского внутреннего моря. Баженовскому горизонту (поздняя юра – начало раннего мела) посвящена большая литература, в том числе палеогеоэкологическая [6, 14, 15 и др.], однако исследование, аналогичное нашему, пока еще не предпринималось. Представляется, что раскрытие палеэкологических характеристик радиолярий, этой специ-

фической группы планктона, прольет свет на детали как палеогеографии баженовского горизонта, так и проблем нефтеобразования.

1. Общая характеристика баженовского горизонта

Баженовский горизонт, принимаемый в объеме верхов нижневолжского – низов нижнеберриасского подъярусов (средний-поздний титон – начало раннего берриаса), на территории Западной Сибири представлен битуминозными аргиллитами и включает по латерали баженовскую, частично марьяновскую, даниловскую, тутлейскую, мулыминскую, яновстанскую свиты. Баженовская свита, составляющая ядро и главную часть горизонта, распространена на значительных по площади территориях Западной Сибири и уникальна по многим своим параметрам. Породы, слагающие баженовскую свиту (баженовиты), занимают обширную площадь (более 1 млн км^2); она устойчива по мощности (в среднем 30 м), богата органическим веществом (5 % $C_{орг}$ в среднем) и является одновременно нефтегенерирующей и коллектором нефти. Основная масса рассеянного органического вещества в баженовитах представлена планктоногенным сапропелем [6, 14].

Кроме того, баженовская свита отличается от подстилающих и кроющих образований повышенной радиоактивностью, высокой степенью электропроводности, сопротивления и пористости, аномально высоким содержанием органофильных элементов: молибдена, цинка, кобальта, никеля, меди, сурьмы, марганца, бора, фосфора, ванадия, урана, тория и мышьяка и сульфидного железа. В породах свиты установлены морские фоссилии с преобладанием обитателей пелагиали – фитопланктон (динофлагелляты, празинофиты, кокколитофориды) и зоопланктон (радиолярии); кроме них нектонные формы – головоногие моллюски (аммониты, белемниты, теутиды) и рыбы, а также бентосные – двустворчатые моллюски бухии и иноцерамы. Весьма редки представители инфауны, для которых грунт является жизненно необходимым, а также бентосные фораминиферы [6, 14, 15, 21].

2. Распространение радиолярий в баженовском горизонте

Радиолярии в породах баженовского горизонта Западной Сибири распространены весьма широко, хотя и не повсеместно, концентрируясь преимущественно в центральных районах северной половины бассейна в Широтном Приобье (рис. 1). Радиолярии были впервые установлены и описаны Г. Э. Козловой в шлифах с выделением стратиграфически значимых комплексов [6, 18, 20]. Согласно нашим данным [1] и в совокупности с данными Г. Э. Козловой, в баженовской свите выделяются три комплекса радиолярий (снизу вверх): 1) Pseudodictyomitra cf. primitiva в нижней части средневолжского подъяруса; 2) Parvicingula cf. multipora в верхней части

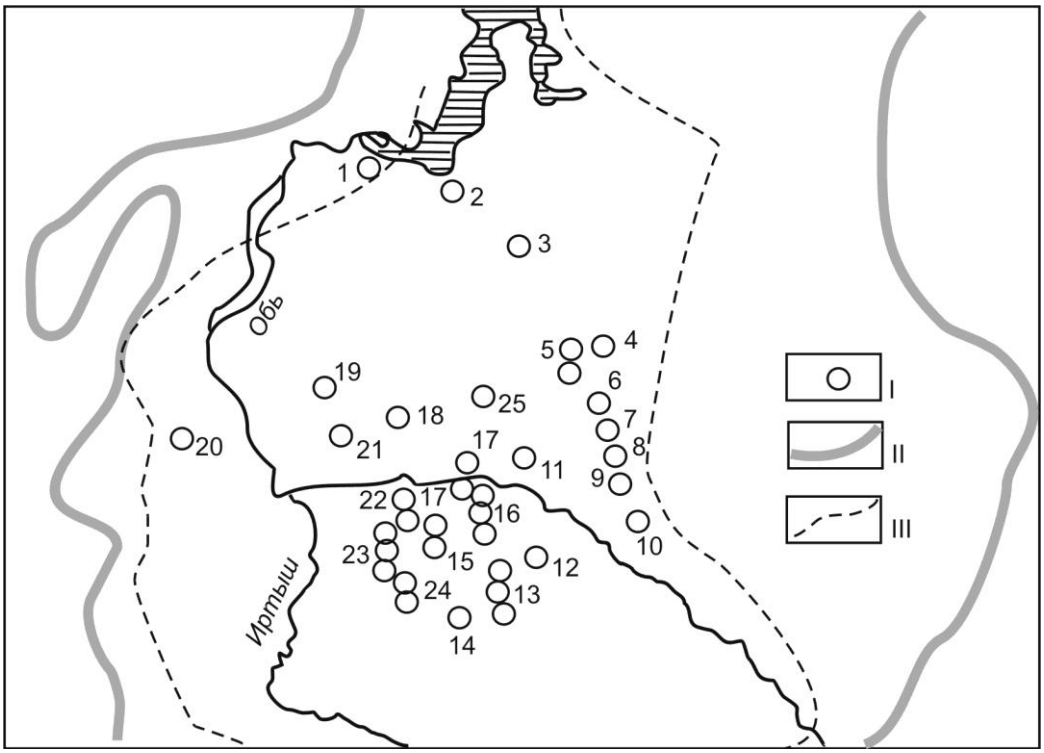


Рис. 1. Распространение радиолярий в баженовской свите Западной Сибири:

I – разведочные площади и скважины, где были выявлены комплексы радиолярий; II – границы региона; III – границы распространения битуминозной толщи; 1-25 – разведочные площади: 1 – Хейгинская, 2 – Медвежья, 3 – Губкинская, 4 – Северо-Еркальская, 5 – Вэнгапуровская, 6 – Тагринская, 7 – Северо-Сикторская, 8 – Сикторская, 9 – Лабазная, 10 – Люк-Пайская, 11 – Покачевская, 12 – Ореховская, 13 – Мултановская, 14 – Путлукская, 15 – Малобалыкская, 16 – Покамасовская, 17 – Федоровская, 18 – Вачимская, 19 – Июльская, 20 – Ем-Еговская, 21 – Студеная, 22 – Салымская, 23 – Западно-Салымская, 24 – Восточно-Салымская, 25 – Северо-Конитлорская (по [18], с изменениями)

средневолжского подъяруса; и 3) Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria в верхней части верхневолжского подъяруса (табл. 1, рис. 2). Комплексы выделяются как по систематическому составу, так и, что весьма немаловажно, по степени обилия и сохранности форм.

Таблица 1

Стратиграфическая позиция комплексов радиолярий баженовской свиты

Система	Ярус			Комплекс радиолярий
Меловая (начало)	Берриасский (начало)	Волжский	Верхний	Parvicingula cf. rostrata – P. cf. seria
Юрская (завершение)	Титонский (середина и завершение)			
			Средний	Parvicingula cf. multipora
				Pseudodictyomitra cf. primitiva

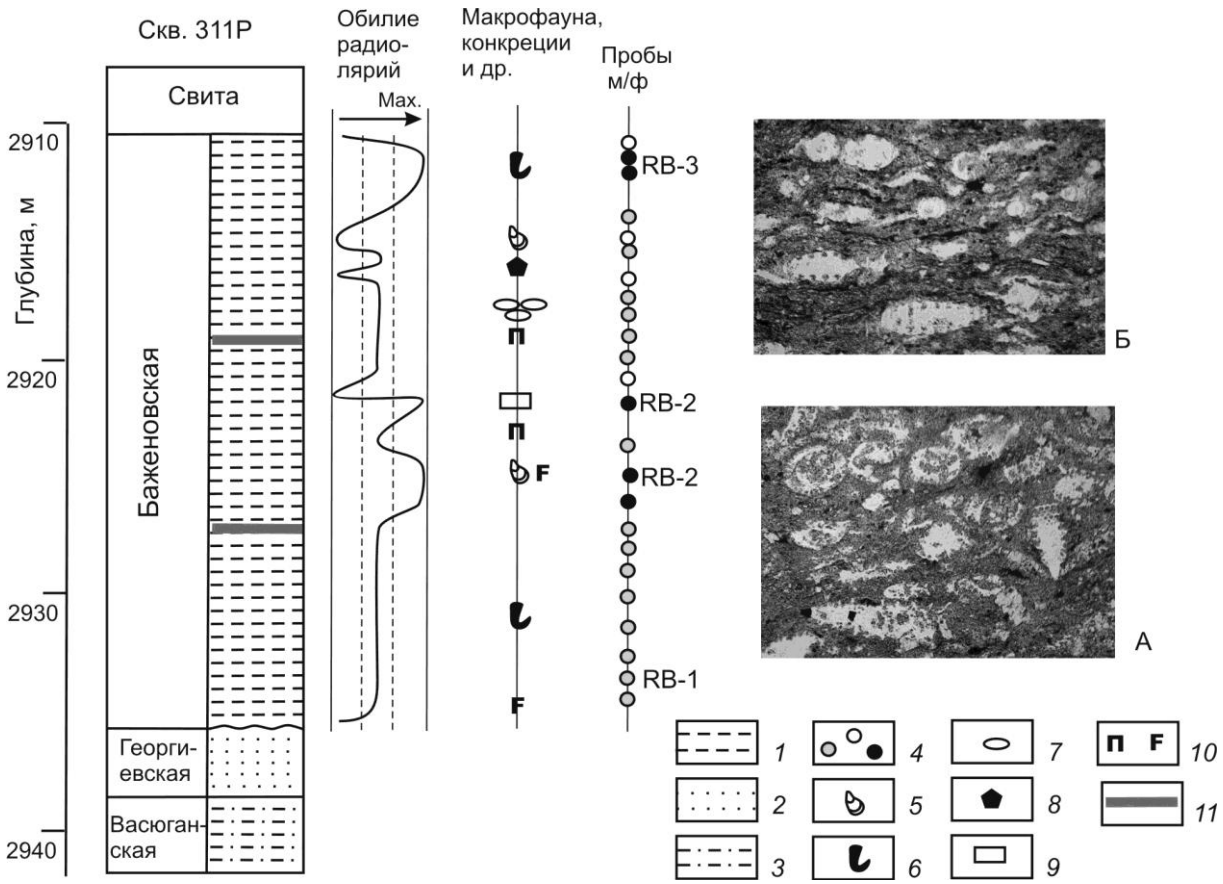


Рис. 2. Схема строения типового разреза баженовской свиты по скв. 311Р Северо-Конитлорской площади в Широтном Приобье и комплексы радиолярий:

1 – битуминозные аргиллиты баженовской свиты; *2* – алевритистые глины георгиевской; *3* – алевролиты и битуминозные аргиллиты васюганской; *4* – остатки радиолярий в микрофаунистических пробах (светлый кружок – отсутствие, серый – единично, черный – обильно); *5* – двустворчатые моллюски (бухии, иноцерамы); *6* – онихиты; *7* – карбонатные и карбонатно-кремнистые конкреции; *8* – натеки асфальтовых смол; *9* – кремнистые пропластки; *10* – гнезда пирита (п) и находки раковинок фораминифер (F); *11* – границы пачек баженовской свиты.

RB-1-3 – обозначения радиоляриевых комплексов: RB-1 – Pseudodictyomitra cf. primitiva, RB-2 – Parvicingula cf. multipora, RB-3 – Parvicingula cf. rostrata – P. cf. seria. А-Б – микрофотографии шлифов, общий облик радиоляриевых комплексов, ув. х220: А – комплекс RB-2, Б – комплекс RB-3

Местоположение разведочной площади см. на рис. 1, номер 25

Радиоляриевая фауна в баженовской свите представлена 52 таксонами, но, поскольку радиолярии определялись в шлифах, вероятно реальное число родов и видов больше. Перечень встреченных таксонов приведен в табл. 2. По разрезу свиты эти микрофоссилии распределены неравномерно. В интервале распространения комплекса Pseudodictyomitra cf. primitiva радиолярии редки и единичны (см. табл. 2, рис. 2).

Таблица 2

Систематический состав комплексов радиолярий баженовской свиты (присутствие и встречаемость: +++ – обильно и часто; ++ – обычно и редко; + – единично)

	Комплексы радиолярий		
	Pseudodic-tyomitra cf. primitiva	Parvicingula cf. multipora	Parvicingula cf. rostrata – P. cf. seria
1. Acaeniotyle sp.	+	++	+
2. Actinommidae gen. et sp. indet.			+
3. Alievium sp. A			+
4. Alievium sp. B			+
5. Archaeodictyomitra sp.	+	+	+
6. Archaeodictyomitra cf. minoensis (Mizutani)		+	
7. Archaeospongoprunum sp.		+	
8. Archaeospongoprunum cf. klingi Pessagno		+	
9. Crucella sp.		++	
10. Crucella cf. mucronata (Rüst)		+	
11. Emiluvia sp.		+	
12. Emiluvia cf. antiqua (Rüst)		++	
13. Lithocampe sp.		+	
14. Melithosphaera sp.		++	
15. Nordvikella sp.			+++
16. Nordvikella cf. elegans Bragin			++
17. Nordvikella cf. improcera Bragin			++
18. Orbiculiforma sp.	+	++	++
19. Orbiculiforma sp. A			++
20. Orbiculiforma sp. B			++
21. Paronella sp.		+	+
22. Paronella cf. elegans Pessagno			+
23. Parvicingula sp.	+	+++	+++
24. Parvicingula cf. alata Kozlova		+	
25. Parvicingula cf. crassitestata (Rüst)			+
26. Parvicingula cf. gracilis (Chabakov)			+++
27. Parvicingula cf. khabakovi (Zhamoda)	+	+	+
28. Parvicingula cf. multipora (Khudiaev)		+++	++
29. Parvicingula cf. rostrata (Chabakov)		+	+++
30. Parvicingula cf. santabarbarensis Pessagno		+	
31. Parvicingula cf. seria (Rüst)			+++
32. Parvicingula cf. turrita (Rüst)		+	+
33. Praeconocaryomma sp.	+		
34. Phaseliforma sp.		+	+
35. Pseudoaulophacus sp.		+	+
36. Pseudodictyomitra sp.	+	+	
37. Pseudodictyomitra sp. 1	+		
38. Pseudodictyomitra cf. primitiva Matsuoka et Yao	+		

Окончание таблицы 2

39. Pyramotertonium sp.			+
40. Pyramotertonium cf. planocephalum 41. (Kozlova)			+
42. Stichocapsa sp.	+	+	++
43. Stichocapsa cf. area Kh. Aliev			+
44. Stichocapsa cf. devorata (Rüst)		+	
45. Stichocapsa cf. dolium (Chabakov)			++
46. Stichomitra sp.			+
47. Theocampe (=Theocapsa) sp.		+	
48. Theocampe (=Theocapsa) cf. obesa Rüst		+	
49. Triactoma sp.		++	+
50. Triactoma cf. unica Rüst			+
51. Williriedelum sp.			++
52. Williriedelum cf. salymicum Kozlova			++
53. Zhamoidellum sp.			+

Интервал комплекса Pseudodictyomitra cf. primitiva (RB-1 на рис. 2) в опорной скв. 311Р Северо-Конитлорской площади Широтного Приобья начинается буквально с самых нижних сантиметров нижней пачки баженовской свиты. Баженовские аргиллиты лежат на слабонеровной поверхности глин и глинистых алевролитов георгиевской свиты, и здесь фиксируется скрытое стратиграфическое несогласие (скрытый перерыв), подчеркиваемое присутствием обломков переотложенных фораминифер кимеридж-раннетитонского возраста. На 3-5 м выше подошвы баженовской свиты в интервале комплекса Pseudodictyomitra cf. primitiva встречены крючья онихитов Onychites sp., которые могут свидетельствовать об установлении полностью сформированного режима функционирования своеобразной экосистемы баженовского моря. Крючки и крючья, состоящие из конхиолинового материала, искусственно объединяются под родовым названием Onychites Quenstedt, 1858, при этом они встречаются вне связи с другими остатками, которые позволили бы установить их точное систематическое положение. Предполагается, что они размещались на щупальцах либо белемнитов, либо теутид (Teuthida – десятиногие кальмары, размером обычно 0,2-0,5 м, но могущие достигать 20 м в длину с щупальцами, не имели и не имеют карбонатного или рогового скелета), но наиболее вероятно последнее. Подобные головоногие моллюски были довольно многочисленны в волжско-берриасском море Западной Сибири [15].

Выше в интервале распространения радиоляриевого комплекса Parvicingula cf. multipora (RB-2 на рис. 2) зафиксированы единичные секреционные бентосные фораминиферы, относящиеся к фораминиферовой зоне JF45 Spiroplectammina vicinalis–Dorothia tortuosa, средневолжский подъярус [22, 24].

Кроме того, встречаются 3-5-см карбонатные прослои скоплений призматического слоя створок раковин иноцерамов, что, по мнению специалистов, может свидетельствовать об обитании популяций этих бентосных моллюсков на одном месте в течение многих поколений.

В рассматриваемом интервале распространения радиоляриевого комплекса Parvicingula cf. multipora встречаются прослои и линзы, обогащенные стяжениями пирита. Наличие пирита является характерной чертой баженовитов, пирит постоянно встречается в разных модификациях в виде линз, линзочек, округлых стяжений различной величины, в тонкодисперсном состоянии, часто развивается по органическим остаткам. Встречаются также прослои и пропластки сильно окремненных пород, местами представляющими собой радиоляриты.

В интервале распространения радиоляриевого комплекса Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria (RB-3 на рис. 2) встречены остатки двустворчатых моллюсков-бухий бухиазоны Buchia obliqua (B24), которая занимает в современной стратиграфической схеме нижнюю часть верхней волги (низы берриаса) [22, 24].

Весьма важной является находка пропластка асфальтовой смолы (асфальтен) на глуб. 2916,6 м. В верхах интервала отмечены онихиты; в низах встречены также карбонатные и карбонатно-кремнистые конкреции.

В заключение отметим, что, поскольку радиолярии в породах баженовской свиты встречаются довольно часто, то они могут служить эффективным инструментом стратиграфического расчленения и корреляции баженовских отложений, особенно в случае отсутствия определимой макрофауны и единичности находок фораминифер.

3. Радиолярии в экосистеме баженовского бассейна

3.1. Факторы среды и экосистема

Баженовский морской бассейн Западной Сибири, с площадью зеркала воды около 2 млн км^2 и в котором формировались битуминозные аргиллиты баженовской свиты, характеризовался следующими параметрами.

Его местоположение в Северном полушарии в Евразии и с учетом положения Северного географического полюса приблизительно в районе Берингова пролива [16] отличалось, относительно современного положения, сдвигом к югу, но все равно находясь в пределах бореальных и средних широт. Если принять во внимание, что, по оценке В. С. Вишневской юрский Печорский бассейн с радиоляриями, расположенный сейчас на 60-70° с. ш. в титонское время поздней юры находился примерно на 20 градусов южнее [12], то на аналогичное расстояние могла быть сдвинута к югу акватория обитания радиолярий в Западносибирском бассейне. Напомним,

что в Западной Сибири волжские радиолярии обнаружены в керне многих скважин примерно в полосе широт от 58° до 66° с. ш.

Бассейн располагался внутри материка и был полузамкнутым, имея сообщение с Мировым океаном (Палеоарктическим бассейном) на севере. С запада, востока и юга сугубо внутреннее баженовское море было окружено низкой равнинной сушей и имело грушевидное очертание [14, 16] (рис. 3).

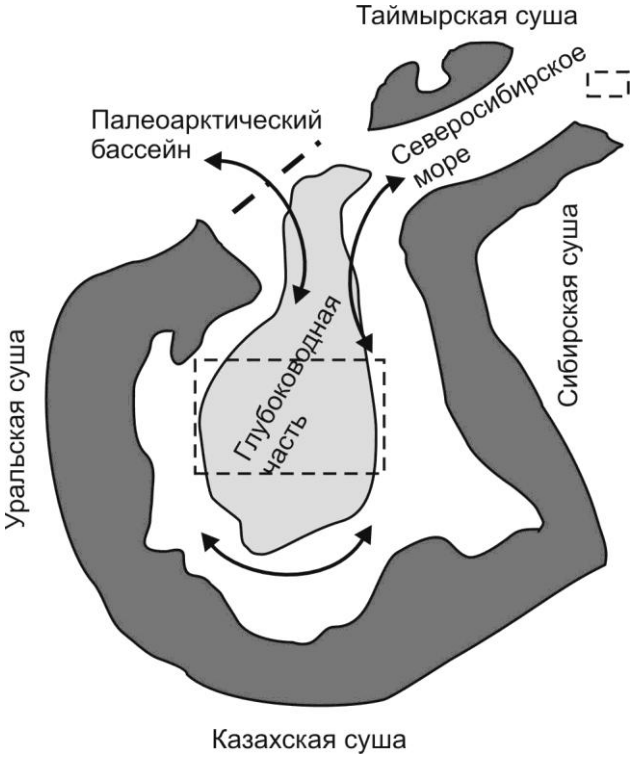


Рис. 3. Обобщенная палеогеографическая схема Западносибирского бассейна в баженовское время.

Штрихпунктирном показано положение подводного поднятия (порога); прямоугольниками – регионы обитания радиолярий (больший прямоугольник – в Западной Сибири, меньший – п-ов Нордвик на Арктическом побережье Средней Сибири); стрелками - направления миграций биоты (по [14], с изменениями)

По данным палеоботаники, палеоэкологии и палеотермометрии, на территории Западной Сибири в течение всего баженовского времени господствовал субтропический климат – семиаридный на юге и семигумидный на севере с сезонными колебаниями температуры и влажности. Среднегодовая температура вод в эпипелагиали в раннебаженовское (средневолжское) время вблизи северо-западного берега составляла +15-18 °С, вблизи северо-восточного +13-14 °С. Температура придонных вод могла опускаться на несколько градусов [14].

Соленость вод баженовского моря по абсолютному показателю была близка к современной океанической – в прибереговых акваториях 31,5 ‰, в открытой пелагиали она составляла 34,0 ‰ [15]. Качественный состав и количественные соотношения солей соответствовали таковым Мирового океана того времени. Периодически возникали придонное сероводородное заражение, возможно мигрирующее, и аноксийные обстановки. «Пятнистый» характер расселения бентосных бухий и иноцерамов, различная

плотность их популяций были обусловлены неравномерным блуждающим характером облака сероводородного заражения, что связано с наличием придонных течений, халистатическими пятнами[1] и дивергенцией морских вод в баженовском морском бассейне. Условия, благоприятные для жизни двустворок (движение придонных вод, обогащенных кислородом), возникали относительно редко и кратковременно [21].

Палеобатиметрический анализ показывает, что море было глубоководным. Для волжского века и берриаса по бентосной фауне, с учетом типов и характера осадков, реконструированы, по крайней мере, три биономические зоны – верхнесублиторальная, среднесублиторальная и нижнесублиторальная [14]. В центральной части бассейна установлены еще три биономические зоны в направлении к центру впадины, при этом глубины для Центральной впадины были определены отметками, превышающими 500 м [6]. Назвались и бóльшие глубины – до 700-750 м в самых глубоководных частях [7].

Высказывалось мнение, что эпиконтинентальное баженовское море по основным параметрам (площадь зеркала вод, большие глубины) можно рассматривать как бассейн квазиокеанического типа. При этом на месте современных Мансийской, Надымской мегавпадин и Уренгойской котловины существовала вытянутая с севера на юг псевдоабиссальная Центральная впадина [6, 15]. Как уже было сказано, с запада, востока и юга баженовское море было окружено низкой равнинной сушей. В широтном направлении дно баженовского моря было асимметричным: широким и пологим на востоке и юго-востоке вблизи Сибирской суши, втрое более узким и крутым на западе и юго-западе вблизи Уральского полуострова. На юге и юго-востоке находились небольшие единичные острова, возможно архипелаги [21]. На севере и северо-востоке баженовское море сообщалось с Палеоарктическим бассейном. Пролив на крайнем северо-востоке на месте современной Усть-Енисейской впадины был сравнительно мелководным и не оказывал существенного влияния на газовый режим придонных вод Центральной впадины [14].

Наибольший объем арктической воды (вток) поступал через относительно глубоководный северный проход в районе современного п-ова Ямал. Но здесь, вероятно, существовало подводное поднятие (порог), вертикальные движения которого регулировали поступление водных масс и аэрацию на дне Центральной впадины (см. рис. 3). Предполагается, что при опускании порога обогащенные кислородом воды из арктического бассейна проникали в Западносибирский бассейн, и именно в это время бентосные моллюски заселяли дно впадин, а органическое вещество поглощалось фильтраторами, уничтожалось в процессе окисления и деструкторами. Подъем порога приводил к затруднению обмена вод, что способ-

[1] Халистатические области – средние части крупномасштабных круговоротов течений в морях и океанах, характеризующиеся малой подвижностью вод.

ствовало образованию халистатических зон во впадинах, препятствовало расселению бентоса, но способствовало сохранению органического вещества [14].

В бассейне существовала сложная система течений: вдольбереговые, циклонические, конвекционные (обусловленные сезонностью климата), слабый апвеллинг (вызванный асимметрией дна бассейна). Определяющим было теплое поверхностное течение, шедшее с севера и проходившее вдоль Уральского полуострова, отделявшего Западносибирский бассейн от Печорского. Течение по мере продвижения на юг вдоль Уральского полуострова теряло свою силу и одновременно в соответствии с направлением западного склона моря отклонялось к востоку, создавая завихрения и круговые течения в эпипелагиали и образуя режим близкий к таковому в Черном, Средиземном и, возможно, Саргассовом морях [14].

Накопление органического вещества обязано функционированию пелагической экосистемы, центральным звеном которой был фитопланктон. Ядро экосистемы бассейна состояло из разнообразных пелагических фотосинтезирующих организмов-продуцентов (фитопланктон – празинофиты, кокколитофориды, динофлагелляты) и консументов (зоопланктон – радиолярии, личинки беспозвоночных, ракообразные; а также пелагические костистые рыбы, аммониты, белемниты, палеокальмары-теутиды и морские ящеры и кроме них бентосные двустворчатые моллюски, фораминиферы и остракоды).

Накопление органики в баженовском битуминозном горизонте обусловлено уникальностью экосистемы и длительностью ее функционирования. Эффективное функционирование экосистемы осуществлялось в течение примерно 8 млн лет[2]. Оно стабильно поддерживалось круговоротом как живого вещества, так и питательного косного, привнесенного поверхностным течением из западной части Арктики, циклоническими течениями в толще глубоководной впадины, придонными противотечениями и сносом с окружающей пенепленизированной суши [14]. Снос с пенеплена микроэлементов поддерживался благодаря глубокому химическому выветриванию в условиях теплого гумидного климата [13], предполагается также привнос элементов с пеплами. Экосистема была эвтрофной. Биологические циклы, т. е. жизнь и смерть индивидуумов, смена поколений, сезонные переработки и выбросы органики в пищевых цепях и пр., обеспечивали поступление в осадок очень разнообразного в липидно-белковом и других отношениях органического вещества. Выпадавшее из круговорота органическое вещество составляло примерно от 2 до 10 % от всего продуцированного пелагической экосистемой. В течение волжского века и раннего берриаса в осадках Центральной впадины в условиях периодически возни-

[2] Длительность титонского яруса юры составляет по International Stratigraphic Chart-2004-2008 около 12 млн лет. Баженовская свита соотносится со средней и поздней частями титонского яруса, что соответствует примерно 8 млн лет.

кавшей аноксии придонных вод накопилось, по оценке В.А. Захарова, около 18 млрд. тонн органического вещества [14]. Разнообразные жизненно важные элементы поступали с суши и из глубинных источников, и многие из них вовлекались в круговорот экосистемы баженовского моря благодаря транспортировке вод течениями из открытого Арктического бассейна [14].

3.2. Радиолярии в экосистеме

Максимум высоты стояния воды в Западносибирском морском бассейне пришелся на средневолжское время – конец юрского периода. Затем, с начала мелового периода, примерно с ранней фазы бореального берриаса, море начало сокращаться, отступая от Сибирской суши на запад. Центральная впадина, занимавшая в волжское время большую часть Западносибирского бассейна, в берриасе резко сократилась на востоке, наиболее глубокая ее часть сместилась к западу. В.А. Захаров предполагал, что периоды расцвета радиолярий в пелагиали совпадали с расширением и устойчивым долговременным существованием морских путей на западе в первой половине средневолжского и в поздневолжском времени, а в конце же средневолжского времени и, особенно в начале бореально-берриасского, Западносибирский бассейн был населен выходцами из Арктики [14].

С такой картиной заселения радиоляриями внутреннего Западносибирского волжского моря можно в общих чертах согласиться, но она была намного сложнее. По общим таксонам устанавливаются прямые связи западно- и северосибирской ассоциаций волжских радиолярий с ассоциациями бассейнов Русской платформы, Печорской провинции, Баренцевоморского шельфа, Северного моря, Северной Калифорнии и Орегона, а также Тихоокеанского обрамления России (Корякское нагорье, Камчатка, Сахалин), Сихотэ-Алиня, Японских островов и Северо-Западной Пацифики и, кроме того, Ломбардийского бассейна Тетической области (север Италии, юг Швейцарии) и Северного Перитетиса (Западная Украина). Эти связи с названными районами и их акваториями по сути являлись маршрутами обмена элементами региональных радиоляриевых фаун [2].

Вселение радиолярий в Западносибирский бассейн началось в начале средневолжского времени и далее протекало прерывисто в виде отдельных ступеней или фаз. Собственно заселение началось в момент 1-й фазы (момент комплекса Pseudodictyomitra cf. primitiva) и поток миграции достиг максимума во второй половине средневолжского времени в момент 2-й фазы (комплекс Parvicingula cf. multipora). Фауна радиолярий процветала до конца поздневолжского времени и начала берриаса в момент 3-й фазы (комплекс Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria), а после этого, позднее, к позднему берриасу, прекратила свое существование в связи с прекращением функционирования баженовской экосистемы.

Две первые фазы, т. е. комплексы Pseudodictyomitra cf. primitiva и Parvicingula cf. multipora, можно рассматривать совместно, поскольку первая представляет собой слабовыраженный по количеству и составу видов аналог второй. Важно отметить, что радиолярии заселили практически «стерильный» бассейн, т. е. «свободные» от радиолярий акватории. К настоящему времени установлены всего два уровня присутствия радиолярий в западносибирских морских юрских добаженовских толщах. Первый уровень с комплексом радиолярий неясного систематического состава обнаружен в низах марьяновской свиты Западной Сибири в интервале фораминиферовой зоны Dorothia insperata – Trochammina rostovzevi, средний келловей. Второй кимериджский уровень установлен в отложениях георгиевской и в верхах абалакской и сиговской свит. Первый келловейский уровень от второго кимериджского отделяют примерно 9 млн лет, а второй до момента появления радиолярий в баженовском бассейне – примерно 5 млн лет. Столь длительные промежутки времени с отсутствием радиолярий и отчетливо выраженная регрессивная обстановка на границе георгиевской и баженовской свит позволяют говорить о «стерильности» бассейна к моменту начала баженовской эпохи.

Первой фазой (комплекс Pseudodictyomitra cf. primitiva) отражен момент самого начала вселения радиолярий в бассейн, второй (комплекс Parvicingula cf. multipora) – момент «захвата» фауной радиолярий значительной части акватории. Вселение происходило двумя потоками – западным и восточным (см. рис. 3), различавшимися по силе воздействия. Западный поток доминировал в течение первых двух фаз, слабея к началу третьей, а восточный – доминировал во время третьей фазы (комплекс Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria). Западный поток направлялся из акваторий Русской платформы – Ульяновского Поволжья и Печорской провинции, а те, в свою очередь, были связаны с акваториями Северного моря и северной окраиной Перитетической области. Помимо западного потока существовала устойчивая связь в течение второй фазы на северо-востоке региона с акваторией юго-западной окраины Северосибирского моря (п-ов Нордвик) [2].

Третья фаза (комплекс Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria) стоит несколько отдельно. Если в течение предшествующего времени западносибирская фауна радиолярий формировалась в основном мигрантами-аллохтонами из бассейнов Русской платформы, то во время третьей фазы вектор иммиграции стал меняться на восточный. Здесь стали более заметны представители сем. Echinocampidae, описанные Н. Ю. Брагиным из разрезов арктического побережья Средней Сибири (п-ов Нордвик) [8]. Кроме того, прослеживаются элементы общности с региональными фаунами Тихоокеанского обрамления России (Корякское нагорье, Камчатка, Сахалин), Сихотэ-Алиня, Японских островов и Северо-Западной Пацифики [10].

Выше говорилось (см. раздел 3.1), что длительность формирования (закрепления) осадков баженовской свиты составляет ~ 8 млн лет. Исходя из этого можно предположить, что в абсолютном летосчислении длительность времени существования каждого из радиоляриевых комплексов (длительность фаз) составляет ~ 2,5-2,6 млн лет.

В течение первой фазы вселения в бассейн (комплекс Pseudodictyomitra cf. primitiva) радиолярии были редки, и плотность их популяций не достигала больших значений (см. табл. 2). Безусловно доминировали башенковидные и конические насселярии, среди которых преобладали представители родов Parvicingula Pessagno, 1977 и Pseudodictyomitra Pessagno, 1977, но совсем единичными были радиолярии с другим обликом и типом строения скелетов (сфереллярии, ставраксонарии и спумеллярии). Массивные высококонические толстостенные псевдодиктиомитры из сем. Pseudodictyomitridae Pessagno, 1977, в целом широко распространены в юрских-нижнемеловых отложениях многих регионов мира. Сфероидные сфереллярии представлены родом Acaeniotyle Foreman, 1973, они весьма характерны для верхнеюрских и меловых отложений многих регионов мира, т. е. являются ярко выраженными космополитами. Не менее характерными для юрских и меловых отложений являются дискоидные ставраксонарии – небольшие по размерам представители рода Orbiculiforma Pessagno 1973. Спумеллярии из отряда Spongiata Afanasieva et Amon, 2003, в нашем комплексе также невелики по размерам, они представлены родом Praeconocaryomma Pessagno, 1976. Орбикулиформы и преконокариоммы распространены во многих регионах мира, т. е. являются космополитными. Сочетание морфотипов крупных массивных псевдодиктиомитр с небольшими по размерам и численности сферелляриями, ставраксонариями и спумелляриями может указывать малоблагоприятные условия обитания, возможно на ненормативную соленость либо на присутствие в воде токсинов.

Во время второй фазы (комплекс Parvicingula cf. multipora) доминирование башенковидных и конических насселлярий продолжается. Количественно и качественно преобладают средних размеров многосегментные с ярко выраженной сегментацией представители рода Parvicingula Pessagno – P. cf. alata Kozlova, P. cf. khabakovi (Zhamoida), P. cf. multipora (Khudiaev), P. cf. rostrata (Chabakov), P. cf. santabarbarensis Pessagno, P. cf. turrita (Rüst), среди которых наиболее часто встречается вид P. cf. multipora. Из других многосегментных циртидинат псевдодиктиомитры начинают исчезать, их место замещается археодиктиомитрами, из которых Archaeodictyomitra cf. minoensis (Mizutani) – яркий представитель Тихоокеанской радиоляриевой фауны. Помимо парвицингул и археодиктиомитр во время второй фазы усиливается присутствие и значение некрупных малосегментных циртидинат с нечеткой сегментацией из рода Stichocapsa Haeckel, 1881 и из рода Theocampe (=Theocapsa) Haeckel, 1887.

Во время второй фазы более разнообразными становятся радиолярии с иными обликом скелетов – лопастные, дискоидные, сфероидные. К лопастным ставраксонариям относятся представители рода Paronaella Pessagno, 1971 и рода Crucella Pessagno, 1971. Продолжают существовать дискоидные ставраксонарии орбикулиформы, у которых увеличился размер скелета и они стали более массивными. Сфероидных акениотиле становится больше.

Названные особенности второй фазы, обилие разнообразных морфотипов, высокая численность позволяют сделать вывод о благоприятных условиях обитания. Оптимальные гидрологические (сравнительно высокая температура, плотность, спокойная динамика, прозрачность), гидрохимические (нормальная соленость, насыщенность растворенными газами, прежде всего кислородом) и экотопные (эвтрофность, высокий трофический статус) факторы среды и наличие свободных экологических ниш способствовали стремительному развитию радиоляриевой фауны. Повысилось биоразнообразие, палеопопуляции радиолярий существенно увеличили свою численность, возросла плотность населения и, соответственно, увеличилась биопродуктивность, т.е. валовое количество вырабатываемой радиоляриями биомассы и некромассы, поступающей на дно бассейна.

Эти благоприятные условия не были постоянными – трехгорбый характер кривой числа экземпляров в пробах (см. рис. 2) показывает, что примерно в середине и в последней трети длительности второй фазы радиоляриевая фауна по меньшей мере дважды испытала стрессовое состояние. Стрессы соответствуют резкому изменению (ухудшению) параметров среды обитания. Скорее всего, это были флуктуации состава растворенных газов, когда содержание O_2 снижалось, а H_2S, наоборот, повышалось и развивались аноксийные обстановки. Это может быть связано с обогащением пиритом слоев осадков, соответствующих периодам стрессов. Натеки асфальтовых смол (асфальтен), т.е. повышенная битуминозность пород, также приурочены к интервалам стрессов. Напротив, периоды максимальной численности радиолярий совпадают с уровнями находок бентосных фораминифер и бентосных двустворчатых моллюсков, что свидетельствует о периодическом значительном ослаблении режима аноксии.

Вторая фаза заканчивается падением численности радиолярий, но не до стрессового уровня. Это состояние невысокой плотности палеопопуляций продолжается большую часть третьей фазы, в последней трети которой наблюдается новый стремительный взлет численности. Для третьей фазы (комплекс Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria) характерны следующие особенности.

В сравнении со второй фазой биоразнообразие остается не только на прежнем высоком уровне, но и увеличивается. По прежнему доминируют высококонические мультициртидные парвицингулиды, среди которых появляются новые виды. По видам парвицингулид совершенно отчетливо

прослеживается унаследованность систематического состава третьей фазы от второй, т. е. речь идет об автохтонном происхождении радиоляриевой фауны конца баженовского времени. В это же время в Западной Сибири происходили процессы интенсивного видообразования, что заметно по появлению новых форм.

Весьма характерно для данной третьей фазы появление и усиление значения представителей семейства Echinocampidae Bragin, 2009 (Nordvikella sp., N. cf. elegans Bragin, N. cf. improcera Bragin), зафиксированных Н. Ю. Брагиным в разрезах арктического побережья Средней Сибири, п-ов Нордвик [8]. Кроме того, хоть и в единичных знаках, но отмечается Pyramotertonium cf. planocephalum (Kozlova) из сем. Tertoniidae Dumitrica et Zügel, 2003, известный вид в разрезах Печорского бассейна и полуострова Нордвик [8, 10, 12].

Виды сем. Echinocampidae и рода Pyramotertonium примечательны прежде всего тем, что по морфологии скелетов они представляют собой крайне высокоспециализированные формы. Эхинокампиды – это многокамерные циртидины, обладающие цефалической спикулой, состоящей из элементов MB, A, V, D, 2L, 2l. На основе лучей спикулы развиты семь внешних рогов, отходящих в различных направлениях от апикальной части раковины. Раковинки пирамотертониумов с тремя базальными иглами, образующими три продольных ребра на поверхности раковины, при этом сечение раковины треугольное, а апикальный рог крупный, хорошо развитый. Признаками высокой специализации является наличие многих рогов в апикальной части раковины, а также граненое (треугольное) поперечное сечение. Таким образом, у циртидинат наряду с простыми многокамерными конусами и четкой сегментацией появляются конусы, осложненные апикальными рогами и гранями.

Среди других насселлярий следует отметить усиление роли представителей рода Stichocapsa Haeckel, 1881, появление видов родов Stichomitra Cayeux, 1897, Williriedelum Dumitrica, 1970 и Zhamoidellum Dumitrica, 1970. Морфотип стихокапс и стихомитр – это простой эвритопный конус с тонкой стенкой, нечеткой сегментацией и варьирующим, часто небольшим (до 5 и более), числом сегментов. Морфотип виллириеделюмов и жамойделлюмов из сем. Williriedelidae Dumitrica, 1970 совсем иного плана. Это массивная толстостенная раковина каплевидной или сфероидной формы с небольшим числом (3-4) сегментов, при этом торакс погружен внутрь абдомена, где сохраняет собственные стенки. Подобное строение раковинки также можно считать высокоспециализированным, возникшим в процессе приспособления к каким-то особенным условиям среды обитания.

Во время третьей фазы происходили перестройки таксономического состава среди групп радиолярий с другим, нежели у насселлярий, планом строения раковины. Среди лопастных ставроксонарий на смену паронеллам, круцеллам и эмилювиям приходят представители рода Alievium Pes-

sagno, 1972, имеющие широкое распространение в меловых отложениях. Становятся намного более многочисленными дискоидные орбикулиформы с эвритопным морфотипом раковинки.

Среди сфероидных раковин продолжается присутствие акениотиле и диверсифицируются триактомы, имеющие две сферические оболочки и три основные иглы.

По многим показателям период существования фауны радиолярий в течение третьей фазы напоминает таковой во второй. Продолжаются благоприятные условия обитания, фауна радиолярий процветает; численность и плотность палеопопуляций велики, биопродуктивность повышена. Численность радиолярий временами настолько высока, что их опаловые скелеты в породе после литификации, диагенеза и начальных стадий катагенеза становятся источником окремнения пород. Слойки и прослои в аргиллитах баженовской свиты с повышенным содержанием кремнезема являются весьма характерным литологическим признаком этого стратона.

Аналогично второй фазе, в третьей условия существования также не были неизменны на протяжении ее длительности. По меньшей мере дважды фауна радиолярий испытала глубокий экологический кратковременный стресс.

Вместе с тем между второй и третьей фазами есть различия. Одно из важных различий состоит в том, что в третьей фазе биоразнообразие радиолярий больше и достигает максимально возможного для подобных условий уровня. Другое различие состоит в том, что во время третьей фазы появляются морфотипы высокой специализации. Все это свидетельствует о том, что в экосистеме баженовского моря в течение третьей фазы были освоены все возможные и ранее не занятые экологические ниши. Наконец, еще одно различие состоит в том, что устанавливаются теснейшие связи двух региональных радиоляриевых фаун – собственно западносибирской и фауны из Северосибирского моря (разрез Нордвик). Нельзя исключить, что северосибирская фауна, как более разнообразная в видовом отношении, имела более высокий статус в отношении скоростей видообразования, являлась источником и центром возникновения новых видов, откуда происходили периодические миграции и заселение региона. Судя по общегеологической ситуации, в Северосибирском море Арктического бассейна условия обитания для радиолярий были более благоприятны, во всяком случае, здесь в силу более мелких глубин не развивались аноксийные обстановки.

Общепринято, что для возникновения аноксии необходимым является глобальное развитие в океаносфере вялой циркуляции, замедления, ослабления или даже временами полное прекращение вертикального перемешивания водной толщи (стагнация бассейна). Такие условия могли возникать в условиях теплого климата при эвстатических трансгрессиях, приводивших к расширению эпиконтинентальных морей. Аноксия могла порождаться меняющейся биопродуктивностью, которая была связана с флюк-

туациями климата. Ныне часто принято объяснять ритмичность климата циклами Миланковича, т. е. периодическими изменениями параметров земной орбиты (циклы прецессии, наклона эклиптики, орбитального эксцентриситета). Под воздействием этих циклов происходили климатические флюктуации, изменялись соленость и температура, менялся характер вертикального перемешивания, что отражалось на балансе питательных веществ и кислорода и, в конечном счете, сказывалось как на продуктивности, так и на сохранности органического материала в осадках [9]. Но, кроме того, влияли и флуктуации, пусть не очень резкие, климата, вызывавшие перераспределение водных масс и «цветение» одних групп микроорганизмов, провоцировавших вымирание других. Само «цветение» могло оказывать отравляющее действие на рост и воспроизводство высокоспециализированных таксонов. Возможны и другие, более тонкие причины – дизаэробные и анаэробные условия развивались эпизодически вследствие менявшегося притока пресных вод и динамики бассейна (штормы) [26].

Радиолярии – типичные представители пелагического планктона – обитали и обитают в интервале глубин 0-500 м с заметным предпочтением глубин 10-75-150 м [4]. Придонные аноксийные обстановки с сероводородным заражением в баженовском Западносибирском море, препятствуя развитию бентосной эпи- и инфауны, не оказывали, по большому счету, заметного влияния на обитание радиолярий в верхних горизонтах водного столба. Наверное, только в тех районах акватории баженовского моря, где глубины были не столь велики (менее 200-400 м), как в центральной части бассейна (более 400 до 700 м), облака придонной аноксии могли ухудшать условия жизни радиолярий. Впрочем, если принять во внимание их блуждающий характер [21], то такого рода отрицательное влияние было кратковременным (стрессовым), и заражение могло развеиваться в периоды усиления перемешивания вод при ветровой активизации (штормы) [26]. Кроме того, по материалу из Западной Сибири мы не зафиксировали ситуаций, свойственных сильным бескислородным импульсам, т. е. развития радиоляриевых комплексов с резким доминированием 2-3-х родов с примитивно устроенной кремнистой стенкой в ассоциации с мелкими юными формами бентосных двустворок и непионических молодых аммонитов [11].

Радиолярии – это классические гетеротрофы и симбиотрофы [4], они являлись и являются консументами первого уровня в пищевой цепи пастбищного типа, потребляя органические вещества, производимые первичными продуцентами – фито- (динофиты, празинофиты, кокколитофориды) и бактериопланктоном. Одновременно, накапливая значительную биомассу, радиолярии являлись в трофических сетях вторичным продуцентом для консументов более высокого уровня – главным образом для ювенильных стадий развития различных ракообразных, головоногих моллюсков, рыб-планктофагов и др.

Радиолярии поглощали продукцию первичных продуцентов, но особые отношения у них существовали и существуют с динофитами и бактериями, поскольку именно с ними наиболее часто возникают отношения симбиоза, в которых радиолярии выступают в роли хозяина. С одной стороны, симбионты являются запасными депо питательных веществ, потребляемых в экстремальных неблагоприятных условиях, с другой – агентом в процессах латерального генного трансфера [5].

Динофлагелляты (динофиты), принадлежащие к своеобразной[3] группе фитопланктона, характеризуются тем, что могут образовывать значительные по плотности популяции, формируя от 30 до 54 % видового состава фитопланктона и до 89 % его биомассы в летне-осенний сезон. Считается, что пищевая ценность биомассы (соотношение органических веществ и сухого зольного остатка), формируемой динофитами, весьма значительна, существенно превышая таковую других представителей фитопланктона, например диатомей [19]. Важной особенностью динофитовых является то, что при массовом размножении они склонны к ядовитому «красному цветению». Таким образом, массовое распространение динофлагеллят, с одной стороны, приводит к поступлению в иловый слой бассейна огромного количества некромассы, обильно насыщенной органическими веществами сложного состава (углеводы, липиды, белки), и, с другой – токсическому загрязнению верхних горизонтов водного столба, губительно, хотя и кратковременно, воздействуя на других обитателей пелагиали.

Для кокколитофорид (кокколитин), формально относимых к золотистым водорослям Chrysophyta (иначе гаптофиты, примнезиофиты, Haptophyta, Prymnesiophyta), свойственно то, что максимальная концентрация их живых особей наблюдается вблизи берегов. Это характерно как для Черного моря (южный водоем закрытого типа), так и для Норвежского моря (северный водоем открытого типа). Нормальная глубина обитания ограничена зоной фотосинтеза и не превышает 100 м. Эти представители нанопланктона известны своей способностью быстро размножаться, вызывая цветение воды на огромных акваториях.

Роль представителей пикопланктона празинофитов (класс Prasinophyceae отдела Зеленых водорослей) в общей экологии моря мало изучена из-за их очень малых размеров Но известно, они могут вызывать цветение воды в опресненных участках акваторий вблизи прибрежья, например, после ливневого сброса рек.

Таким образом, ресурсная пищевая база для радиолярий в баженовском бассейне была практически неистощима. Фитопланктон мог давать не менее двух сезонных вспышек повышенной биопродуктивности (цветение) в течение года: весеннюю (кокколитины) и летнее-осеннюю (динофиты).

[3] Динофитам свойственны несколько типов питания – автотрофия, гетеротрофия, миксотрофия.

Соответственно, радиолярии, у которых индивидуальный жизненный цикл составляет примерно 45 дней, также могли реагировать на эти события повышением своей численности не менее двух раз в году. Впрочем, особо обильное цветение динофитовых, сопровождавшееся выбросом во внешнюю среду токсинов, могло существенно сокращать плотность популяций радиолярий.

Своеобразная экосистема баженовского внутреннего моря прекратила свое существование к концу раннего берриаса. Этому способствовали несколько факторов. Во второй половине берриасского и в начале валанжинского веков развились процессы обмеления и усиления активности областей источников сноса, что привело к накоплению ачимовских алевритопесчаных осадков, которые обусловили наличие песчанисто-глинистой зоны, развитой на обширной территории. Аноксийные и дизоксийные обстановки исчезают, при этом отмечается непостоянство гидродинамического режима среды осадконакопления. Предполагается активное перемешивание слоев воды, достигавшее дна в периоды штормов. Возможно, это связано с *направленным* изменением конфигурации бассейна баженовского и более позднего времени, как это считает В. А. Захаров [14].

Кроме того, существенно изменились среднегодовые палеотемпературы водного бассейна в сторону снижения, особенно в поверхностных горизонтах. По данным Ю. Д. Захарова с коллегами [17] в среднеширотных бассейнах[4] произошло драматическое снижение палеотемператур поверхностных вод от 27,0 до 15,0 °С в интервале времени от титона к позднему берриасу. В высокоширотных бассейнах только в течение титона перепад температур составил около 12 °С (от 22,0 до 10,9 °С) с резким подъемом в позднем берриасе до 23,6 °С и новым падением до 5,0 °С в середине валанжина.

4. Биомасса радиолярий – один из потенциально возможных источников органического вещества нефти

Ранее высказывалось предположение о том, что одними из основных поставщиков органики в нефтематеринских породах наряду с водорослями являются радиолярии [25 и др.]. Наиболее подробно данный вопрос затронут в работах М. С. Афанасьевой на примере доманиковых отложений верхнего девона Тимано-Печорской провинции [3].

Исходными данными для такого предположения послужили следующие особенности радиолярий. Строение тела одноклеточного организма радиолярий таково, что объем цитоплазмы клетки превышает объем кремнистого скелета в 100-700 раз у сферических полицистин и в 700-3000 раз – у иглистых. Если мы сталкиваемся с массовыми скоплениями скелетов

[4] Как уже говорилось (см. выше раздел 3.1), западносибирский баженовский бассейн может быть отнесен к средним широтам, хотя бы частично.

радиолярий в осадке, то получается колоссальный объем органического вещества, принесенного на дно бассейна в виде некромассы отмерших индивидуумов радиолярий. Более того, известно, что цитоплазма радиолярий в живой клетке-организме радиолярий содержит, наряду с различными органеллами, жировые включения в виде шарообразных капель величиной 3-4, иногда до 70 мкм в диаметре. Вес липидов в живой колонии или клетке радиолярий достигает 1,5-138,8 мкг [3].

Дополнительно надо заметить, что липиды – это наиболее важный из всех питательных веществ источник энергии, они же являются основным (в количественном отношении) энергетическим резервом организма. Жировые капли служат метаболическим «топливом», а сами липиды окисляются в митохондриях до воды и диоксида углерода с одновременным образованием большого количества АТФ. Липиды являются не только энергетическим депо, кроме того, ряд этих органических веществ принимает участие в образовании клеточных мембран (фосфолипиды, гликолипиды и холестерин). Липиды также используются организмами в качестве изолирующего материала и выполняют различные специальные функции: амортизационные; сигнальные (медиаторы и вторичные переносчики-мессенджеры); удерживания на мембране белков и других соединений; функции кофакторов, принимающих участие в ферментативных реакциях, в трансмембранном переносе электронов и др. Радиолярии, как, впрочем, и ряд самых разных планктонных и нектонных организмов – от диатомовых водорослей до акул, – используют резервные запасы жира как средство снижения среднего удельного веса тела и, таким образом, увеличения плавучести, что позволяет минимизировать расходы энергии на удержание в толще воды (флотирование). Часть липидов не синтезируются организмами гетероторофов (линолевая, линоленовая и другие полиненасыщенные жирные кислоты), поэтому они должны поступать с пищей в виде незаменимых жирных кислот и жирорастворимых витаминов.

Таким образом, с некромассой радиолярий на дно бассейна поступало значительное в валовом отношении количество липидов. Те липиды, которые радиолярии как гетеротрофы не в состоянии синтезировать сами, поглощаются и запасаются вместе с пищей, каковой для радиолярий является фито- и бактериопланктон (диатомовые, динофиты, хлорофиты, празинофиты, примнезиофиты, цианофиты). Морские одноклеточные планктонные микроорганизмы-фотосинтетики, являясь основой энергетической «экономики» водной среды, способны к выработке всего спектра липидов [27].

Липиды являются одним из важнейших исходных органических веществ при превращении биотической органики в углеводороды нефти. Еще на стадии диагенеза при образовании керогена происходили процессы поликонденсации, гидролиза жиров, восстановления кислородных соединений, декарбоксиляции кислот, насыщения двойных связей и др. Процессы происходили под воздействием биокатализа (ферменты бактерий) и с уча-

стием катализа при помощи алюмосиликатов глинистых минералов. Показано, что значительная часть углеводородов нефти (до половины и более) получилась посредством химико-каталитических преобразований из липидов: алканы (парафиновые или метановые углеводороды), цикланы (нафтены или циклоалканы), кислородные соединения [23].

Несложные подсчеты позволяют ориентировочно оценить объемы и масштабы липидного органического вещества, поступавшего в сапропель на дне баженовского моря при участии радиолярий. Оговоримся, что это очень приблизительные подсчеты с использованием минимальных значений и с наличием весьма сильных допущений.

В шлифах из образцов радиоляритов баженовской свиты в плоскости шлифа наблюдается очень плотная упаковка скелетов радиолярий. При среднем диаметре скелета радиолярий 200-300 мкм на квадратном миллиметре плоскости шлифа может разместиться от 10 до 25 экземпляров-особей. Условимся, что плоскость шлифа является слоем, толщиной в 1 экземпляр радиолярий. При содержании в одной живой особи 1,5 мкг липидов, 10 особей содержат 15 мкг. Иными словами, на 1 мм^2 площади дна баженовского бассейна может быть доставлено после посмертного переноса 15 мкг липидов в некий момент времени. Предположим, что этот объем доставляется в моменты наивысшего расцвета и достижения максимальной численности и плотности популяций радиолярий и один раз в течение длительности существования одного поколения (генерации) радиолярий. Срок индивидуальной жизни одной особи радиолярий может достигать 45 дней, тогда в течение года сменится 8 поколений и на 1 мм^2 дна бассейна может быть доставлено 120 мкг. Соответственно, на 1 км^2 поверхности дна в течение года может быть доставлено 120 т липидов в качестве продукта жизнедеятельности только радиолярий. С учетом того, что площадь распространения типичных образований баженовской свиты с радиоляриями в Западной Сибири составляет 1 млн км^2, общий объем поступивших липидов равен 120 млн т. Если принять во внимание оценку В. А. Захарова [14], что из круговорота органического вещества изымается в литосферу от 2 до 10 % всей органики, продуцированной пелагической экосистемой, то объем радиоляриевых липидов, переходящих в кероген, может составить 0,24 · 10^6 т/год.

Выше уже говорилось, что время продолжительности существования радиоляриевых ассоциаций составляет примерно 2,5 млн лет, при этом нас интересуют только две последние ассоциации с максимальной численностью радиолярий, чья суммарная продолжительность составляет приблизительно 5 млн лет. Из них не менее двух третей времени было занято таким состоянием экосистемы радиолярий, когда продуктивность радиолярий была или невысокой, или не достигала максимума. Таким образом в рассмотрение следует принять период длительностью около 1,6 млн лет,

когда плотность популяций радиолярий была максимальной, с образованием радиоляритов на дне бассейна.

Поэтому в течение этого срока в приемный бассейн баженовского моря с учетом изъятия части некромассы в кероген могло поступить $384 \cdot 10^9$ т органического вещества липидного состава, произведенного только радиоляриями. Это существенно превышает общий объем произведенной биомассы, оцененной В. А. Захаровым [14]: в течение волжского века и берриаса в осадках Центральной впадины Западной Сибири в условиях периодически возникавшей аноксии придонных вод накопилось около 18 млрд тонн органического вещества.

Повторим еще раз, что приведенное выше значение липидной органики, поступившей в литосферу за время существования баженовского бассейна, продуцировано только радиоляриями. Биомассу, произведенную другими участниками пелагической экосистемы баженовского моря (фито- и бактериопланктон) оценить очень трудно, но, возможно она на несколько порядков больше.

Заключение

В конце юры и самом начале мела в волжском веке на территории Западно-Сибирской плиты на площади около 1 млн км^2 сформировалась черносланцевая нефтематеринская и нефтеносная баженовская свита морского генезиса. Палеобиологическая характеристика свиты весьма специфична: биота представлена пелагическими организмами (главным образом планктон) и бедным бентосом (биссусные двустворчатые моллюски-сестеногофаги, редко фораминиферы и иложилы).

Западносибирское море баженовского времени представляло собой внутренний эпиконтинентальный бассейн значительной площади с зеркалом воды около 2 млн км^2 и с глубинами в центре бассейна до 500 м, на отдельных участках – 600-700 м. На севере и северо-востоке море сообщалось с Палеоарктическим бассейном; периодически эта связь затруднялась, но не прекращалась никогда. Периодами развивались обстановки придонной аноксии и восстановительного режима с сероводородным заражением..

Накопление органического вещества на дне Западносибирского моря в баженовское время было связано с функционированием пелагической экосистемы. Основным продуцентом являлись фитопланктон и бактериопланктон, отчасти зоопланктон, первичными консументами были зоопланктон и донные моллюски, вторичными – костистые рыбы и головоногие моллюски.

Радиолярии (микроорганизмы-гетеротрофы с кремнистым органогенным скелетом) широко представлены в осадках и экосистеме баженовского Западносибирского моря. В развитии радиолариевой фауны здесь наблюдается не менее трех импульсов, связанных с заселением и освоением бас-

сейна, что находит свое отражение в биостратиграфии. В толще баженовской свиты выделяются три интервала распространения стратиграфически значимых комплексов радиолярий (снизу вверх): Pseudodictyomitra cf. primitiva с позицией в нижней части средневолжского подъяруса; Parvicingula cf. multipora в верхней части средневолжского подъяруса; и Parvicingula cf. rostrata – Parvicingula cf. seria в верхней части верхневолжского подъяруса.

Радиолярии – это типичные представители пелагического планктона, они обитали и обитают в интервале глубин 0-500 м с заметным предпочтением глубин 10-75-150 м. Придонные аноксийные обстановки с сероводородным заражением в баженовском Западносибирском море, препятствуя развитию бентосной эпи- и инфауны, не оказывали заметного отрицательного влияния на обитание радиолярий в верхних горизонтах водного столба. Радиолярии – это классические гетеротрофы и симбиотрофы, они являлись и являются консументами первого уровня в пищевых цепях пастбищного типа, потребляя органические вещества, производимые первичными продуцентами – фито- (динофиты, празинофиты, кокколитофориды) и бактериопланктоном. Одновременно, накапливая значительную биомассу, радиолярии являлись в трофических сетях вторичным продуцентом для консументов более высокого уровня – главным образом для ювенильных стадий развития различных ракообразных, головоногих моллюсков, рыб-планктофагов и др.

С некромассой радиолярий на дно бассейна поступало значительное в валовом отношении количество органического вещества, причем в виде наиболее ценной его части – липидов. Поэтому радиолярий можно рассматривать как группу планктонных микрорганизмов, способную при определенных условиях служить важным источником органического вещества нефти. Такими условиями обладали волжский баженовский бассейн Западной Сибири, франский доманиковый бассейн Тимано-Печорской провинции и ряд других. Кроме органики радиолярии доставляли в осадок баженовского бассейна значительное количество биогенного кремнезема, который после диагенетических и постдиагенетических преобразований перераспределялся по всей толще пород баженовской свиты.

Таким образом внимательное изучение палеонтологии и биономии ископаемых радиолярий, характеристик их биостратиграфического и палеогеографического распространения позволяет привлечь новые данные и пролить дополнительный свет на особенности формирования уникальных природных объектов, таких как баженовиты и доманикиты, важных в народохозяйственном отношении. Радиолярии, которые в глазах многих специалистов по региональной геологии, палеогеографии и литологии осадочных образований остаются еще своеобразной палеонтологической «экзотикой», в действительности же являются весьма информативной группой фоссилий.

Библиографический список

1. **Амон Э. О.** Радиолярии в баженовской свите (волжский ярус, поздняя юра – начало раннего мела) Широтного Приобья, Западная Сибирь // Ежегодник-2010 Ин-та геол. и геохим. УрО РАН. Екатеринбург, 2011. (в печати).

2. **Амон Э. О., Афанасьева М. С.** Волжские (позднейшая юра – начало раннего мела) ассоциации радиолярий Сибири и их возможные палеобиогеографические связи // Палеострат-2011. М.: ПИН РАН, 2011. С. 11-13.

3. **Афанасьева М. С.** Атлас радиолярий палеозоя Русской платформы. М.: Научный мир, 2000. 480 с.

4. **Афанасьева М. С., Амон Э. О.** Радиолярии. М.: ПИН РАН, 2006. 320 с.

5. **Афанасьева М. С., Амон Э. О.** О роли симбиоза в жизнедеятельности и эволюции радиолярий // Палеострат-2010. М.: ПИН РАН, 2010. С. 9-11.

6. **Баженовский** горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность) / Ю. В. Брадучан, Ф. Г. Гурари, В. А. Захаров и др. Новосибирск: Наука, 1986. 217 с.

7. **Бочкарев В. С., Огнев Д. А., Черданцев С. Г.** Палеобатиметрия эпиконтинентальных морей на примере мела Западной Сибири // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 44-46.

8. **Брагин Н. Ю.** Echinocampidae – новое семейство позднеюрско-раннемеловых радиолярий арктической Сибири // Палеонтологический журнал. 2009. № 4. С. 6-17.

9. **Веймарн А. Б., Найдин Д. П., Копаевич Л. Ф.** и др. Глобальные катастрофические события и их роль при стратиграфических корреляциях осадочных бассейнов разного типа. М.: МГУ, 1998 (http://web.ru/db/msg.html?mid=1164632&uri=3-8.htm)

10. **Вишневская В. С.** Радиоляриевая биостратиграфия юры и мела России. М.: ГЕОС, 2001. 376 с.

11. **Вишневская В. С.** Некоторые критические рубежи в развитии радиолярий // Палеонтологическая летопись региональных и глобальных событий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. С. 29-31.

12. **Вишневская В. С., Пральникова И. Е.** Юрские радиолярии Севера России // Стратиграфия. Геол.корреляция. 1999. Т. 7, № 5. С. 64-83.

13. **Занин Ю. Н., Замирайлова А. Г., Левчук М. А., Писарева Г. М.** К литологической характеристике верхнеюрских углеродистых отложений баженовского горизонта в западной части Западно-Сибирской плиты (Шаимский район) // Литосфера. 2003. № 2. С. 28-39.

14. **Захаров В. А.** Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палео-

экологии // Эволюция биосферы и биоразнообразия. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. С. 552-568.

15. **Захаров В. А., Сакс В. Н.** Баженовское (волжско-берриасское) море Западной Сибири // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 5-32.

16. **Захаров В. А., Шурыгин Б. Н., Курушин Н. И.** и др. Мезозойский океан в Арктике: палеонтологические свидетельства // Геология и геофизика. 2002. Т. 43, № 2. С. 155-181.

17. **Захаров Ю. Д., Смышляева О. П., Шигэта Я.** и др. Новые данные по изотопному составу юрских и раннемеловых цефалопод Евразии и их значение для палеоклиматических реконструкций // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2006. С. 63-65.

18. **Козлова Г. Э.** Распространение радиолярий в баженовской свите Западной Сибири // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 47-55.

19. **Коновалова Г. В.** Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1998. 354 с.

20. **Месежников М. С.** К биостратиграфии верхнеюрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири (баженовская свита и ее аналоги) // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 32-46.

21. **Предтеченская Е. А., Кроль Л. А., Гурари Ф. Г. и др.** О генезисе карбонатов в составе баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты // Литосфера. 2006. № 4. С. 131-148.

22. **Решение** 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (Новосибирск, 2003 г.). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. 114 с.

23. **Рябов В. Д.** Химия нефти и газа: учебное пособие. М.: ИД «Форум», 2009. 336 с.

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

25. **Ormiston A. R.** The association of radiolarians with hydrocarbon source rocks // Radiolaria of Giant and Subgiant Fields in Asia Micropaleontology. 1993. Spec. Publ. No. 6. P. 9-16.

26. **Sageman B. B.** The benthic boundary biofacies model: Harland Shale Member, Greenhorn Formation (Cenomanian), Western Interior, N.America // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 1989. Vol. 74. N 1/2. P.87-110.

27. **Viso A. C., Marty J. C.** Fatty acids from 28 marine microalgae // Phytochemistry. 1993. Vol. 34. No. 6. P. 1521-1533.

УДК 552.5

С. Б. Шишлов
Санкт-Петербургский гос. горный институт (технический университет)

ОРИКТОЦЕНОЗЫ ТЕРРИГЕННЫХ СЕРОЦВЕТНЫХ ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ (ТИПИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ)

Ориктоценозы – комплексы окаменевших остатков ископаемых организмов, сохранившиеся в породе [5], несут важную информацию для реконструкции условий осадконакопления, а степень их аллохтонности необходимо учитывать при биостратиграфических построениях. Рассмотрению закономерностей формирования захоронений органических остатков посвящена обширная литература, начиная с классических работ И. А. Ефремова [2].

В данной работе рассматриваются ориктоценозы, образование которых происходило в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза в условиях умеренного климата. Ее основой стали материалы, собранные автором при изучении разрезов верхнего палеозоя Таймырского, Тунгусского и Печорского бассейнов. Их анализ позволил разработать типизацию ориктоценозов, критериями которой являются таксономический состав, обилие, особенности распределения в породе и степень сохранности органических остатков.

По таксономическому составу выделены зоо- и фитоориктоценозы. Среди зооориктоценозов различаются захоронения морского и эвригалинного бентоса.

По особенностям распределения органических остатков в породе выделен ряд морфологических типов. Это приуроченые к межслойковым поверхностям, рассеянные в породе, гнездовые, линзовидные и градационные ориктоценозы. Каждый из этих типов отражает специфику гидродинамических условий и способ осадконакопления [7].

Ориентировка и сохранность фоссилий указывают на степень их перемещения перед захоронением, что позволяют различать автохтонные, параавтохтонные, субаллохтонные, аллохтонные и гипераллохтонные ориктоценозы. К автохтонным отнесены захоронения органических остатков в прижизненном положении. Для свободнолежащих замковых брахиопод – это положение раковины выпуклой створкой вниз. Большинство неприкрепленных двустворок ориентируют раковины вертикально таким образом, что их замочный край оказывается параллельным грунту. Исключение составляют двустворки с плоской раковиной (например, пектиниды), которые лежат на грунте, и некоторые зарывающиеся формы, ориентирующие вверх задний край раковины. В прижизненном положении сохраняются корневые (корнеподобные) системы растений и связанные с ними

фрагменты стволов, которые располагаются перпендикулярно поверхностям наслоения. Остатки стеблей и листьев в прижизненном положении не встречаются и почти всегда в большей или меньшей степени перемещены. Особым случаем существенно автохтонного (параавтохтонного) фитоориктоценоза являются пласты угля, которые интерпретируются как ископаемые торфяные горизонты гидроморфных палеопочв, образованные разложившимися в анаэробных условиях остатками растений.

В качестве основных критериев для определения степени аллохтонности тафоценоза использованы показатели сохранности и сортировки по размеру образующих его фоссилий. Эти параметры в значительной степени являются функцией дальности, длительности и динамических условий перемещения органических остатков. По размеру обломки фауны подразделены на детрит (более 0,1 мм) и шлам (менее 0,1 мм) [4]. Среди фрагментов растений различают крупные остатки (более 30 мм), крупный детрит (30-10 мм), мелкий детрит (10-5 мм), сечку (5-2 мм) и аттрит (менее 2 мм) [3]. При перемещении органические остатки, как и любые другие частицы, сортируются по размеру, форме и плотности [6]. Фрагменты растений, имеющие меньший удельный вес, перемещаются легче, чем скелетные остатки фауны, а последние имеют большую подвижность, чем близкие по размеру обломки силикатов.

Обилие органических остатков в автохтонных тафоценозах отражает соотношение биопродуктивности палеоландшафта и скорости осадконакопления [7]. Для существенно аллохтонных тафоценозов содержание фоссилий в значительной степени зависит от состава мобилизуемого материала и развития процессов вторичного (гидродинамического) обогащения осадка органическими остатками [1]. Важным фактором является устойчивость фрагментов к переносу, которая, например, у толстостенных морских раковин существенно выше, чем у тонкостенных пресноводных. Кроме того, обилие органических остатков определяется условиями фоссилизации, которые играют определяющую роль при захоронении растений.

Характер фоссилизации органических остатков отражает диагенетические и постдиагенетические процессы перераспределения вещества в породе. При этом изменение карбонатных остатков фауны в рассматриваемых разрезах обычно ограничивается более или менее глубокой перекристаллизацией. Среди ископаемых растений по характеру фоссилизации выделяют фитолеймы (углефицированные остатки), отпечатки (оттиск растительного фрагмента без следов органического вещества), ожелезненные или пиритизированные остатки, карбонатизированные или заполненные терригенным материалом отливы, на поверхностях которых могут сохраняться угольные корки [3]. Присутствие фитолейм указывает на анаэробные восстановительные условия захоронения, а отпечатки и отливы, не содержащие угольных корок – на аэробные окислительные условия, которые приводили к полному разрушению органического вещества растений, сле-

ды которых сохраняются только благодаря изменению текстуры вмещающей породы.

Выполненные исследования позволили установить 19 основных типов ориктоценозов терригенных эпиконтинентальных сероцветных формаций, которые объединены в три группы: зооориктоценозы морской фауны, зооориктоценозы эвригалинной фауны и фитоориктоценозы.

Зооориктоценозы морской фауны

Захоронения хорошо сохранившихся остатков на межслойковых поверхностях (автохтонные) – встречаются в алевролитах и тонкозернистых песчаниках. Раковины брахиопод, крупных двустворок, мшанки в положении, близком к прижизненному, и слабоперемещенные фрагментами криноидей неравномерно распределены на межслойковой поверхности, но не образуют отчетливых скоплений. По-видимому, такие захоронения формировались в условиях низкой гидродинамики и связаны с эпизодами прекращения седиментации, возобновление которой происходило без перемыва накопившихся ранее осадков.

Захоронения разрушенных остатков на межслойковых поверхностях (аллохтонные) связаны с песчаниками, в которых сильноперемещенный детрит и обращенные выпуклой стороной вверх умеренно перемещенные разрозненные створки крупных брахиопод и двустворчатых моллюсков образуют близкие к двумерным скопления. Их плотность варьирует от свободно лежащих фрагментов до «ракушняковых мостовых». Очевидно, формирование этих ориктоценозов было связано с эпизодами прекращения седиментации за счет повышения гидродинамики и перемыва осадков. В результате на поверхности дна происходили деструкция, перемещение и сортировка фоссилий в соответствии с их гидравлической крупностью.

Захоронения рассеянных в породе хорошо сохранившихся остатков (автохтонные) – свободно расположенные в породе (тонкозернистом песчанике, алевролите, аргиллите) неориентированные или находящиеся в близком к прижизненному положении, хорошо сохранившиеся раковины брахиопод, крупных двустворчатых моллюсков и гастропод, сочетающиеся с фрагментами мшанок и криноидей. Такие захоронения могли образовываться в условиях низкой гидродинамики при высокой скорости седиментации или представлены остатками форм, обитавших в грунте.

Захоронения рассеянных в породе разрушенных остатков (субаллохтонные) – образованы неориентированными обломками раковин двустворок, брахиопод, гастропод, мшанок и члениками криноидей в аргиллитах, алевролитах и песчаниках. Концентрация детрита может варьировать от низкой до высокой. По-видимому, эти ориктоценозы формировались при высокой скорости седиментации из фрагментов морской фауны, существенно перемещенных турбулентными потоками.

Гнездовые захоронения остатков хорошей сохранности (параавтохтонные) – скопления фоссилий в песчаных породах, имеющие изометричную форму и размер до нескольких дециметров в поперечнике. Хорошо сохранившиеся остатки криноидей, двустворок, брахиопод и мшанок обычно неориентированы, иногда встречаются в близком к прижизненному положении. Это позволяет предполагать существенно автохтонный характер захоронения при высоких скоростях седиментации в условиях умеренной динамики придонных вод.

Гнездовые захоронения разрушенных остатков (субаллохтонные) – локализуются в алевролитах и песчаниках. По морфологии, степени сортировки и составу фоссилий они близки предыдущему типу. Спецификой этих ориктоценозов является существенное разрушение остатков и их слабая ориентировка. Вероятно, при высокой скорости седиментации органические остатки незначительно перемещались, дробились и концентрировались высокодинамичными потоками.

Линзовидные захоронения остатков хорошей сохранности (параавтохтонные) представляют собой небольшие по мощности (до 1-2 см) и протяженности (до метра) линзы алевропелитов, заключенные в песчаник. В них рассеяны органические остатки в близком к прижизненному положении. Это тонкостенные раковины брахиопод, двустворок и гастропод хорошей сохранности. Реже присутствуют фрагменты криноидей и остатки морских звезд. Вероятно, захоронения такого типа формировались в понижениях между перемещающимися песчаными грядами, где в условиях низкой гидродинамики с умеренной скоростью накапливался тонкий осадок, который обогащался остатками фауны, снесенными волнениями с участков песчаного дна, и заселялся бентосом, предпочитающим илистый субстрат.

Линзовидные захоронения разрушенных остатков (аллохтонные) локализуются в песчаниках. Мощность линз варьирует от нескольких сантиметров до нескольких дециметров, а протяженность – от 10 см до 1 м. Размеры песчаных зерен вне и внутри линзы практически одинаковы, и она выделяется только благодаря значительно большей (до 30-40 %) концентрации детрита. Органические остатки представлены фрагментами раковин толстостенных брахиопод, гастропод и двустворчатых моллюсков, члениками криноидей и обломками мшанок. Обычно они сильно разрушены, расположены хаотично и плохо отсортированы по размеру. Крупные фрагменты окатаны. Эти признаки позволяют реконструировать среднюю до высокой динамику среды и умеренную скорость седиментации за счет многократного перемыва, перемещения и переотложения материала.

Градационно построенные захоронения разрушенных остатков (аллохтонные) представляют собой скопления детрита и сильно разрушенных раковин, которые в основании ориктоценоза сильно «сгружены» и образуют каркас, заполненный либо песчаным, либо песчано-глинистым матрик-

сом. Кверху количество детрита постепенно падает, и неориентированные остатки оказываются рассеянными в песчанике или глинистом алевролите. Размер обломков градационно уменьшается снизу вверх. Такие захоронения могли возникать при осаждении плотностных потоков (турбидиты), в результате штормов (темпеститы) или являются следствием перемыва отложений придонными течениями (перлювий).

На рис. 1 ориктоценозы морской фауны упорядочены по результатам интерпретации динамики среды и скорости седиментации. Здесь же показаны наиболее вероятные переходы автохтонных захоронений в аллохтонные за счет последовательного переотложения органических остатков.

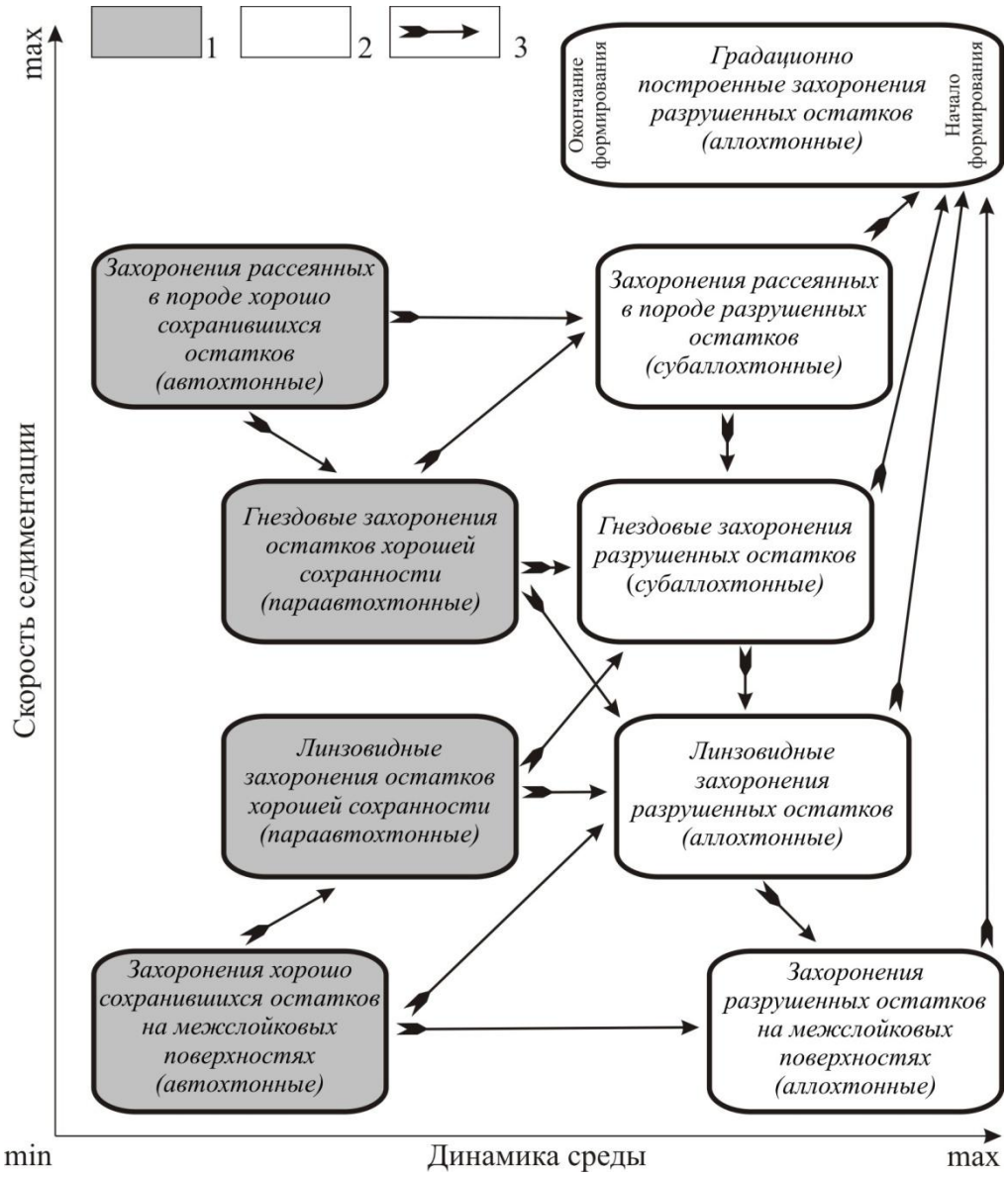


Рис. 1. Ориктоценозы морской фауны в системе «динамика среды – скорость седиментации»:

1 – автохтонные ориктоценозы; *2* – аллохтонные ориктоценозы; *3* – наиболее вероятные переходы между типами ориктоценозов

Зооориктоценозы эвригалинной фауны

Захоронения остатков мелких тонкостенных неморских двустворчатых моллюсков и эвригалинных лингул отличаются невысоким содержанием фоссилий, встречаются в разрезах довольно редко и практически всегда в аргиллитах или глинистых алевролитах. Среди них удается выделить только три типа ориктоценозов. Это:

- *захоронения хорошо сохранившихся остатков на межслойковых поверхностях (автохтонные)*;

- *захоронения рассеянных в породе хорошо сохранившихся остатков (автохтонные)*;

- *захоронения рассеянных в породе разрушенных остатков (субаллохтонные)*.

Их морфология и степень сохранности фоссилий практически не отличаются от описанных выше одноименных ориктоценозов морской фауны. Редкость захоронений эвригалинной фауны, вероятно, связана с низкой продуктивностью биоценозов опресненных лагун и их меньшей площадью по сравнению с ландшафтами открытого шельфа. Кроме того, тонкостенные раковины эвригалинных форм, очевидно, быстро разрушались при перемещении, образуя мельчайшие обломки, которые легко растворялись в воде с пониженными показателями pH. Очевидно, с этим связано отсутствие захоронений эвригалинной фауны в песчаниках, которые хорошо проницаемы для растворов.

Фитоориктоценозы

Захоронения корневых систем и стволов в прижизненном положении (автохтонные) встречаются в аргиллитах, алевролитах и песчаниках. Фоссилии располагаются перпендикулярно поверхностям наслоения. Остатки небольших корней представлены фитолеймами. Крупные корни и связанные с ними фрагменты стволов диаметром до 50 см обычно являются сидеритовыми фитоморфозами, на поверхности которых сохраняются тонкие угольные корки. В продольном сечении стволов часто сохраняются годичные кольца. Подобные захоронения являются диагностическим признаком процессов формирования гидроморфных почв. В их насыщенном водой профиле доминировали восстановительные условия, благоприятные для углефикации растительных тканей или садки сидерита. Сохранение стволов in situ указывает на смену процесса почвообразования быстрым накоплением осадков, которое происходило в малоподвижной среде, не способной «повалить» древовидные формы. Особой разновидностью захоронений этого типа являются плоские отпечатки небольших корневых систем. Они, по-видимому, формировались в результате захоронения субаэральных почв. Верхняя часть их профиля находилась выше уровня грунтовых вод и

имела окислительную реакцию, что приводило к полному разрушению растительной органики.

Захоронения хорошо сохранившихся листьев, стеблей и семян на межслойковых поверхностях (субаллохтонные) присутствуют в аргиллитах, глинистых алевролитах и их тонких чередованиях. Здесь доминируют крупные фитолеймы кордаитов, членистостебельных и папоротников. Их обилие сильно варьирует от свободно лежащих единичных фрагментов до скоплений, буквально «переполняющих» породу (текстура листопада). Эти ориктоценозы можно рассматривать в качестве индикаторов восстановительных условий, низкой динамики среды и прерывистого режима осадконакопления, при котором эпизоды прекращения седиментации сменялись быстрым накоплением осадка, что обеспечивало хорошую сохранность осевших на дно слабоперемещенных остатков растений. Захоронения с текстурой листопада, очевидно, являются верхним органогенным горизонтом (A_0) гидроморфных почв. Крайне редко, но встречаются ориктоценозы, представленные исключительно отпечатками, которые можно считать следствием окислительных условий фоссилизации.

Захоронения плохо сохранившихся листьев, стеблей и семян на межслойковых поверхностях (аллохтонные) встречаются в глинистых алевролитах, алевролитах, тонкозернистых песчаниках и их тонких чередованиях. От предыдущего типа ориктоценозов они отличаются плохой сохранностью крупных фрагментов растений, которые деформированы, смяты или оборваны и залегают совместно с растительным детритом и сечкой. Это указывает на более длительную и дальнюю транспортировку остатков.

Захоронения ориентированных по наслоению фрагментов стволов (аллохтонные) приурочены к песчаникам, гравелитам, конгломератам и представлены крупными (диаметром до 50 см и длиной до 2-3 м) песчаными, часто уплощенными, отливами стволов, поверхность которых нередко инкрустирована угольными корками толщиной в 1-5 мм. Петрографический состав отливов обычно не отличается от состава вмещающих песчаников или аналогичен матриксу вмещающих гравелитов и конгломератов. Реже присутствуют фрагменты стволов, минерализованные сидеритом, на продольных сечениях которых можно наблюдать кольца роста. Эти ориктоценозы формировались в результате быстрого захоронения существенно перемещенных высокодинамичными водными потоками крупных растительных фрагментов.

Захоронения аттрита, сечки и мелкого детрита на межслойковых поверхностях (гипераллохтонные) наиболее характерны для песчаников, но могут встречаться и в алевролитах. Мелкие фитолеймы здесь сочетаются с намывами глинистого материала и скоплениями чешуек слюды. Эти захоронения, очевидно, возникали из разрушенных динамичными водными потоками сильноперемещенных растительных фрагментов, которые оседали на дно из взвеси при снижении гидродинамики, скапливались в

понижениях между песчаными грядами или намывались на поверхность пляжа слабыми волнениями и быстро перекрывались новыми порциями терригенного материала.

Захоронения рассеянных в породе плохо сохранившихся остатков листьев, стеблей и семян (аллохтонные) представлены либо фитолеймами, либо (реже) отпечатками, которые неориентированы и беспорядочно располагаются в аргиллитах, алевролитах или тонкозернистых песчаниках. Ориктоценоз представляет собой совокупность несортированных крупных деформированных остатков кордаитов, папоротников и семян, сочетающихся с растительным детритом и сечкой. Характерно присутствие покрытых угольной корочкой сильно уплощенных отливов внутренних полостей членистостебельных. Такие захоронения, вероятно, формировались из более или менее перемещенных растительных остатков, которые вместе с неорганическим материалом быстро накапливались в условиях низкой гидродинамики и восстановительной среды. Разновидность ориктоценозов, представленную отпечатками, можно считать следствием окислительных условий, возникших в уже накопившемся осадке.

Захоронения рассеянных в породе сечки, аттрита и бесструктурной органики (гипераллохтонные) характерны для углистых аргиллитов и алевролитов. Тонкодисперсные неориентированные углефицированные фрагменты равномерно распределены в породе и могут являться не только остатками наземных, но и водных растений, в том числе водорослей. Такие ориктоценозы, очевидно, возникали при быстром и более или менее равномерном совместном оседании из взвеси сильноперемещенных органических и глинисто-алевритовых частиц в условиях восстановительной реакции и низкой гидродинамики придонных вод. При этом соотношение во взвеси количества органических и неорганических частиц определяет степень углистости породы.

Схема взаимоотношений установленных фитоориктоценозов, построенная на основе интерпретации соотношения показателей динамики среды и скорости седиментации, представлена на рис. 2. При ее сравнении с гомологичной системой захоронений морской фауны (см. рис. 1) можно заключить, что в связи с высокой подвижностью растительных остатков и меньшей их устойчивостью к транспортировке, большинство аллохтонных фитоориктоценозов представляет собой комплекс отсортированных в водных потоках впервые захороненных (не переотложенных) фрагментов. При перемыве таких захоронений растительные фрагменты практически полностью разрушались, а образовавшиеся при этом тонкодисперсная органика и аттрит вместе с еще не испытавшими захоронения мелкими обрывками формировали гипераллохтонные захоронения.

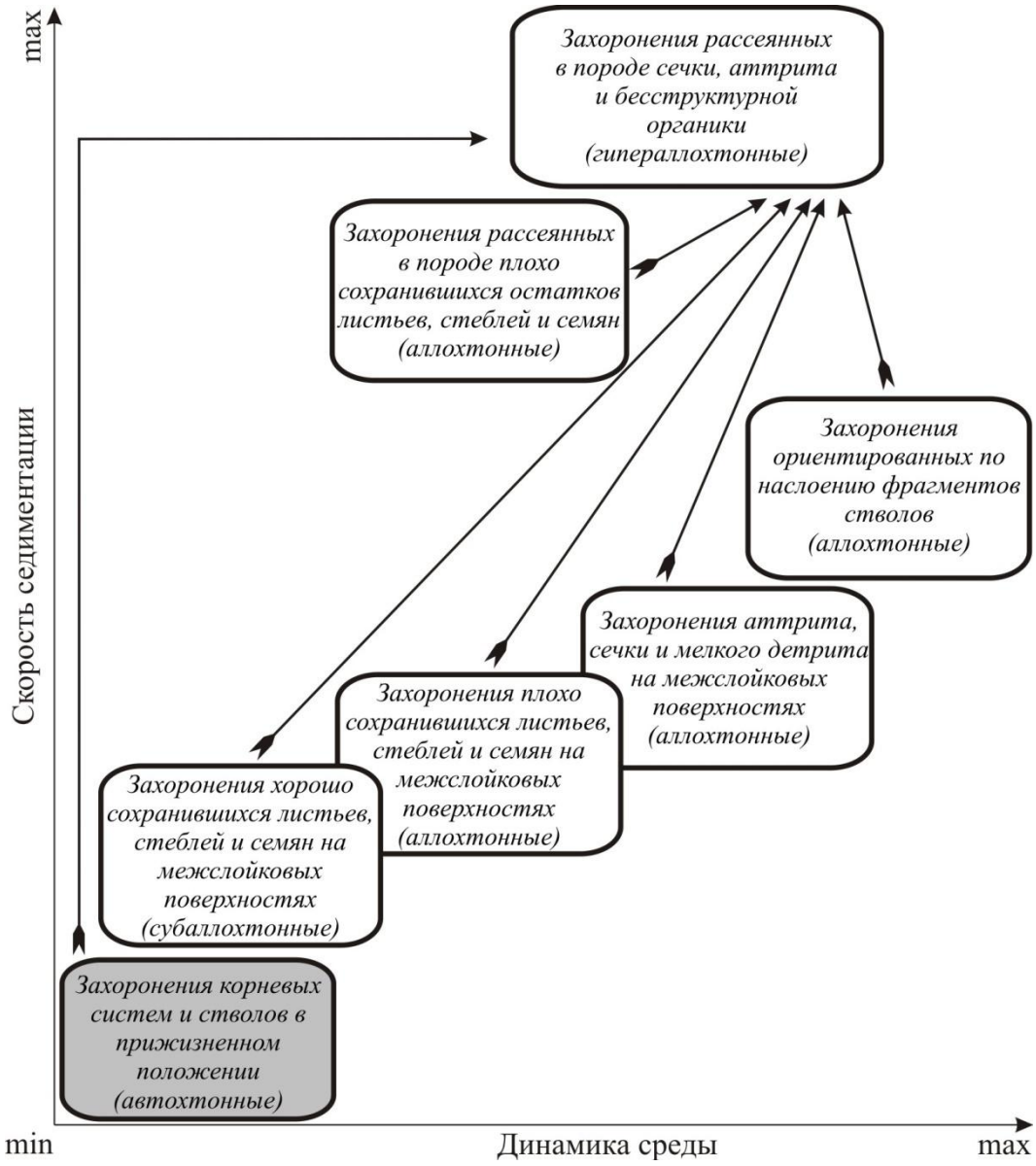


Рис. 2. Ориктоценозы континентальной флоры в системе «динамика среды – скорость седиментации».

Условные обозначения см. на рис. 1

Представленная выше типизация ориктоценозов терригенных серо-цветных эпиконтинентальных формаций может способствовать унификации описаний обнажений и керна скважин.

Библиографический список

1. **Верзилин Н. Н.** О роли «случайных» событий в образовании местонахождений остатков организмов // Теория и опыт тафономии: материалы научного семинара по вопросам тафономии и палеоэкологии, Саратов, май 1986 г. Саратов, 1990. С. 22-31.

2. **Ефремов И. А.** Тафономия – новая отрасль палеонтологии // Известия АН СССР, серия биологическая. 1940. 3. С. 405-413.

3. **Ошуркова М. В.** Детальное расчленение угленосных отложений по палеонтологическим данным: методические рекомендации. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1981. 40 с.

4. **Справочник по литологии** / ред. Н. Б. Вассоевич. М.: Недра, 1983. 510 с.

5. **Янин Б. Т.** Терминологический словарь по палеонтологии (палеоихнология, палеоэкология, тафономия). М.: Изд-во МГУ, 1990. 136 с.

6. **Broadhead T. W., Driese S. G., Harvey J. L.** Gravitational settling of conodont elements: implication for paleoecologic interpretations of conodont assemblages // Geology, 18(9), 1990. P.850-853.

7. **Kidwell S. M.** Palaeobiological and sedimentological implications of fossil concentrations // Nature, 6045. 1985. P. 457-460.

УДК 553:551.862(571.16)

О. С. Чернова[1], Е. Н. Жилина[2]

[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет
[2]Томский государственный университет

ТИПИЗАЦИЯ РАЗРЕЗОВ ПОДУГОЛЬНОЙ ТОЛЩИ КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКОГО ВОЗРАСТА ЛУГИНЕЦКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНО-НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Томская область)

Лугинецкое газоконденсатно-нефтяное месторождение, приуроченное к одноименной локальной структуре третьего порядка, осложняющей, в свою очередь, северо-западную часть Пудинского мегавала, является одним из наиболее сложнопостроенных на территории Парабельского района Томской области. В соответствии с нефтегазогеологическим районированием оно находится в пределах Пудинского нефтегазоносного района, входящего в состав Васюганской нефтегазоносной области.

Пласты-коллекторы Лугинецкого месторождения имеют сложное геологическое строение, заключающееся в частом и неравномерном переслаивании проницаемых пропластков различных толщин с непроницаемыми разностями. На продуктивной площади имеется большое количество зон отсутствия коллектора, прослеживается значительная изменчивость

фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) как по площади распространения, так и по разрезу.

Нефтегазоконденсатные залежи Лугинецкого месторождения, имеющие промышленное значение, приурочены к шести продуктивным пластам: четырем – верхнеюрского (пласты $Ю_1^0$, $Ю_1^1$, $Ю_1^2$, $Ю_1^3$) и двум (пласты $Ю_1^4$, и $Ю_2$) среднеюрского возраста. Все залежи имеют чрезвычайно сложную конфигурацию водонефтяного и газонефтяного контактов [3].

На протяжении многолетней истории изучения литолого-петрографических характеристик и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов анализ характера распределения петрофизических параметров по керну разведочных скважин месторождения проводился для всего горизонта Ю-I без деления последнего на отдельные пласты и без учета генетических особенностей различных частей разреза. В настоящий момент каждый из пластов горизонта Ю-I рассматривается в качестве самостоятельного природного пластово-сводового резервуара.

Предметом исследования являлись наиболее выдержанные по площади и разрезу пласты $Ю_1^4$ и $Ю_1^3$, вмещающие около 70 % суммарных запасов углеводородов месторождения и представляющие наибольший интерес с точки зрения разработки. В задачи исследования входило изучение вещественного состава, генетических признаков пород, анализ общих толщин (в стратиграфическом понимании) и эффективных толщин, ФЕС продуктивных пластов, типизация разрезов и построение литолого-фациальных карт (рис. 1, 2).

Пласт $Ю_1^4$ вскрыт всеми пробуренными скважинами на глубинах 2298…2413 м (см. рис. 2). В восточной части Лугинецкой структуры пласт либо отсутствует, либо представлен непроницаемыми разностями (скв. 540, 642, 562, 615, 714,715, 697, 698, 811, 1157, 1158, 1206, 1121). Локальные зоны отсутствия пласта отмечаются на западе (скв. 517, 550, 602, 802, 1127) и юго-востоке (скв. 827, 850, 901, 1200, 1224) структуры. Покрышкой для пласта служит перемычка, сложенная аргиллитами и алевролитами толщиной от 0,8 (скв. 170) до 16,8 м (скв. 567). Пласт $Ю_1^4$ представлен преимущественно мелкозернистыми песчаниками с небольшими прослоями крупнозернистых алевролитов. Общая его толщина составляет от 2,2 (скв. 715) до 22 м (скв. 1214).

В результате электрометрического анализа геолого-геофизических данных в пределах Лугинецкой структуры выявлено крупное песчаное тело, вытянутое с северо-востока на юго-запад, с пологими крыльями, обращенными на северо-запад и юго-восток (см. рис. 1). Анализ изменения литолого-физических характеристик пласта, структурно-текстурных особенностей, а также биофациальных комплексов, выявленных в керне скважин, позволяют сделать вывод о формировании этих отложений в прибрежной части мелководного морского бассейна в гидродинамически спокойных условиях подводной отмели [1, 2].

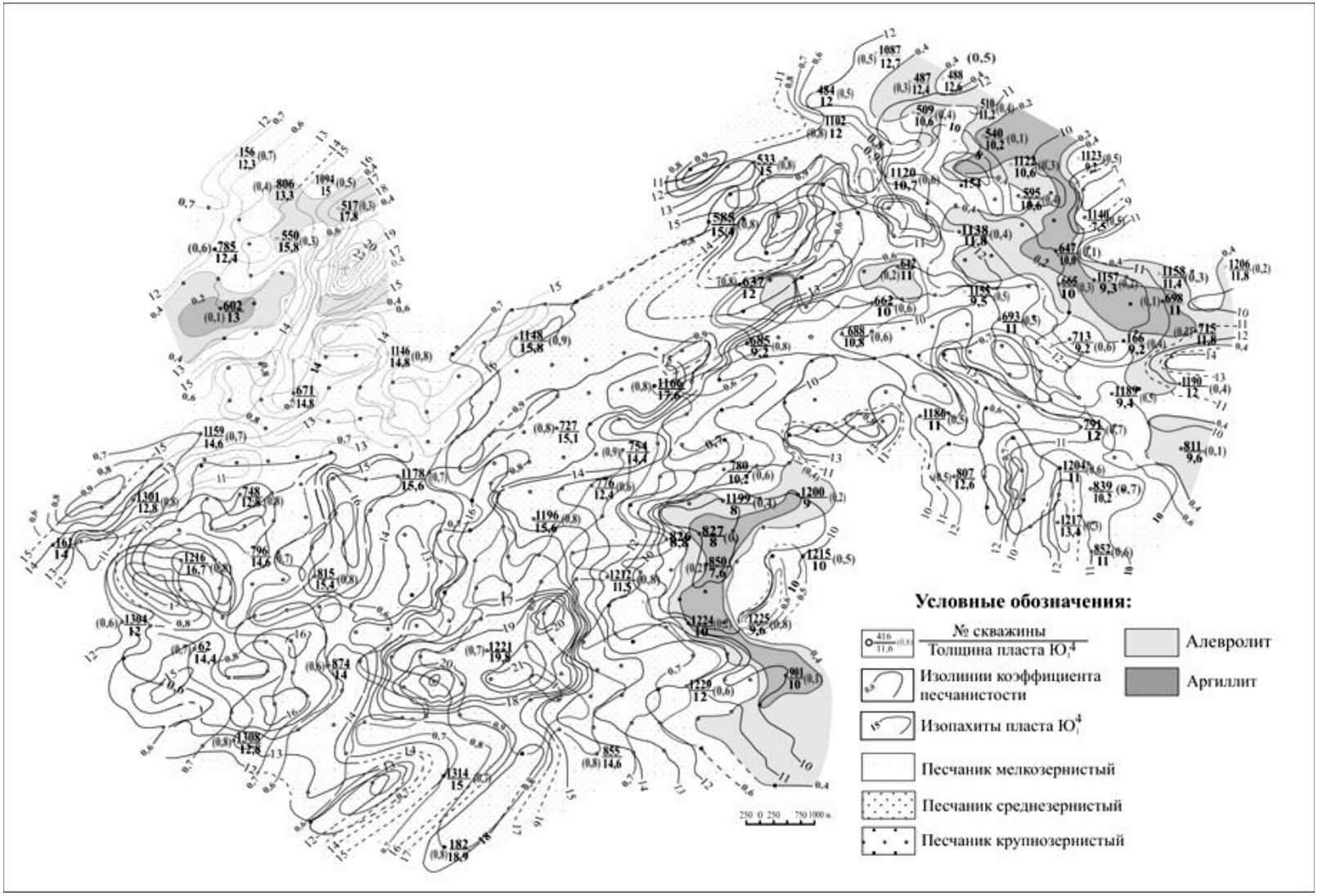


Рис. 1. Карта изменения литологического состава пласта $Ю_1^4$

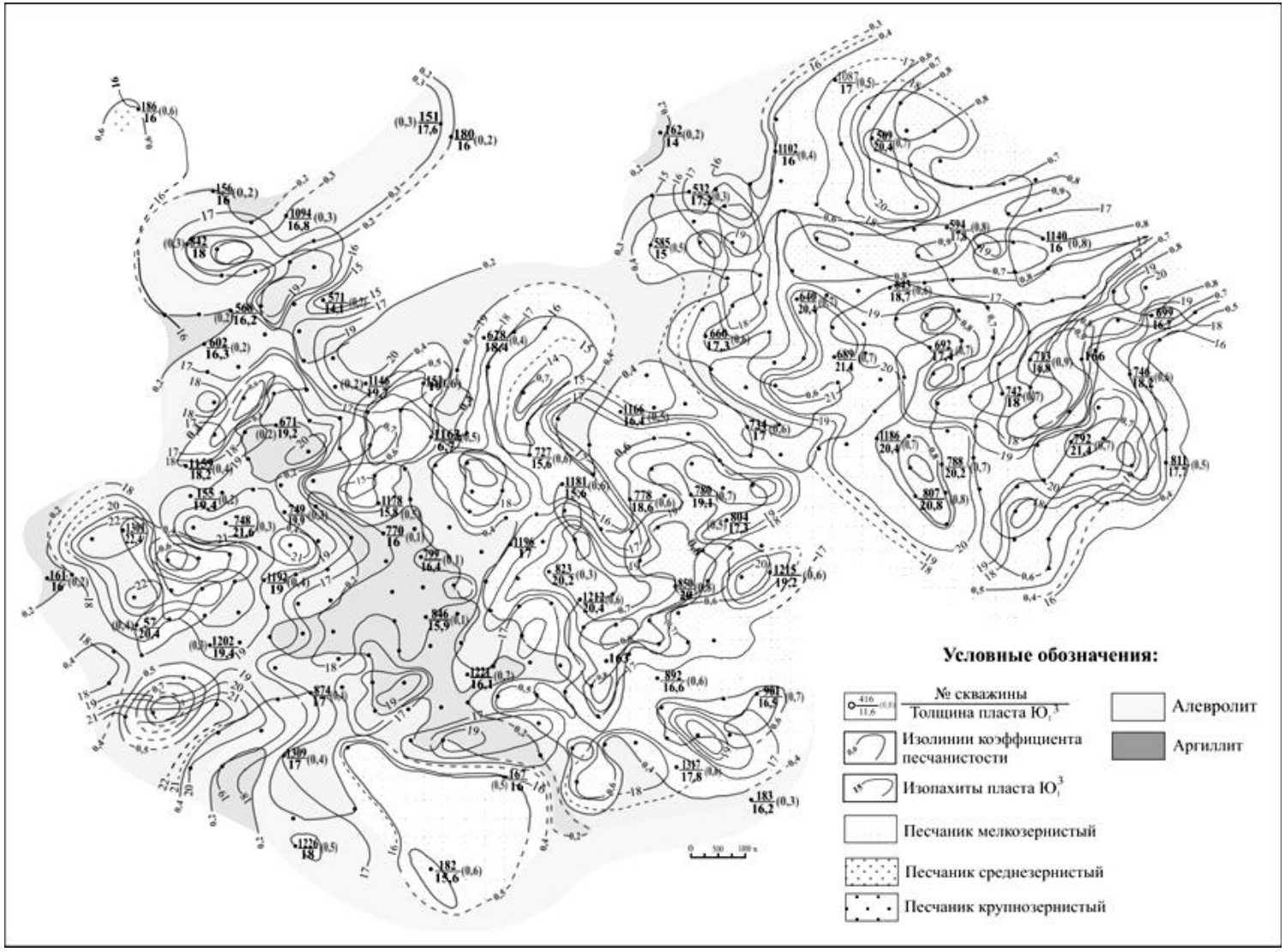


Рис. 2. Карта изменения литологического состава пласта $Ю_1^3$

ФЕС пласта $Ю_1^4$ изменяются в широких пределах: пористость от 10…23,1 %, проницаемость – 0,001…0,253 мкм^2. Среднее значение пористости колеблется от 17,2 (для нефтенасыщенной части) до 17,9 % (для водонефтяной части) пласта. Средняя проницаемость изменяется в диапазоне 0,025…0,085 мкм^2. Среднее значение нефте- и газонасыщенных толщин по пласту равно 5,8…7,1 м. Коэффициент нефтенасыщенности в водонефтяной части пласта минимальный – 0,62. Максимальное его значение (0,694) отмечено в газонефтяной части пласта.

Пласт $Ю_1^4$ в пределах восточной и западной частей структуры несколько различен по строению. На востоке для него отмечаются пониженные значения эффективных, а также газо- и нефтенасыщенных толщин по сравнению с их увеличенными значениями в западном направлении. Эффективная толщина пласта колеблется в диапазоне от 0,8 до 21,2 м. Пласт неоднородный, количество песчаных прослоев, выделяемых в разрезе, составляет 1–9 при интервале изменения значений 0,4…6,8 м.

Увеличение общей толщины пласта в центральной части песчаной постройки обусловлено утонением глинистой перемычки, отделяющей пласт $Ю_1^4$ от пласта $Ю_1^3$, а также уменьшением толщины нижележащих аргиллитов, вплоть до их полного отсутствия. Коэффициент расчлененности по пласту $Ю_1^4$ составляет 3,3, что несколько выше, чем в восточной части, где он равен 2,7. Центральный участок пласта $Ю_1^4$ практически однороден по составу и характеризуется для большинства скважин песчанистостью выше 0,7. Склоновые части отмели (северо-запад и юго-восток структуры) представлены одним, реже – двумя и более продуктивными пропластками, залегающими между непроницаемыми аргиллитовыми разностями.

В целом для залежи пласта $Ю_1^4$ отмечены повышенные значения пористости (>17 %) в скважинах северной (район скв. 538), центральной (район скв. 1138) и южной (район скважин 738 и 761) зон. По проницаемости выделяются три участка с хорошими фильтрационными свойствами и коэффициентом проницаемости $К_{пр}$>0,015 мкм^2: на юге, в центральной части (район скв. 1138) и на северо-западе (в районе скв. 538) структуры, на фоне которых выделяется небольшая зона, простирающаяся с запада на восток с низкими фильтрационными свойствами ($К_{пр}$=0,002…0,005 мкм^2) в районе скважин 665–699. Также низкими ФЕС ($К_{пр}$<0,005 мкм^2) обладают небольшие участки в районе скважин 653, 728, 868.

Пласт $Ю_1^3$ имеет повсеместное распространение в пределах Луганецкой структуры и вскрыт на глубинах 2278,8…2386,4 м. В разрезе большинства скважин пласт состоит из двух пачек, разделенных между собой маломощными прослоями алевролитов и аргиллитов. Общая его толщина достаточно выдержана по площади и составляет 18…26 м.

По гранулометрическому составу коллекторы пласта $Ю_1^3$ представлены мелкозернистыми песчаниками или крупнозернистыми алевролита-

ми, с прослоями песчаников среднезернистых до крупнозернистых. Размер зерен меняется в очень широких пределах – от 0,09…0,33 мм. Однако основная масса значений лежит в области 0,09…0,16 мм. В большинстве скважин, вскрывших пласт, наблюдается тенденция улучшения сортировки материала (коэффициент сортировки S_0=2,4…1,6) вверх по разрезу. Характер изменения гранулометрического состава и сортировки материала указывают на частую смену гидродинамических условий осадконакопления.

Литологическая изменчивость различных частей пласта $Ю_1^3$, обусловленная наличием многочисленных пропластков, толщина которых колеблется в большом диапазоне (0,3…9,6 м), является причиной сложного характера анизотропии свойств пласта. Количество пропластков, выделяемое в разрезе скважин, изменяется в пределах 1…8. Среднее значение коэффициента расчлененности по пласту составляет 3,3, для продуктивной части – 3,1. Среднее значение коэффициента песчанистости по пласту составляет 0,64, для продуктивной части – 0,76. Среднее значение пористости варьирует от 16,4 (для газонефтяной части пласта) до 17,5 % (для водонефтяной).

По пласту $Ю_1^3$ наблюдается определенная закономерность и в распределении эффективных толщин, выраженная в их уменьшении с востока на запад от 5 до 14,2 м (район скв. 701, 1191, 726) за счет глинизации в кровле либо в подошве коллектора. На общем фоне эффективных толщин 10…15 м выделяются отдельные локальные участки, как с толщиной меньше 10 м (скв. 559 – 6,8 м, скв. 595 – 3,0 м, скв. 485 – 7,2 м), так и больше 10 м (скв. 662 – 16,8 м, скв. 615 – 16 м, скв. 590 – 18 м) (см. рис.2).

Условия формирования отложений пласта $Ю_1^3$ отразились в характере изменения его коллекторских свойств, как по площади, так и по разрезу. ФЕС в верхней и нижней частях пласта значительно отличаются друг от друга, особенно четко это отличие проявляется для песчаных разностей. По разрезу в целом для пласта наблюдается улучшение коллекторских свойств снизу вверх от 13 до 21 % для пористости и от 0,005…0,070 мкм^2 для проницаемости. Участки с пониженной пористостью (<16 %) наблюдаются в северо-западной части структуры (район скв. 567, 568, 602, 170).

Согласно данным лабораторных исследований керна, геофизическим и гидродинамическим исследованиям скважин улучшенными ФЕС характеризуется восточная часть площади распространения пласта $Ю_1^3$. Здесь преобладают значения коэффициента проницаемости 0,010…0,033 мкм^2. Коллектора с проницаемостью (<0,010 мкм^2) выделены в районе скв. 645, 648, 1157, 744, 793.

Отложения пласта $Ю_1^3$, развитые в западной и центральной частях Лугинецкой структуры, характеризуются более низкими фильтрационными параметрами от 0,004…0,020 мкм^2. На их фоне локальными пятнами выделяются участки с более высокими значениями проницаемости.

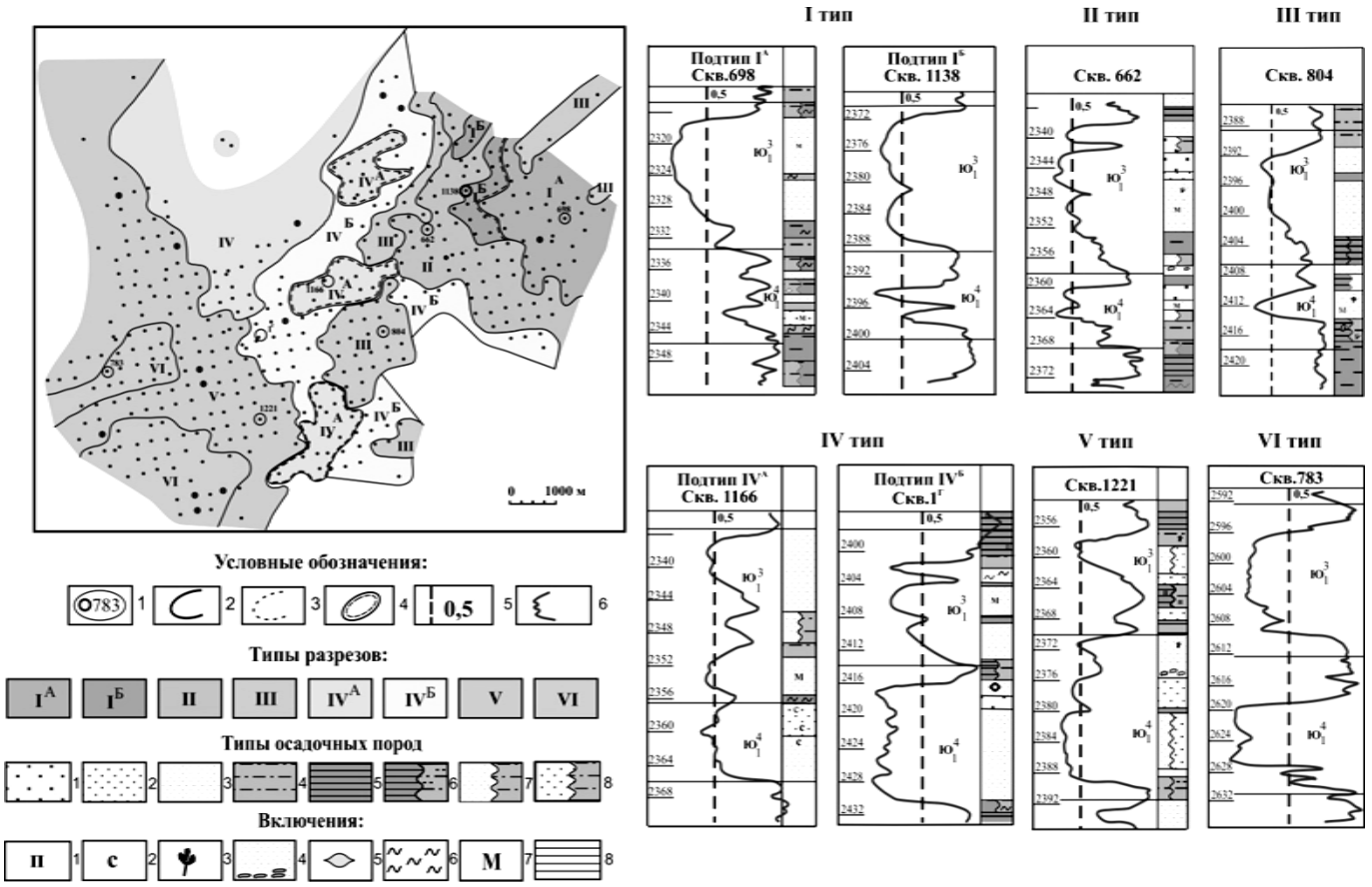


Рис. 3. Типы разрезов пластов $Ю_1^4$ и $Ю_1^3$. Условные обозначения: 1) местоположение скважины с типовым разрезом; 2) границы между зонами с разным типом разреза; 3) предполагаемые границы зон; 4) границы зон с подтипами разреза; 5) линия песков; 6) кривая самопроизвольной поляризации (СП). 1 – 8 типовые разрезы пластов $Ю_1^4$ и $Ю_1^3$.

Типы осадочных пород: 1) песчаник крупнозернистый; 2) песчаник среднезернистый; 3) песчаник мелкозернистый; 4) алевролит; 5) аргиллит; 6) переслаивание аргиллита и алевролита; 7) переслаивание песчаника мелкозернистого и алевролита; 8) переслаивание песчаника среднезернистого и алевролита. Включения: 1) пирит; 2) сидерит; 3) остатки флоры; 4) гальки сидерита; 5) конкреции; 6) прерывистые намывы обугленного растительного детрита; 7) массивная текстура; 8) горизонтальная слоистость

Типы разрезов

Проведенный анализ литологических, электрометрических и фильтрационно-емкостных характеристик пластов $Ю_1^3$ и $Ю_1^4$ позволил выделить шесть типов разрезов подугольной толщи Лугинецкого месторождения, закономерно чередующихся по площади (рис. 3).

Первый тип разреза наблюдается преимущественно в восточной части Лугинецкой структуры. Выделен по преобладающему развитию пласта $Ю_1^3$, толщина которого достигает 15…26 м. Пласт $Ю_1^4$ в данном типе имеет сокращенные толщины, не превышающие в большинстве пробуренных скважин 7…10 м. В средней его части отмечена незначительная глинизация песчаников и появление нескольких пропластков алевролитов толщиной до 1 м. Данный тип разреза формировался в условиях продвигающегося фронта дельты.

Второй и ***третий типы*** разреза закономерно сменяют первый тип и находятся с ним в ассоциации, но отличаются повышенной песчанистостью пласта $Ю_1^4$.

Четвертый тип разреза встречается на большей части структуры. Для него характерно утонение глинистой перемычки между пластами $Ю_1^3$ и $Ю_1^4$ и резкое увеличение общих толщин (до 26 м) в отдельных скважинах.

Пятый тип разреза прослеживается далее на северо-запад от Лугинецкой структуры. Для него характерно значительное увеличение толщин обоих пластов ($Ю_1^3$ до 15…20 м, $Ю_1^4$ до 20…24 м), вызванное опесчаниванием всей толщи и исчезновением глинисто-алевритовой перемычки между ними.

Шестой тип разреза встречается только в южной части структуры и характеризуется наличием двух четко обособленных пластов $Ю_1^3$ и $Ю_1^4$, разделенных значительной по толщине глинистой перемычкой.

Выводы

1. Фильтрационно-емкостные свойства продуктивных пластов $Ю_1^4$ и $Ю_1^3$ Лугинецкого месторождения Томской области характеризуются значительной латеральной и вертикальной анизотропией, обусловленной часто меняющимися гидродинамическими условиями в момент накопления осадков. Для пластов характерно улучшение пористости и проницаемости вверх по разрезу. Коллекторские свойства пласта $Ю_1^3$ характеризуются резкой изменчивостью не только по площади, но и по разрезу, отражая характер формирования осадков в период регрессии. Пласт $Ю_1^3$ в скважинах восточной части структуры обладает повышенными значениями пористости (17…20 %) и проницаемости (0,050…0,090 мкм^2).

2. На основании изучения 568 геофизических разрезов скважин и 24 разрезов с керновым материалом установлены площадные закономерности изменения емкостных и фильтрационных характеристик пластов $Ю_1^4$ и $Ю_1^3$ Лугинецкого месторождения. Установлено, что причиной сложного характера вариабельности эффективных толщин, значений пористости, проницаемости и нефтенасыщенности пород-коллекторов является значительная литологическая изменчивость различных частей пласта, обусловленная особенностями седиментогенеза. Типизация разрезов по электрометрическим характеристикам позволила выявить палеоморфологию песчаных резервуаров и подтвердить генезис пластов.

3. Обстановка образования пласта $Ю_1^4$ и нижней части пласта $Ю_1^3$ в пределах Лугинецкой структуры интерпретируются как отмелевое мелководье прибрежной части морского бассейна. Центральная и верхняя части пласта $Ю_1^3$ формировались в условиях фронтальной части авандельты.

Библиографический список

1. **Атлас** моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. М.: Недра, 1990. Т. 1. 286 с.; Т. 2. 359 с.

2. **Решения** VI Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, г. Новосибирск, 2003. Новосибирск, 2004. 114 с.

3. **Чернова О. С.** Палеофаунистические остатки – индикаторы обстановки седиментации при литолого-фациальном анализе нефтегазоносных объектов // Известия Томского политехнического университета. 2002. Т. 305, № 6. С. 329–337.

УДК 552.5 : 553.98 (571.1)

А. И. Сухарев
ООО «КогалымНИПИнефть»

ПОСТРИФТОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БОЛЬШЕХЕТСКОЙ СИНЕКЛИЗЕ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Большехетская синеклиза как одна из надпорядковых структур Западно-Сибирской плиты [3], образование которых связывается с постриftогенными этапами развития региона, относится к интракратонным бас-

сейнам [7]. Это позволяет говорить о наличии в осадочном чехле дизъюнктивных деформаций, заложение которых происходило при активизации в зоне глубинных разломов, трассирующих Колтогорско-Уренгойский грабен-рифт и его апофизы.

В процессе исследования терригенно-осадочных пород юрского и мелового комплексов осадочного чехла Западно-Сибирской плиты выделяются как прямые признаки тектоно-магматической и связанной с нею гидротермальной активизации, так и косвенные. На их неоднократное проявление указывают результаты систематизации абсолютного возраста вулканитов туринской серии [14]. Исследования керна скважины СГ6, пробуренной в Уренгойской зоне Колтогорско-Уренгойского рифта, позволили утвердительно говорить о позднеальпийском этапе тектоно-гидротермальной активизации: Rb-Sr изохронным датированием был установлен возраст метасоматитов, развивавшемся по триасовым вулканитам, составившим 90-91 млн лет [5]. К косвенным признакам можно отнести наличие горизонтов со специфическим комплексом пород, включающим прослои хемогенных кремнистых пород и известняков; отложения, обогащенные железом, фосфором и другими химическими элементами. Систематизация данных об абсолютном возрасте вулканитов туринской серии позволила установить, что времени формирования горизонтов с комплексом пород специфического состава предшествуют пики тектоно-магматической активизации [14]. Такими горизонтами являются горелая и тюменская (J_2), баженовская (J_3-K_1), кошайская (K_1) и уватская (K_2) свиты. В границах Тазовского фациального района Большехетской синеклизы выделяется нижнечасельская свита (K_2).

Исследования ряда горизонтов нижней и средней юры выявили определенную зависимость степени катагенетической преобразованности органического вещества (ОВ) с тектоническим строением нижнеплитного комплекса Западной Сибири [6]. Наиболее четко прослеживается связь тектоники со степенью катагенетической преобразованности ОВ в отложениях зимнего (рис. 1, *а*) и шараповского (рис. 1, *б*) горизонтов.

Распространение и морфология катагенетических аномалий по данным горизонтам определенно указывает на влияние флюидодинамических процессов в зоне развития Колтогорско-Уренгойского рифта. Движение тепловых потоков по зонам дизъюнктивных деформаций определило линейный характер и высокий тренд уровня аномалий. В зонах пересечения глубинных разломов, где фиксируютсянаиболее проницаемые зоны, в процессе воздействия термальных растворов на горнопородный массив формируются структуры типа ПКД (погруженные кольцевые депрессии) [9]. Наиболее ярким примером является Ямбургская структура. Есть основание утверждать, что активный массоперенос вещества, связанный с метасоматозом в процессе дренирования термальных растворов через горнопородный массив, приводит к формированию структур типа ИКС (инверсионные

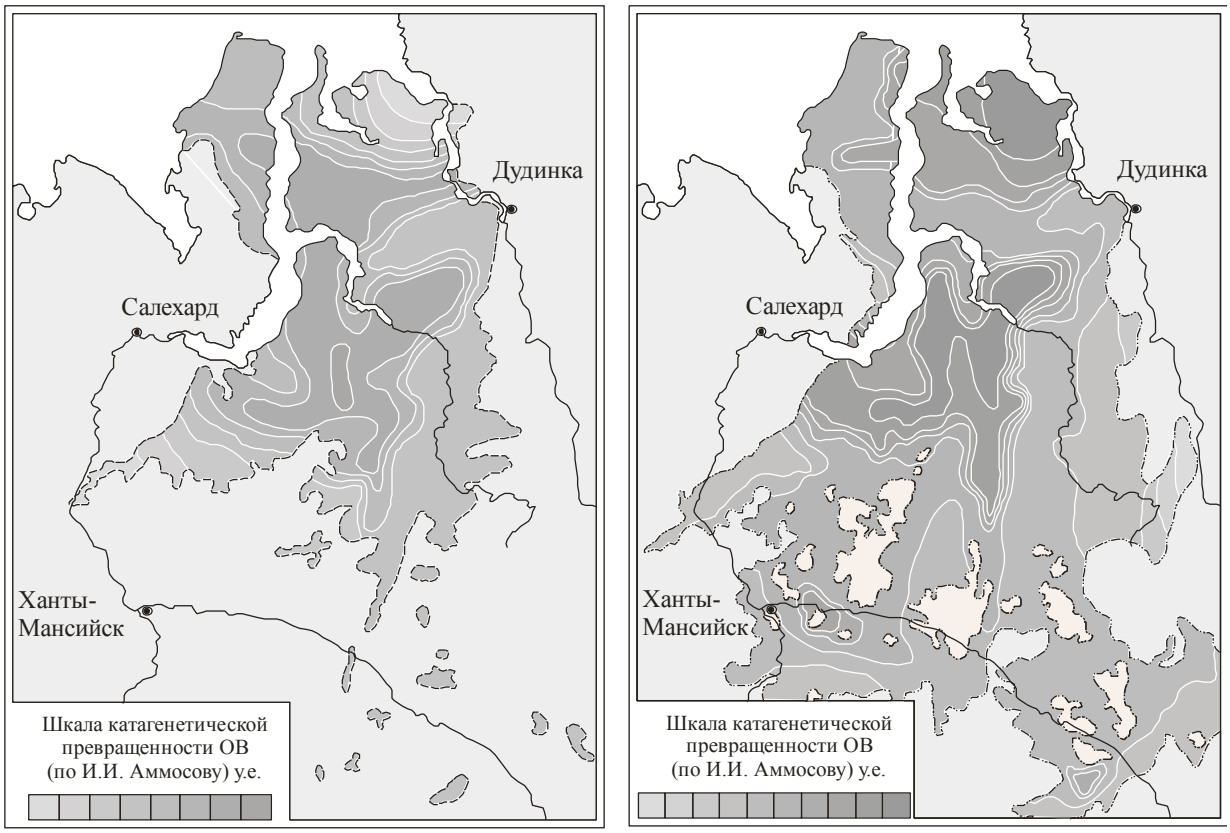


Рис. 1. Схемы аномалий катагенетической преобразованности ОВ:
а - зимний горизонт (J_1 геттанг – низы верхнего плинсбаха); *б* - шараповский горизонт (J_1 верхняя часть верхнего плинсбах) Западно-Сибирской плиты

кольцевые структуры). Примером образования локальных малоамплитудных положительных структур типа ИКС могут служить грязевые вулканы, имеющие широкое распространение в современных нефтегазоносных провинциях и поставляющие на поверхность массы вещества, количество которых достаточно для формирования локальных стратифицированных толщ.

При выходе термальных минерализованных растворов на дно бассейна осадконакопления на геохимических барьерах происходит активное осаждение растворенных соединений в нерастворимый осадок. Косвенно на участие эксгаляционных процессов в формировании отложений указывает отношение ($FeO+Fe_2O_3+MnO$) к TiO_2 (по Страхову). Аномальные содержания железа, фосфора, мышьяка, серы и других элементов, в том числе рудных, указывают на активное участие подобных источников в формировании отложений нижнечасельской свиты. Для нелитифицированных отложений нижнечасельской свиты это отношение варьирует от 10 до 75 усл. ед. Показатели флюидоактивности (F-показатель) также аномально высокие [11]. Энергетическую подпитку метасоматических процессов и перенос вещества обеспечивал остаточный магматический очаг рифтоген-

ного этапа. Наиболее активно эти процессы проявлялись в периоды тектоно-магматической активизации по ослабленным дизъюнктивными деформациями зонам.

В процессе исследования керна скважины СГ6 было установлено изменение коллекторских свойств пород в зависимости от уровня метасоматических преобразований. На ранней стадии метасоматоза коллекторские свойства улучшаются, при интенсификации процесса - ухудшаются [5]. Комплекс термобарогеохимических (вакуумная декрипитация с газовой хроматографией температурных интервалов) и литогеохимических методов исследования пород позволяет выделять флюидоактивные зоны. В зависимости от парагенетической ассоциации слагающих минералов их можно классифицировать как вторичные флюидоупоры, так и вторичные коллекторы [10, 11]. Особую информативность несут данные о флюидоактивности в системе «порода – флюид» (F-показатель), соотношение парциальных давлений H_2O и CO_2, зональное распределение аномалий и корреляционные отношения между такими петрогенными окислами, как SiO_2, K_2O, $K_2O + N_2O$, $FeO+Fe_2O_3$.

В горнопородном массиве осадочного чехла Северо-Тазовской впадины установлены зоны развития вторичных глин в интервалах, где их присутствие не укладывается в катагенетическую зональность мелового комплекса. Выделяются глины из групп монтмориллонита (разбухающие), каолинита (неразбухающие), смешаннослойные (распускающиеся). Рентгеноструктурным анализом пелитовой фракции, выделенной из керна с глубин более 3490 м, определены диоктаэдрические иллит-смектитовые с 50-60 % и, реже, хлорит-смектитовые смешаннослойные образования с 10-15 % набухающих (смектитовых) пакетов. В единичных пробах отмечен диккит. Используя метод растровой электронной микроскопии с микрозондированием, исследовались гидрослюды, заполняющие поровое пространство в виде микродрузовых пластинчатых, чешуйчатых агрегатов. При относительной идентичности кристаллографических форм отмечаются контрастные вариации их химического состава (табл. 1). На фоне минералов с нормальным статистическим содержанием основных петрогенных окислов [2] выделяются титанистые и железистые гидрослюды.

Особый интерес представляют псевдоморфозы кремнезема по чешуйчатым агрегатам (проба № 2020-318-2), а также переходные формы к ним (пробы № 2000-24-2 и 2016-79-3). Зафиксирован микропрожилок с микродрузовыми кристаллическими агрегатами вторичного альбита. В зальбандах данного прожилка, по чешуйчатым агрегатам развивается натровая метасома. По петрографическим данным, вокруг обломочных терригенных зерен плагиоклазов выделяется каемка вторичного альбита. Учитывая тот факт, что зонд растрового микроскопа в состоянии «пробить» относительно тонкую пластинку гидрослюды, при наличии альбитовой каемки должны были быть зафиксированы железо и магний. Поскольку эти

элементы не зафиксированы, можно считать, что имеет место натровая метасома (проба № 2003-102-2). Отмечаются единичные пробы, где фиксируются силикатно-титановые (50-57 и 34-41 % соответственно) и кальцыевые (19-22 %) метасомы.

Таблица 1

Химический состав чешуйчатых микродрузовых агрегатов гидрослюды (наиболее характерные примеры без учета H_2O)

№ п.п.	Номер пробы	Содержание окислов, %								Кол-во анализов
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO + Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	
1	2000-24-2	88,29		11,09	0,63					6
2	2003-44-1	74,93		20,39				4,68		3
3	2003-44-2	53,95		13,55	30,73			0,88	0,89	7
4	2003-102-2	76,20		18,88				4,19		7
5	2007-25-2	62,57		16,42	14,40	2,95			3,63	6
6	2007-25-3	57,47	7,96	13,69	8,73	3,00	8,98		0,09	8
7	2015-85-1	61,45	8,36	18,37	5,61	1,68	0,12	0,18	4,25	9
8	2015-163-2	43,07		14,97	38,43	3,53				3
9	2016-79-3	78,07		8,97	6,10	0,67			6,19	8
10	2020-318-2	100,00								9

Высокожелезистые и титанистые гидрослюды тяготеют к геохимическим аномалиям K_2O и Sr. Кроме того, высокожелезистые – еще и к геохимическим аномалиям F и S. При этом отмечается обратная корреляционная связь между K_2O и S. Псевдоморфозы кремнезема тяготеют к участкам над структурными выступами юрского комплекса за границами геохимических аномалий K_2O и Sr.

Зафиксирована последовательность минералообразования. На таблитчатых кристаллах вторичного альбита (проба № 2003-44-1) кристаллизуются чешуйчатые агрегаты высокожелезистой гидрослюды (проба № 2003-44-2). Последовательность кристаллизации вторичных минералов согласуется с последовательностью в стратификации хемогенных отложений верхнемелового комплекса. Над хемогенными кремнистыми и карбонатными отложениями в нелитифицированной толще нижнечасельской свиты выделяются горизонты, обогащенные железом: отдельные прослои глин в разрезе нижнечасельской свиты обогащены лимонитом.

Структурная перестройка в раннеплитный и собственно плитный этапы становления Западно-Сибирской плиты сформировала систему про-

ницаемых зон, которые стали проводниками глубинных энергетических потоков. Кроме активного влияния на дренируемый ими горнопородный массив, есть основание полагать, что происходило влияние и на формирующиеся залежи углеводородов, в частности, на их состав. Хроматографический анализ проб керна Северо-Тазовской впадины показал, что в зонах с явными признаками дизъюнктивных деформаций доминируют ароматические углеводороды (рис. 2).

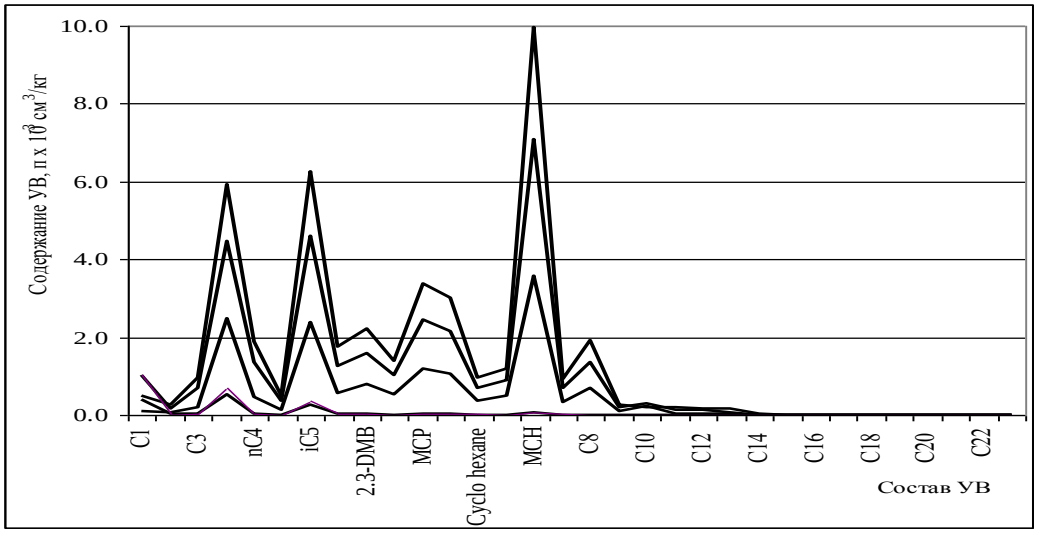


Рис.2. Состав углеводородов в тектонической зоне.
Скважина Северо-Хальмерпаютинская-2051, гл. 3255 – 3258 м

Над более стабильными блоками, например над локальными поднятиями юрского комплекса, – ароматические углеводороды практически отсутствуют (рис. 3). Есть основание полагать, что в зонах с активным энергопереносом происходит дегидрирование углеводородов, на что указывает относительно высокое парциальное давления H_2 (от 9 до 30 %) в отложениях кузнецовской свиты над зоной широтного разлома на Северо-Хальмерпаютинской площади [9]. Гидрирование и дегидрирование связаны подвижным равновесием, положение которого определяется температурой и давлением. Согласно экспериментальным данным, дегидрирование циклогексана и его производных происходит при 300 °С с использованием в качестве катализатора палладиевой черни или платины. Медно-никелевая специализация метасоматитов (норильский тип) с примесью элементов платиновой группы могут выступать в роли катализаторов. Необходимый уровень РТ-параметров обеспечивает остаточный магматический очаг рифтогенного этапа.

По мнению ряда исследователей, следует «пересмотреть роль траппового вулканизма в генерации углеводородных газов, который воспринимается как осложняющий фактор» [7]. Исследования показывают, что по

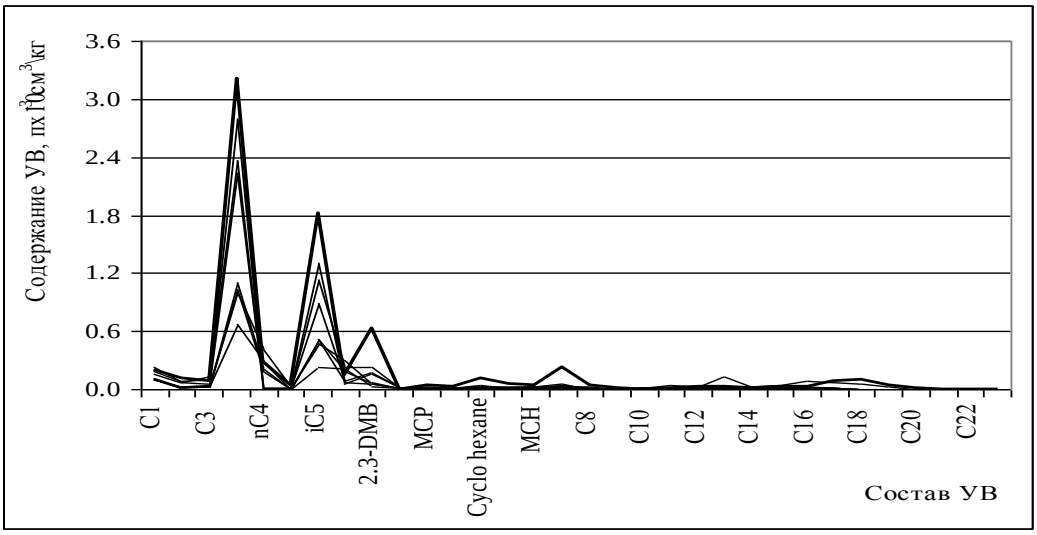


Рис.3. Состав углеводородов над более стабильными блоками.
Скважина Пякяхинская-2003, гл. 3301 – 3305 м.

завершении активной фазы рифтогенеза, по мере остывания остаточного магматического очага, немаловажную роль, как в генерации углеводородов, так и в формировании условий их концентрации, наряду с катагенезом играют эпигенез. Наиболее активно он развивается по системе разломов, формируя вертикальные флюидоактивные зоны с парагенетической минералогической зональностью (чередование вторичных флюидоупоров и вторичных коллекторов). Основанием для такого утверждения является наличие многих, наиболее крупных осадочных нефтегазоносных бассейнов над зонами активного рифтогенеза, одним из которых является Колтогорско-Уренгойский рифт Западной Сибири.

Библиографический список

1. **Бетехтин А. Г.** Минералогия. М.: Госгеолиздат, 1950. 957 с.

2. **Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж.** Породообразующие минералы. М.:Мир, 1966. Т. 3. Листовые силикаты. 319 с.

3. **Конторович А. Э., Клец А. Г.** Схематическая геологическая карта доюрского комплекса Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Новосибирск: СО РАН. 2004.

4. **Коссовская А. Г.** Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полезные ископаемые. 1975. № 2. С.23-44.

5. **Кременецкий А. А., Алексеева А. К.** Глубинное строение и перспективы нефтегазоносности севера Западно-Сибирской платформы по данным Тюменской сверхглубокой скважины СГ6. М.: ИМГиКХРЭ, krem@mgre.iitr.ru

6. **Предтеченская Е. А., Шиганова О. В., Фомичев А. С.** Катагенетические и гидрохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазо-

носных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений // Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 2009. С. 54-65.

7. **Симанович И. М., Япаскурт О. В., Горбачев В. И.** Трапповый магматизм и мобилизация углеводородных флюидов (Западная Сибирь) // Вестник МГУ. М, 2010. Сер. 4: Геология. № 3. С. 3-9.

8. **Сурков В. С., Жеро О. Г.** Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. Москва: Недра, 1981. 143 с.

9. **Сухарев А. И.** Метасоматиты верхней части осадочного чехла Большехетской мегасинеклизы // Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2008. С. 226-230.

10. **Сухарев А. И.** Тектоно-гидротермальные системы Северо-Хальмерпаютинской площади // Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. С. 128-132.

11. **Сухарев А. И.** Метасоматиты по отложениям мелового комплекса Верхнеиндикъяхской впадины Большехетской синеклизы // Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2010. С. 105-110.

12. **Труфанов В. Н., Грановский А. Г., Грановская Н. В. и др.** Прикладная термобарогеохимия. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1992. 172 с.

13. **Труфанов В. Н., Гамов М. И., Рылов В. Г., Майский Ю. Г**. Углеводородная флюидизация ископаемых углей Восточного Донбасса. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ,2004. 270 с.

14. **Федоров Ю. Н., Криночкин В. Г., Иванов К. С., Краснобаев А. А., Калебанов Б. А.** Этапы тектонической активизации Западно-Сибирской платформы (по данным K-Ar метода датирования) // Доклады РАН. 2004. Т. 397, № 2. С. 239-242

15. **Япаскурт О. В., Сухов А. В.** Литогенез как отражение геодинамических стадий формирования раннемезозойского осадочного бассейна Северо-Восточного Зауралья (Колтогорско-Уренгойская депрессия) // Екатеринбург мат-лы 4-го регион. урал. Сов. УрО РАН. 2000. С. 178-184.

Раздел IV. ГЕОЛОГИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК: 550.85 (553.94); 622:14

Р. А. Такранов
Санкт-Петербургский государственный горный университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЛОТНОСТИ УГЛЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ В ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ПРАКТИКЕ

Плотность и зольность углей и слагаемых ими пластов – значимые и постоянно востребованные квалиметрические показатели при определении фактического количества и качества добываемого угля, при их прогнозе и управлении, при оценке извлекаемости запасов. Эти показатели используются также при решении ряда задач технологии горнодобычных работ и геофизической разведке. Для решения технологических задач информация о свойствах угля способствует повышению эффективности механизированной отбойки угля. При открытой разработке сложноструктурных пластов использование фактического значения плотности углепородного массива в параметрических расчетах технологии буровзрывных работ позволяет повысить точность и объективность их проектного паспорта для конкретного блока и качество взрывной подготовки горной массы.

Отмеченное свидетельствует об актуальности изучения и практического использования закономерностей плотности и ее парагенетических связей с показателем состава, свойств и качества, а также ее проявления в разных условиях дислоцированности залегания пластов.

Для решения геолого-маркшейдерского обеспечения угледобычи наиболее востребована связь плотности с составом угля, степенью метаморфизма и влажностью. В ряде случаев необходимо учитывать изменение плотности с глубиной, с тектонической нарушенностью и выветриванием.

Плотность, определяемая по ГОСТ 2160-92, как действительная d и кажущаяся (объемная) γ, зависит, прежде всего, от петрографического состава органического и минерального материала угля.

Плотность органических компонентов возрастает в ряду: липтиниты, витриниты, фюзиниты, в среднем от 1,2 до 1,4 г/см^3 в углях марки Б ÷ Д. Их количественное соотношение определяет разную плотность петрографических типов углей. Влияние состава на плотность в наибольшей мере проверяется в углях невысокой степени метаморфизма. Примером служит плотность бурых углей, более высокая в ангренских фюзинитах по сравне-

нию с гелитолитами Азейского месторождения. Плотность липтобиолитов Ткибульского месторождения ниже плотности гелитолитовых разностей при A^d < 30%. Наименее плотные витрен-клареновые, более плотные и тяжелые дюреновые и фюзинитовые петрографические типы углей. В ряду литотипов плотность возрастает от блестящих к матовым разностям углей.

Влияние состава на плотность иллюстрирует пример наших исследований экибастузских углей, которые в большой мере представлены смешанными разностями микстогумолитов и фюзинитами. Получено, что плотность γ обратно пропорциональна содержанию компонентов группы витринита *Vt* с учетом петрографических типов углей (рис. 1). Аналитически эту зависимость можно представить уравнением: γ = 1,73 - 0,008*Vt*. Рис. 1 отражает ранее отмеченные особенности плотности разных по составу углей.

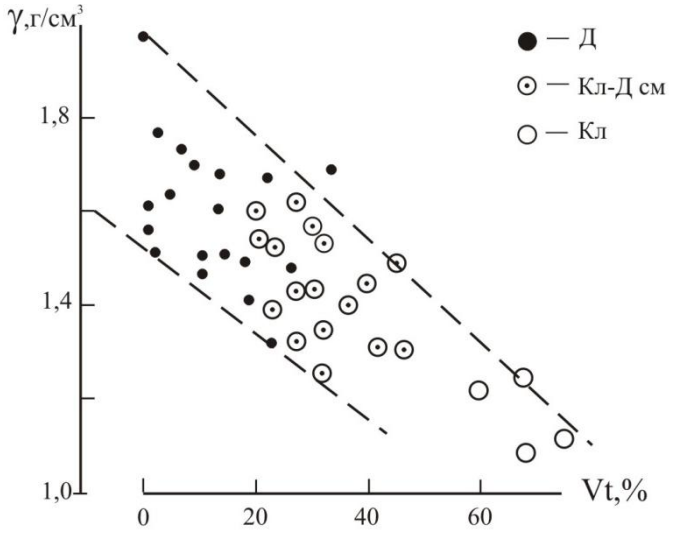


Рис. 1. Связь плотности γ с содержанием витринита *Vt* экибастузских углей дюренового (Д), смешанного кларено-дюренового (Кл-Д см) и кларенового типа

Противоположное влияние на плотность оказывают компоненты группы фюзинитов (*F*): с увеличением их содержания плотность углей возрастает. Связь плотности *d* с содержанием *F* отражают данные Арцера А. С. и др. (1999) для беззольного угля:

F, %.....	< 30	30 ÷ 70	> 70	марка
d, г/см³…	1,30	1,34	1,38	Д
	1,27	1,30	1,34	К
	1,31	1,34	1,38	Т

Подобная закономерность проявляется и при естественном насыщении углей минеральными примесями. Угли, отличающиеся по основному углеобразующему веществу, в разной степени насыщены минеральными примесями, что, в свою очередь, сказывается на плотности углей. Нашими исследованиями установлено, что в одних и тех же геологически сопоста-

вимых условиях угли с повышенным количеством компонентов группы фюзинита отличаются более высокой материнской зольностью по сравнению с углями, в которых преобладает гелифицированное органическое вещество. Это положение установлено при сравнении зольности и плотности угольных пачек мощных экибастузских пластов, которые относятся к разным петрографическим классам и типам:

Показатели……..	A^d, %	γ, г/см^3
Гелитолиты:		
кларены	15	1,25
(Кл)……		
дюрено-кларены (Д-Кл),..	25	1,33
кларено-дюрены (Кл-Д)….		
Микстогумолиты		
(Кл-Д, Д)……..	32	1,40
Фюзенолиты:		
	33	1,45
(Д)……..	36	1,47
…Ультра ……..		

Кроме того, по статистическим результатам комплексного изучения состава и свойств углей Экибастуза, получена прямая, криволинейная по форме связь плотности с содержанием фюзинита в диапазоне $F \leq 60$ (70) %. При $F > 70$ % данная связь ослабевает.

Повышенная насыщенность фюзинизированной органики минеральными примесями связано с ее клетчатым строением, повышенной пористостью и наличием растительных фрагментов. Поэтому углепетрографы (Л. И. Сорбеева и др.) связывают повышенную плотность фюзинитовых компонентов с их природной минерализацией. Плотность (d) фюзинитовых углей Ангрена на 0,12 ÷ 0,15 г/см^3 выше гелитолитовых изометаморфных углей Азейского месторождения при одном уровне общей A^d.

Влияние петрографического состава углей на их плотность отражается также величиной регрессионных коэффициентов в формулах зависимости плотности от зольности и количества балластного вещества: влажности, сернистости (см. далее).

Плотность угля обусловлена не столько составом органического материала, сколько соотношением его количества с минеральными примесями, которое оценивается зольностью (A^d). Данное положение отражает сущность бинарной петрографической ассоциации органического и минерального вещества, являющейся ископаемым углем. Зависимость плотности от зольности широко используется в практике геолого-маркшейдерского обеспечения эксплуатации и разведки угольных месторождений.

Минеральные примеси из кремнезема, глины, карбонатов, соединений железа, серы и т.п. по плотности превышают органическое вещество. Поэтому с увеличением количества минерального материала (зольности)

плотность углей пропорционально возрастает. Наши исследования и данные других авторов, что корреляция плотности и зольности в широком диапазоне A^d отображается криволинейной регрессией.

В общем виде зависимость плотности от зольности отражается уравнением Л. Фермора: $d_y = d_o + 0{,}01A_y^d$ где d_y и d_o – действительная плотность органической массы и угля с зольностью A_y^d. Принципы этой зависимости, по предложению Д.А. Казаковского, используются в охране и геометрии недр. Для установления величины d_o необходимо провести сложные петрографические определения содержания и плотности угольного и минерального материала. Упрощенный расчет d_o ведется, например, по формуле: $d_o = d_y - 0{,}01A_y^d - 0.012S_{общ.}^d$. Прямолинейная форма связи плотности и зольности подтверждается многочисленными результатами забойного и товарного опробования и применением для расчета кажущейся плотности по γ_0 при A^d = 0 %: $\gamma_y = \gamma_o + KA_y^d$, где K – эмпирический коэффициент, отвечающий изменению плотности при изменении A^d на 1 %.

В литературе приводятся многочисленные сведения о величине γ_o (d_o) для конкретных месторождений. В Донбассе, по данным Л. Д. Бекетовой, Г. Л. Майдукова и др. плотность беззольного угля (γ_o) в ряду от марки Б до А изменяется от 1,1 до 1,55 (1,60) г/см^3; коэффициент K – от 0,006 до 0,01 с уточнением для спекающихся углей. Для углей Кемеровского района Кузбасса: $\gamma_y = 1{,}24 + 0{,}011A_y^d$, коэффициент корреляции r = 0,93; для Анжерского района: $\gamma_y = 1{,}22 + 0{,}015A_y^d$ r = 0.91. Подобная прямая связь получена для многих месторождений.

Точность такого аналитического расчета, оцениваемая по расхождению с результатами пробной вырубки составила, в среднем 0,015 г /см^3 [3]. По нашим сопоставлениям с результатами забойного опробования на черемховских карьерах она составила 0,01 г/см^3.

Для совершенствования методики определения плотности угля в массиве ($\gamma_м$) с учетом возможности химлаборатории предприятия используется [2, 3] комбинированный метод с проведением испытаний образцов на $A_{об}^d$, $\gamma_{об}$, $W_{об}$ и с расчетом по формуле прямолинейной связи с параметрами $(A_м^d - A_{об}^d)$ и $(W_м - W_{об})$.

«Отраслевой инструкцией по расчету промышленных запасов, …учету потерь угля…» (1974) рекомендуется для обеспечения надежности определения $\gamma_м$ для каждого пласта проводить 30 – 40 лабораторных испытаний образцов на γ, A^d, W. В случае определения $\gamma_м$ для пластов сложного строения такие испытания необходимо проводить для каждой пачки угля и породного прослоя, что становится трудоемкой работой. Поэтому рационально использовать графо-аналитический метод определения пластовой

плотности с использование корреляции γ с A^d, которые в сложноструктурных пластах изменяются в широком диапазоне.

Нашими исследованиями и других авторов (В. А. Боев, Г. Л. Фисенко и др.) установлено, что прямолинейная связь γ с A^d, пригодна для пластов простого строения с пластовой $A^d < 40$ %. При $A^d > 40$% графики связи γ *(d)* с A^d криволинейны.

Криволинейная зависимость отражает концептуальную суть геологического агрегата, представленного переслаиванием слоев угля и пород в сложных пластах. Для этого углепородного массива и смеси органического и минерального материала также проявляется парагенетическая связь среднепластовой A^d и γ *(d)*. Она воспроизводится криволинейной регрессией, математически описываемой параболической, степенной и подобными функциями.

Изучение связи γ (*d*) с A^d наиболее актуально для открытой разработки мощных сложноструктурных пластов. На Богословском, Коркинском, Экибастузском и других месторождениях угольные залежи содержат многие десятки переслаивающихся угольных пачек и породных прослоев разного состава, что приводит к широкому диапазону непрерывного изменения пластовой зольности и плотности.

Для изучения и математического описания связи γ *(d)* с A^d использовались результаты дифференциального забойного опробования на эксплуатируемых месторождениях Экибастузского, Иркутского, Кузнецкого и др. бассейнов, а также материалы публикаций. Эмпирические данные сопоставления γ *(d) с* A^d показали криволинейную форму соответствующей корреляции (рис. 2). Математическое описание корреляции проводилось с использованием прямолинейной, степенной, обратной, показательной и полиномиальной функциями. Результаты корреляционного анализа, выполненного на компьютере, показали высокую степень аппроксимации квадратной, обратной и степенной функциями. Для большой группы месторождений со сложными пластами (Богословское, Коркинское, Экибастузское, Ангренское, Шарынгольское и др.) корреляционное отношение (*r*) составляет 0,93 – 0,99.

Прямолинейная функция для аппроксимации эмпирических данных в широком диапазоне изменения плотности и зольности не пригодна, так как $r = 0{,}5 – 0{,}6$.

Физическую суть связи плотности с составом и соотношением главных компонентов органо-минеральной бинарной ассоциации в наибольшей мере отражает обратная функция вида: $d = d_o / (1 – K_1 A^d)$; $\gamma = \gamma_o / (1 - K_2 A^d)$. Надежность аппроксимации высокая и для ряда изученных месторождений близка к функциональной. Относительное отклонение фактических значений плотности от рассчитанной по предложенной формуле составила в среднем ±2,6 %, что ниже допустимой ошибки определения запасов (± 5 %).

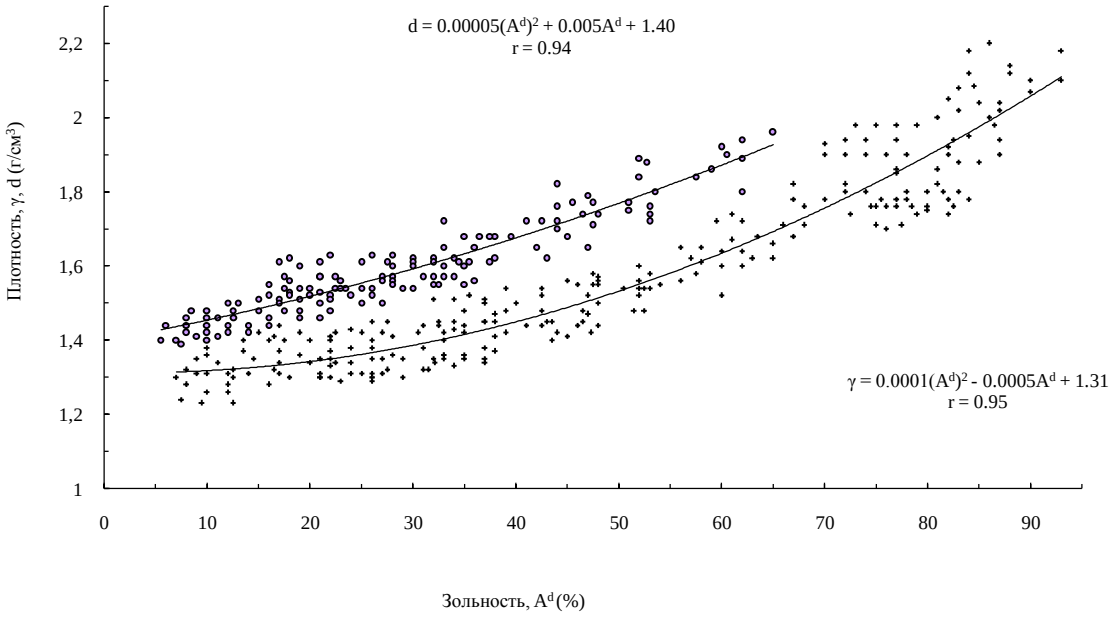


Рис. 2. Зависимость плотности (d, γ) от зольности A^d сложноструктурных угольных пластов Богословского месторождения

Коэффициенты аппроксимирующего уравнения, отображающего обратную форму функции связи d (γ) с A^d, для части изученных нами месторождений с мощными угольными пластами сложного строения с учетом метаморфизма приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты регрессионного уравнения связи плотности и зольности углей разного метаморфизма

Месторождение	Марка угля	d_o (г/см^3)	K_1	γ_o (г/см^3)	K_2
Бородинское	2Б	1,30	0,0057	1,14	0,0061
Коркинское	3Б	1,39	0,0055	1,24	0,0047
Азейское	3Б	1,37	0,0049	1,18	0,0052
Ерунаковское	Д	1,36	0,0054	1,23	0,0051
Черемховское	Г	1,32	0,0056	1,24	0,0050
Экибастузское	Г-Ж	1,31	0,0054	1,15	0,0062
Томусинское	К	1,30	0,006	1,24	0,0055
Кондомское	ОС, Т	1,40	0,0056	1,28	0,0055

Наряду с аналитическим определением пластовой плотности по рассмотренным формулам практически удобны для применения графики, подобные рис. 2.

Графо-аналитический способ определения плотности углепородного массива сложного пласта предусматривает использование его средней

зольности, получаемой по пластово-промышленной пробе или по шламу скважин.

Зависимость плотности от метаморфизма обусловлена молекулярной перестройкой угольного вещества и уплотнением его массы в результате давления при палеопогружении, повышенной температуры, длительности воздействия процессов метаморфизма.

Влияние степени метаморфизма на связь d (γ) с A^d проявляется в величине коэффициентов регрессий и графически отражается на положении соответствующих кривых совмещенного графика. Кривые данной связи для бурых углей Днепровского и Подмосковного бассейнов занимают низкое положение, а для углей марок Т, ПА – высокое. Проведенный нами корреляционный анализ опубликованных данных И. А. Гарковенко, А. З. Горина и др. для углей разных районов Донбасса также подтвердил влияние на изучаемую зависимость известной зональности регионального метаморфизма в бассейне. Для Красногвардейского района связь плотности с зольностью аппроксимирована В. А. Боевым криволинейной регрессией, подобной установленной нами для мощных сложных пластов ряда месторождений.

Влияние метаморфизма проявляется не только во взаимном расположении соответствующих графиков и в величине регрессионных коэффициентов, но и во взаимном сближении кривых парной связи γ и d с A^d в ряду углей от бурых до антрацитов, что подтверждено фактическими результатами корреляционного анализа связей для углей разных марок Кузнецкого и Горловского бассейнов. Такая особенность обусловлена выравниванием свойств углеобразующих компонентов по мере метаморфических преобразований.

Корреляционные уравнения для углей, близких по степени метаморфизма и составу, незначительно отличаются по величине регрессивных коэффициентов. Например, уравнения для иркутских углей Азейского месторождения $\gamma = 1{,}15 + 0{,}0085\ A^d$, для Черемховского – $\gamma = 1{,}18 + 0{,}01\ A^d$. Для связи d с A^d подобные отличия еще меньше.

При контактовом метаморфизме повторяются отмеченные общие закономерности в ряду стадий регионального метаморфизма. Графики связи плотности с зольностью контактово-измененных углей располагаются выше аналогичных графиков для углей фоновых интервалов. Средние значения d и γ отличаются друг от друга для контактово-измененных углей на 0,2 г/см^3, для неизмененных фоновых – на 0,1 г/см^3. Эта особенность, в отличие от регионального метаморфизма, вызвана разной пористостью углей. В изученных нами зонах контакта угля с магматическими инъекциями пористость 9÷10 %, а фоновая – 6 ÷ 7 %.

На связь плотности угля с его составом влияет влажность, которая непосредственно изменяет как плотность, так и зольность. Рассматривае-

мая связь для естественного состояния угля конкретных месторождений носит обратный характер.

Влияние влажности на плотность зависит от соотношения массы твердого материала (скелета) угля и объема пор, заполненных водой. Поэтому увеличение порового насыщения водой свидетельствует об увеличении пористости и снижении массы и плотности угля, т. е. с увеличением влажности W снижается плотность угля, оцениваемой по его массе в единице объема. Это положение широко используется в геофизической разведке и отражается в соответствующих формулах в (В. М. Добрынин и др., 1991).

Обратная форма связи плотности и влажности установлена для многих видов ископаемых углей, залегающих в естественных условиях обводненного горного массива. Примером служат бурые угли Марицкого бассейна марки 1Б (М. Димитров, 1975), марки 2Б Канско-Ачинского бассейна. Результаты изучения бурых углей Казахстана [1] позволили получить прямолинейную обратную форму изучаемой связи в диапазоне W^a 6 ÷ 15 %. Например, для месторождения Алаткуль она описывается выражением: $d = 2{,}0 - 0{,}07W^a$.

Влияние петрографического состава углей на связь плотности с влажностью отражают аппроксимирующие уравнения эмпирических данных, полученных нами при исследовании состава и свойств ангренских углей разного петрографического класса. Например, для гелитолитовых углей пластов Верхнего комплекса месторождения подобная связь описывается: $\gamma = 1{,}5 - 0{,}02W$ в интервале W = 15 – 30 %. Обратная связь для ангренских углей подтверждается обработкой результатов испытаний АН УзССР.

Криволинейная, обратная по форме связь плотности с влажностью получена нами по материалам опробования на Экибастузских карьерах. $\gamma = 3{,}14 - 0{,}49W + 0{,}04W^2$, $r = 0{,}79$.

Обратная форма изучаемой связи получена для каменных углей Кузбасса при использовании данных справочника [7]. Отмеченную закономерность и влияние метаморфизма иллюстрируют усредненные значения табл. 2.

Таблица 2

Влажность (%) кузнецких углей с разной плотностью

Марка угля, район	Плотность г/см					
	1,40	1,38	1,36	1,34	1,32	1,30
Д, Ленинский	-	-	-	4,8	5,2	5,5
Г-ГЖ, Байдаевский	-	-	3,0	3,5	4,5	5,3
К-КС, Прокопьевский	-	3,9	4,1	4,7	5,3	5,9
КС-СС, Анжерский	4,0	4,2	4,3	4,6	-	-
Т, Кондомский	4,0	4,4	4,9	5,3	-	-

Закономерное влияние степени метаморфизма на связь γ с W наглядно отражается положением соответствующих графиков, построенных для углей разных районов бассейна. Наиболее низко расположен график для углей марки Д (Центральные районы), а высоко – марки Т (Кондомский, Аларический районы).

Подобная закономерность получена для углей Воркуты и Инты по данным справочника [6]. Корреляционным анализом результатов забойного опробования и исследований АН ГССР выявлены особенности влияния на связь γ с W для всех литотипов углей Ткибульского месторождения.

Обратная форма зависимости плотности угля в массиве ($\gamma_м$) от его естественной влажности (W^e) математически описывается для большинства случаев прямолинейной функцией: $\gamma_м = \gamma^1 - a\,W^e$. Эта зависимость действует в реальных условиях конкретных месторождении с ограниченным диапазоном изменения пористости, водонасыщения, состава и плотности угля. Аргумент γ^1 физически отражает плотность сухого угольного материала. Примеры связи: $\gamma_м = 2{,}2 - 0{,}1W^e$ для антрацитов Донбасса; $\gamma_м = 1{,}55 - 0{,}04W^e$ – для кузнецких углей.

Влагоемкость минерального материала ниже, чем органического вещества. Поэтому с увеличением минеральных примесей, с ростом зольности снижается количество влаги в угле. Обратная форма связи зольности и влажности подтверждена исследованиями М. Я. Шпирта (1990) для бурых углей Подмосковья, В. И. Скока (1967) для месторождений Забайкалья, результатами наших исследований ангренских бурых углей. Для каменных углей Кузбасса эта зависимость отражается выражениями: $A^d = 24 - 2{,}2W^r$ (марка К); $A^d = 21 - 2{,}6W^r$ (марки СС); $A^d = 9 - 0{,}8W^r$ (марка А, Донбасс).

Завершая, отметим известную закономерность о взаимно обратной форме изменения плотности и влажности углей в их метаморфическом ряду.

Закономерная связь плотности и влажности имеет место и для пород. Такие результаты для пород угольных месторождений приведены в публикациях ИГТМ АН УССР, ВНИМИ, КузНИУИ, и др. Для карбонатных пород и пород рудных месторождений подобные зависимости описаны в трудах ИГЕМ АН СССР, МГУ и др. Косвенным доказательством обратной формы связи плотности и естественной влажности служит широко известное положение об обратной зависимости плотности от пористости, которая, в свою очередь, пропорциональна количеству влаги порового насыщения. В естественном залегании угля и пород в недрах основной объем пор заполнен водой, и естественная рабочая влажность практически равна полной их влагоемкости. В неосушенном горном массиве, чем больше плотность угля, тем меньше его пористость и влажность, и наоборот.

Изложенные доказательства естественного соотношения свойств и состояния угля в массиве направлено на объективную оценку плотности угля конкретного пласта или участка γ_2 из-за изменения его влажности W_2

относительно ранее установленных значений W_1 и γ_1 использованных, например, при подсчете запасов. Если $W_2 > W_1$, то $\gamma_2 < \gamma_1$, и наоборот, если $W_2 < W_1$, то $\gamma_2 > \gamma_1$. Такое соотношение обусловлено тем, что в угле с объемной массой (плотностью) γ_1 и полной водонасыщенностью пор W_1 количества твердого материала (скелета) равно $100 - W_1$, для угля с W_2 и γ_2 соответственно $100 - W_2$. Пропорции твердого материала и плотности переводим в равенство: $\gamma_1 (100 - W_2) = \gamma_2 (100 - W_1)$ и в расчет γ_2 по формуле:

$\gamma_2 = \gamma_1(100 - W_2) / (100 - W_1)$, которой подтверждается обратная форма связи γ *и* W.

Закономерное естественное соотношение свойств и состояния угля служит обоснованием для общепринятого пересчета квалиметрических показателей из одного состояния угля в другое. Например, содержание показателя в сухом состоянии угля C^d превышает содержание его во влажном состоянии C^a с аналитической (лабораторной) влажностью W^a, и рассчитывается по формуле: $C^d = C^a \cdot 100/(100 - W^a)$.

Обратная форма связи объемной (кажущейся) плотности и естественной влажности угля в недрах не отвечают распространенным формулам [2, 3], отражающим прямую зависимость этих показателей. Прямая связь плотности и влажности соответствует свойствам и состоянию единицы объема в сдренированном массиве, когда масса единицы объема осушенного угля увеличивается за счет увеличения массы воды, заполняющей пористость, т. е. при возрастании влажности угля (подробнее см. [5]).

Надежность парных связей γ с W, пористостью и др. повышается, если корреляциионный анализ проводится для углей, разделенных на петрографические классы и литотипы. например, для ткибульских углей в целом $r = 0{,}5 - 0{,}6$, а дифференцированных групп $r > 0{,}9$.

На завышение величины плотности бурых углей при использовании формулы прямолинейной связи с W указывается В. Р. Клером (1975), а С. А. Бекетовой (1968) – для каменных углей Караганды.

Совокупное влияние на плотность зольности и влажности отражается результатом многофакторного корреляционного анализа, выполненного нами по данным забойного опробования на карьерах Экибастуза и Ангрена. Для угольных пластов Ангрена:

$\gamma = 1{,}21 + 0{,}006\ A^d - 0{,}002\ W$ при совокупном коэффициенте корреляции $R = 0{,}68$; для Экибастуза $\gamma = 1{,}15 + 0{,}015 A^d - 0{,}001 W$, $R = 0{,}97$.

Плотность угля зависит также от содержания в нем серы, которая проявляется в виде сульфидных, сульфатных и самородных соединений в зависимости от условий углеобразования. Содержание серы трудно учитывается при техническом анализе, ибо не в полном объеме сера является золообразующим веществом, т. к. её часть выгорает и улетучивается при сжигании. Поэтому по зольному остатку не всегда можно определить количество серы и оценить её влияние на плотность. Но игнорировать влия-

ние серы с её плотность до 2,07 г/см^3 (пирит 5,0 г/см^3*)* нельзя. По результатам исследований разных авторов плотность угля в пределах месторождения из-за серы может меняться на 0,03 г/см^3, в интинских углях на 0,01 г/см^3 . При увеличении содержания пирита на 1% плотность угля возрастает до 0,04 г /см^3 . По данным В. А. Боева [2], поправка за сернистость составляет $0{,}43S^{d}_{общ}$; В. М. Буцем (1960) предлагается для донецких углей зависимость: $\gamma = \gamma_o + 0{,}01A^d \quad 0{,}006S^{d}_{общ}$, корректируемая с учетом структурного районирования бассейна и метаморфизма угля. На месторождениях высокосернистых углей сернистость необходимо определять параллельно с определением плотности, зольности и влажности.

Изменение плотности по мере увеличения степени метаморфизма связано с ростом плотности с глубиной залегания, что особенно ярко проявляется при унаследованном формировании тектонической структуры месторождения. В первом приближении для оценки увеличения плотности с глубиной можно использовать градиент плотности с углубкой на 100 м и с учетом градиента изменения показателей метаморфизма V^d и R_o. Например, в Прокопьевском районе Кузбасса, по данным КузНИУИ, градиент плотности 0,01 – 0,02 г/см^3 соответствует градиенту V^d 1,01 %. Для Интинского месторождения влияние глубины залегания *H,* по А.М. Оллыкайнену, описывается выражением: $\gamma = 1{,}35 + 0{,}0003H$. Градиент изменения γ на 100 м составляет 0,03 г/см^3 для углей с A^d = 20 %, W^e =10 %.

Изменение γ в Печорском бассейна в плане соответствует зональности изометаморфизма, изображенном рисунком изоволей. С погружением тектонической структуры Интинского месторождения плотность возрастает по мере ее погружения с градиентом 0,0007 г/см^3 на 1 км длины.

Для донецких шахтопластов, разрабатываемых на глубине более 500 м, целесообразно вводить поправку за глубину Н. По В. И. Филатову (1988), величина поправки равна (0,00007÷0,0001) *H*.

Плотность и другие квалиметрические показатели угля изменяются в результате геологической деформации на участках проявления складчато-разрывных нарушений пластов. Аномально возле сместителя дизъюнктива, оси замка складки или перегиба пласта происходит изменение внутренней структуры и массы угля. Значительная дислоцированность приводит к деструкции угольного материала и изменения свойств и качества угля. По этим признакам выделяется содизъюнктивная и соскладчатая зоны изменения угля. Такие зоны и показатели угля продуктивно изучаются геофизическими методами.

Многочисленными геофизическими исследованиями ВНИГРИуголь, МГУ, ВНИИгеофизика, ИГД им. А. А. Скочинского и др. доказано наличие зон и установлена величина изменения свойств угля: плотности, пористости, влажности, упругости и др. возле сместителя. Изменения свойств закономерны на разном удалении от сместителя, неодинаковые в разных

крыльях взбросов (надвигов) и сбросов, которые отличаются тектонофизической природой образования. Из-за деструкции угольного материала возле сместителя геофизическими методами фиксируется разуплотнение, снижение плотности, прочности, скорости упругих волн, повышение пористости по сравнению с фоновыми интервалами. Изменения в лежачем крыле надвигов чаще превышают таковые в висячем крыле из-за разной степени их тектонофизической дислоцированности. Для содизъюнктивных зон возле сбросов характерно одинаковые проявления изменений угля в обоих крыльях.

Главным фактором аномального изменения угля из-за дислокации пласта является амплитуда смещения. Амплитуда как энергетический критерий механического процесса и теплового воздействия перемещения разорванных крыльев пласта по-разному сказывается на проявлении содизъюнктивной трещиноватости, прочности и показателей качества и свойств угля. Исследованиями многих авторов установлены разные связи ширины зоны изменения отмеченных показателей (B) от нормальной амплитуды (N). Например, многолетними исследованиями ВНИМИ для дизъюнктивов, наблюдаемых в шахтопластах ряда бассейнов, получено, что по изменению трещиноватости B = 6,5N; прочности B = 2N0,5; по изменению физико-химических показателей угля B = 1,5N0,5. Возле сместителя на 1 ÷ 3 % снижается плотность, выход летучих и содержание водорода, но возрастает содержание углерода, зольности и влажности. В зависимости от степени дислоцированности угольного материала возрастает эффективная пористость и снижается крепость угля, установленная способом толчения. Близкие результаты получены нами для надвигов, наблюдаемых в шахтопластах Южного Кузбасса, для которых характерна повышенная дислоцированность в лежачем крыле в виде складок подворота и гофрировки, что отразилось на ширине зоны аномального изменения угля, составляющей 1,5 ÷ 1,0 наклонной амплитуды смещения.

По результатам исследований ВНИМИ и др. отметим, что аномальное изменение квалиметрических показателей наблюдается в среднем на расстоянии не более 0,5 амплитуды смещения изученных дизъюнктивов. Более глубокие углехимические изменения происходят на удалении до 0,1 ÷ 0,2 амплитуды. В экибастузских сложноструктурных пластах нами выявлено возрастание зольности в зоне самого сместителя и непосредственно примыкающего дробления и повышенной трещиноватости. Такая закономерность связана с вовлечением дробленых пород прослоев и инфильтрацией минерального материала.

Наряду с амплитудой и типом смещения содизъюнктивные изменения угля зависят от степени его метаморфизма и, частично, от состава. Наиболее отчетливо изменение абсолютной величины показателей и соответствующей зоны наблюдается при невысокой степени метаморфизма и витрен-клареновом составе углей. В бурых углях Челябинского бассейна,

по данным ВНИМИ (Н. И. Мишин, 1979), квалиметрические показатели измеряются в зоне 0,1 амплитуды, в которой (по V^d и R^0) уголь соответствует марке Г. В углях марки Ж (Воркута) возле смещения с амплитудой 10 м в зоне, равной 0,2÷0,3 амплитуды, изменения плотностных свойств и влажности составили 2÷3 % от фоновой величины. В более метаморфизованных каменных углях физико-химические локальные изменения не всегда однозначны.

Изменение физико-механических свойств угля на участках смятия пласта в складку, развитых в пределах шахтных полей, отражают исследования ВНИМИ (П. В. Егоров, Б. Т. Акиньшин и др.). На шахтопластах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса изучалась крепость угля и трещиноватость пласта на крыльях и в замке складок.

Испытания прочности (крепости) проводились, в основном, стандартизированным методом толчения горстевой пробы, что обусловлено деструкцией и дроблением угольного материала в замках интенсивных складов. С учетом вскрытия складок горными работами сеть определения крепости составляла менее 10 м при возможном сгущении в замковой части.

Исследованиями установлено закономерное разупрочнение угля в замке складок и наличие границы перехода к фоновой величине крепости на крыльях. Размер зоны ослабления и снижения величины крепости изучались в направлении, нормальном к оси складки по пласту. Используя многочисленные испытания, установлено, что отмеченные характеристики изменения свойств угля, находятся в обратной зависимости от степени складчатой дислоцированности, оцениваемой по величине внутреннего угла складки. В изученных складках этот двугранный угол колеблется от 40° до 160°.

Протяженность зоны аномального разупрочнения угля по обоим крыльям по-разному зависит от угла складки и от ее типа (табл. 3).

Таблица 3

Зона снижения крепости угля в складках шахтопластов Прокопьевско-Киселевского района

Складки	Внутренний угол складки, град.			
	40	80	120	160
Синклиналь	115	80	40	5
Антиклиналь	85	60	35	10

Экстраполяция отмеченных закономерностей при увеличении угла складки до предельной величины 180° (более 160°), размер аномальной зоны разупрочнения снижается в пределе до нуля. В этом случае прочность угля близка таковой для моноклинально залегающего пласта (угол складки 180°). Для интенсивной складчатости (угол складки менее 60°–40°) отсут-

ствует пропорциональное увеличение аномальной зоны разупрочнения. Эта особенность подтверждается нашими исследованиями соскладчатой трещиноватости.

Результаты нашего изучения соскладчатой зоны изменения прочности и трещиноватости пласта XXXI на шахте «Шуштулепская» складки с двугранным углом 120° соответствует установленной закономерности.

В синклинальных складках степень уменьшения крепости и размер аномальной зоны в замке больше, чем в антиклинали (см. табл. 3). В асимметричных складках зона ослабления угля на крутых крыльях превышает таковую в пологих крыльях.

Показатели разупрочнения угля, установленные по прочности (крепости), отвечают общим закономерностям изменения плотностных свойств углей. Непосредственное определение плотности по образцам в связи с деструкцией угольного материала не отражают закономерности плотностных свойств угля на участках складчатой дислоцированности.

Исследования ВНИМИ фазово-физического состояния угля показали, что пористость и разные виды влажности на участках с разной нарушенностью и залеганием пластов в Центральном Донбассе отражают как упрочнение, так и ослабление угольного материала. Такое положение не всегда согласуется с рассмотренными закономерностями свойств угля при складчато-разрывных дислокациях пластов. В то же время фазово-физические особенности являются, по Б. Т. Акиньшину и др., причиной появления в шахтах фактических геодинамических процессов: ударов, выбросов и др.

Учет рассмотренных особенностей изменения плотности угля способствует объективному определению фактической ее величины при естественном залегании пластов в недрах. Обоснованная величина плотности – значимый расчетный показатель (критерий) количества запасов и добычи, обеспечивает объективность и точность инженерных расчетов, например технологических параметров взрывного дробления добычных уступов.

Библиографический список

1. **Богданова М. В.** Химические особенности и генезис бурых углей Казахстана. М.: Наука, 1966. 166 с.

2. **Боев В. А.** Основы учета добычи угля на шахтах. М.: Недра, 1975, 192с.

3. **Глейзер М. И.** Определение физических характеристик горных пород в маркшейдерско-геологической практике. М.: Недра, 1969. 78 с.

4. **Сарбеева Л. И.** Состав и свойства углей и горючих сланцев / Сарбеева Л. И., Дударь Г. П., Евдокимова Н. К., СПб: Изд-во СПбГГИ, 1993. 137 с.

5. **Такранов Р.А.** Учет влияния влажности на объемную плотность угля при подсчете его запасов // Записки Горного института, 2004. Т.4, с. 148-151.

6. **Угли** Печорского бассейна. Справочник / под ред. П. Т. Есипова. М.: Недра, 1972. 352 с

7. **Физико-технические** свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: справочник / Г. Г. Штумпф, Ю. А. Рыжков, А. И. Петров и др. М.: Недра, 1994. 447с.

УДК 550.81:622.2

Н. Л. Серебренникова
ООО «Востокнефтепровод» филиал Нерюнгринское районное нефтепроводное управление (ОАО АК «Транснефть»)

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО В МАССИВЕ

Малодостоверными являются первоначальные сведения о запасах, качестве полезного ископаемого, условиях залегания и морфологии месторождения. Известны многочисленные примеры того, что в процессе ГРР новая информация существенно меняет ранее сложившиеся представления об объекте разведки. Только на заключительных этапах ГРР новые данные существенно не изменяются, а уточняют представление о разведуемом месторождении. Конечный результат по количеству запасов можно получить только по факту отработки, а эти данные могут либо подтвердиться, либо опровергнуть данные разведки.

Разведка пласта Мощного проводилась в пять стадий:

1952 г. – поисково-оценочные работы.

1953-1954 гг. – предварительная разведка, выясняет промышленную значимость месторождения, устанавливает его общие геологические параметры и условия разработки. Выявление общего контура месторождения, условий его залегания, морфологии залежи, внутреннего строения и характеристик изменчивости геологических параметров в пределах отдельных тел полезных ископаемых и минерализованных тел. Запасы подсчитываются по категориям C_1 и C_2 на основе временных кондиций на минеральное сырье. Сбор данных для расчета проводится на основе ориентированных технико-экономических показателей возможной эксплуатации месторождения. Составляют технико-экономический доклад (ТЭД) – рассматри-

вают возможные способы вскрытия, подготовки и системы разработки месторождения, масштабы добычи, технологические схемы переработки минерального сырья, рассчитывают показатели, характеризующие ценность месторождения, эффективность его эксплуатации и капиталовложений.

1954-1962 гг. – детальная разведка – подготовка месторождений к промышленному освоению. Запасы полезных ископаемых подсчитываются по категориям А, В, C_1 и C_2 в соответствии с постоянными кондициями на минеральное сырьё, утвержденными ГКЗ РФ. На крупных месторождениях детально разведываются только участки первоочередного освоения, запасы которых обеспечивают работу предприятия в течение 8-10 лет. Детальное изучение качества и технологических свойств полезных ископаемых раздельно по каждому типу (сорту) с проведением полупромышленных или промышленных испытаний.

1969-1973 гг. – доразведка – вовлечение в промышленное освоение, осуществляется в пределах горного отвода на недостаточно изученных участках. Запасы категорий C_1 и C_2 последовательно переводятся в более высокие, подсчитываются вновь выявленные запасы.

Первоначально при разведке 1954-1962 гг. разведочная сеть была 500×500 м и до 1000×1000 м, слишком разрежённая для проектирования открытых разработок.

К 1973 г. на большей части площади развития пласта Мощного сеть была сгущена вдвое (250×250 м), причём по периметру мульды для уточнения зоны окисления расстояния между скважинами на линии сгущались до 80-120 м.

В центральной части месторождения сетка осталась разрежённой и велись работы по её сгущению до 500×500 м и даже 350×350 м.

С 1975 по 1987 гг. на месторождении проводилась доразведка:

- участка разрезной траншеи (1975-1977);
- участка первых 10 лет эксплуатации (1976-1978);
- участка расщепления пласта (1979-1982);

с 1984 г. выполнялся большой объём работ по ПОО и ООО участка первоочередной отработки. Бурение скважин велось по сетке 50×50 м;

- участка первых 15 лет эксплуатации (1978-1987).

С 1987 по настоящее время сетка скважин для ПОО составляет 50×50 м и 100×100 м, а для оперативного опережающего опробования (ООО) – 14×14 м и 16×16 м.

1. *Влияние площади геологического блока на погрешность при подсчете запасов полезного ископаемого по геологическим блокам*

Для проведения анализа зависимостей условными критерием была принята величина ±0,2 % для всех видов потерь из следующих соображений. Из графиков (рис. 1 и 2) видно, что при площади геологического блока в 30751,10 м^2 относительная погрешность n_i= -0,17 %, а относительная слу-

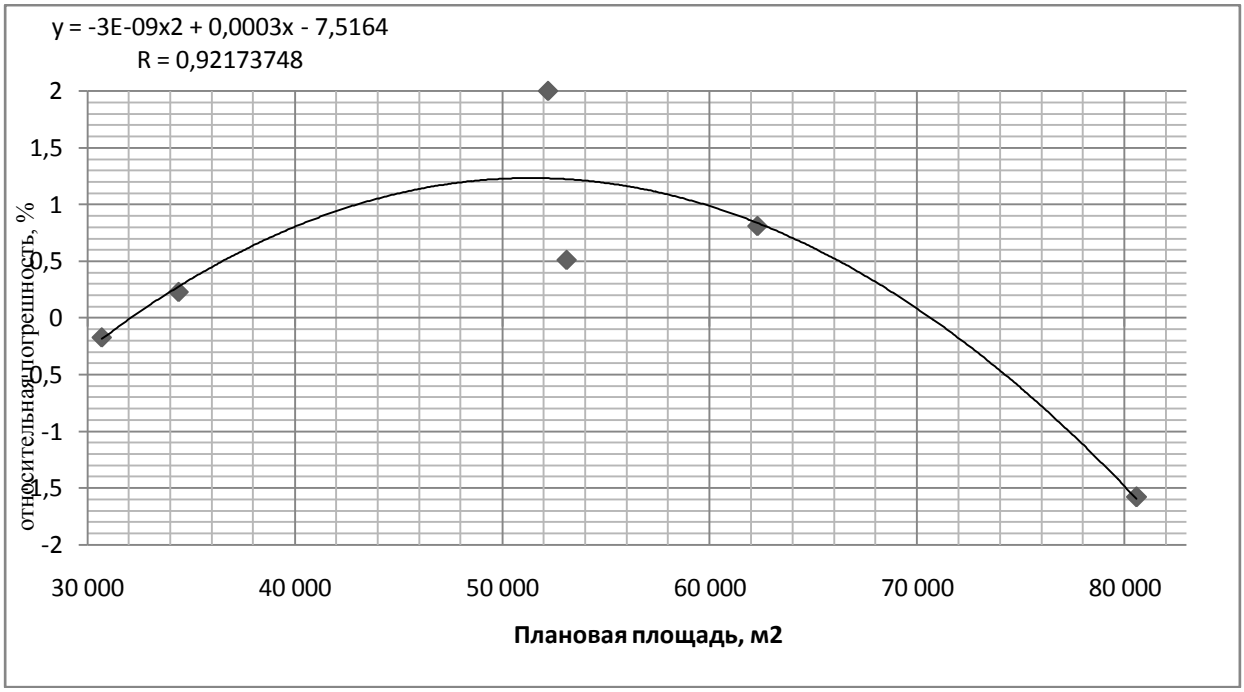


Рис. 1. Влияние плановой площади геологического блока на относительную погрешность при подсчете запасов полезного ископаемого в массиве

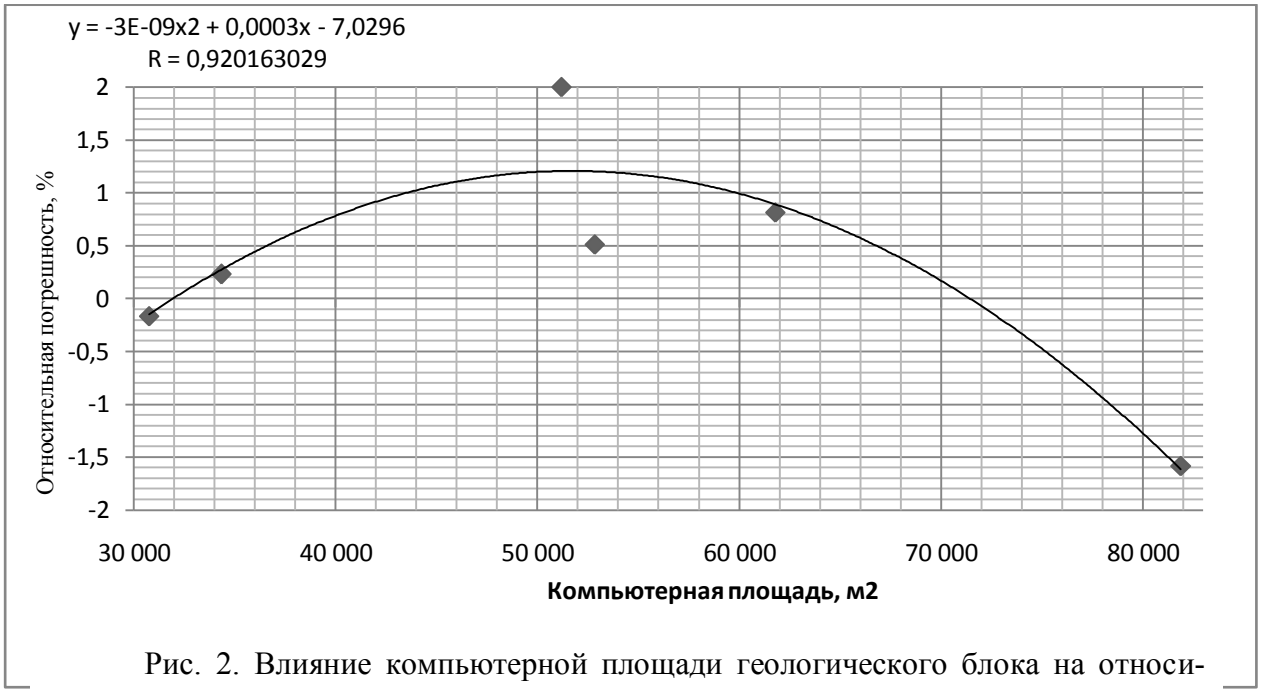


Рис. 2. Влияние компьютерной площади геологического блока на относительную погрешность при подсчете запасов полезного в массиве

чайная погрешность, в положении начальной точки, равна $\tau_{сл}$=-0,45 % (рис. 3 и 4).

При $\tau_{сл}$ =-0,45 % резко увеличивается интервал площадей от 31000 до 40000 м^2 и от 63000 до 73000 м^2.

В дальнейшем исследовании относительная и относительная случайные погрешности n_i и $\tau_{сл} = \pm 0{,}2$ %.

Из вышеизложенного критерия, вытекает следующее: при $n_i = \pm 0{,}2$ %, интервал по площади составляет от 31000 до 34000 м^2 и от 69500 до 72500 м^2, с коэффициентом корреляции R= 0,920163 – компьютерная площадь. Для плановой площади геологического блока, при n_i ±0,2 %, интервал от 31000 до 34000 м^2 и от 69000 до 72000 м^2, с коэффициентом корреляции R =0,92173748.

В двух этих случаях, при n_i и $\tau_{сл}$ =±0,2 %, интервал площадей и коэффициент корреляции имеют минимальное расхождение в своих величинах.

Это свидетельствует о том, что площадь, которая в процессе отработки месторождения не изменяется, самым прямым образом влияет на погрешность при подсчете запасов полезного ископаемого.

При n_i =0 % площадь равна 32000 м^2 и 71000 м^2, относительная случайная погрешность $\tau_{сл}$ = 0 % площади составляют 345000 м^2 и 6800 м^2.

Из всёго вышеперечисленного следует, что интервал для относительной случайной погрешности располагается внутри интервала для относительной погрешности. Разбег в значениях 32000 и 71000 м^2 имеет большие возможности, но при 34500 и 68000 м^2 отмечается высокая вероятность в точности при подсчете запасов в геологических блоках.

Отсюда можно сделать следующий вывод: если геологические блоки будут иметь площади, входящие в диапазоны 32000 – 34500 м^2 и 68000 – 71000 м^2, то погрешность при подсчете запасов будет стремиться к 0 %. Следовательно, рекомендуется, чтобы площадь геологических блоков соответствовала вышепредставленному интервалу.

К примеру, геологический блок площадью 65000 м^2 можно разбить на два блока, с площадями 32500 м^2.

Если блок не удаётся разбить на равноценные блоки, то по мере возможности для начала можно объединить несколько рядом лежащих блоков, а потом приступить к блокировке на более мелкие блоки, с площадями соответствующих интервалов.

2. Влияние плотности сети на достоверность запасов полезного ископаемого в массиве

Для анализа были взяты два полностью отработанных, соседних блока, с разными мощностями и площадями $12^{А}$А и $12^{Б}$В (блокировка по данным 1973 г.). [*]

Запасы по блокам были полностью погашены в начале 1998 г.

[*] **Геология** и запасы Нерюнгринского каменноугольного месторождения: отчет. 1973. (Графические приложения (карты и планы)).

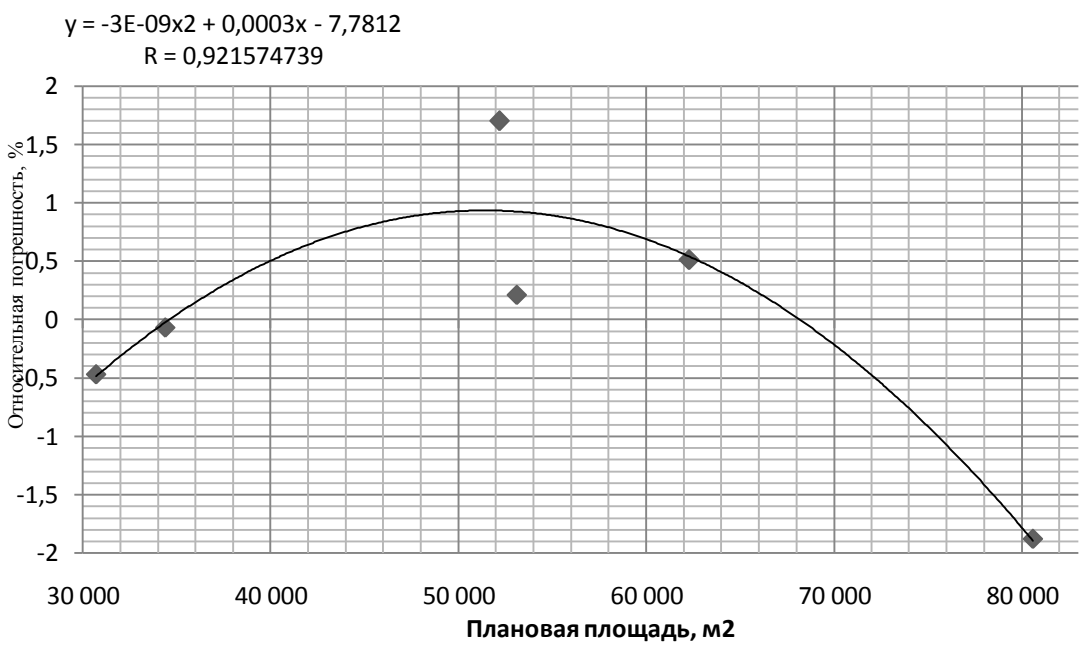


Рис. 3. Влияние плановой площади геологического блока на относительную случайную погрешность при подсчете запасов полезного ископаемого в массиве

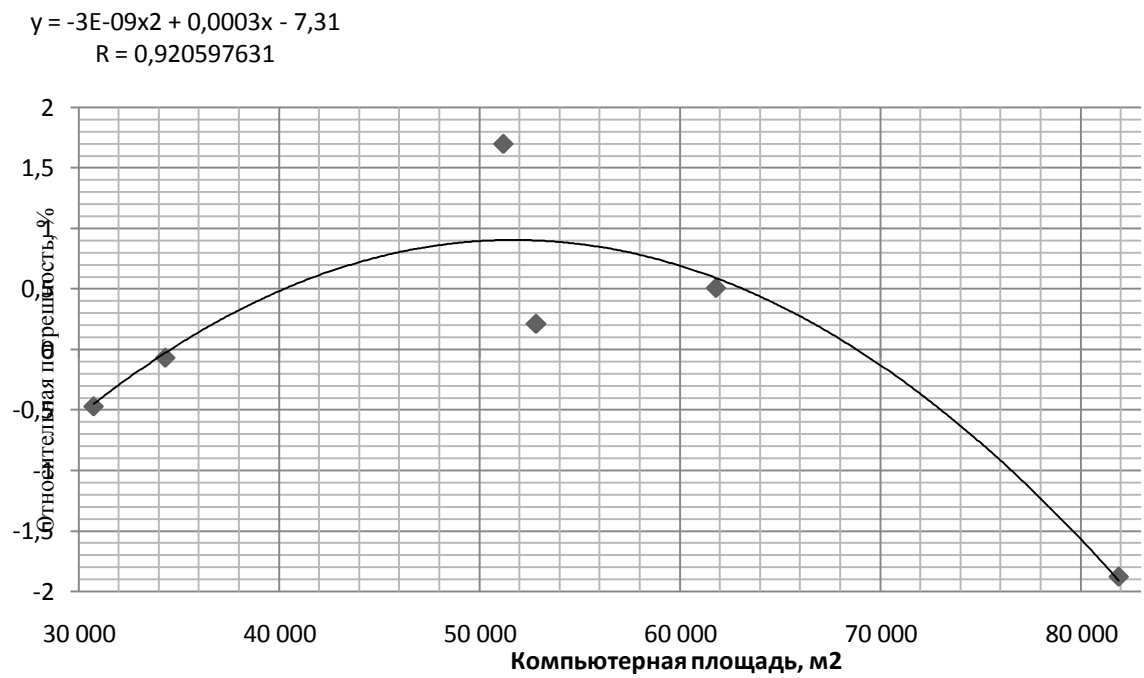


Рис. 4. Влияние компьютерной площади геологического блока на относительную случайную погрешность при подсчете полезного ископаемого

Блок 12^{A}А – исходные данные на 1973 г. – 5 скважин в блоке; мощность 29,34 м; площадь – 126000 м^2; количество запасов – 4842860,4 тонн. К 1987 г., после сгущения разведочной сети скважин, в результате доразведки, на данной площади стало 3 полных и 13 неполных блоков. С увеличением количества скважин с 5 на 53 изменились запасы до 4158573,46 т, при неизменной площади в 126000 м^2.

За счет эксплуатационной разведки, которая совмещается с проходкой горно-подготовительных выработок и опережает очистные работы, горнодобывающее предприятие обеспечивает текущую добычу полезных ископаемых, количество скважин увеличилось с 53 на 59 штук.

Дополнительное количество скважин, привело к незначительному увеличению количества запасов до 5230861,64 т (табл. 1).

Таблица 1

Влияние плотности сети на геометризацию и достоверность запасов полезного ископаемого в массиве

Вид разведки	Блока	Площадь, м^2	Мощность, м		Запасы утверждённые, тонн	Фактические показатели по запасам
			утверждённая	вынимаемая		
Детальная	*12^{A} - А*	126000	29,34		4 842 860,40	4842860,4
Доразведка	92	7848	32,86	33,10	337 805,37	5 158 573,46
	93	1 598	41,10	41,12	86 055,69	
	94	6 528	38,68	42,71	330 824,21	
	95	4 108	29,30	36,72	157 690,03	
	96	2 228	34,70	36,40	101 293,20	
	112а	988	21,60	26,52	27 965,79	
	113	11 748	24,00	24,62	369 367,50	
	113а	2 788	24,44	25,67	89 272,29	
	114	9 428	23,74	29,22	293 184,53	
	115	29 800	34,73	36,17	1 355 683,27	
	116	11 800	37,86	39,18	585 278,53	
	117	8 100	32,70	31,76	346 979,70	
	118	14 117	25,87	28,14	478 435,79	
	151	7 890	31,49	31,16	325 507,02	
	152	540	38,70	39,72	27 376,38	
	155	6 488	28,93	29,89	245 854,18	
Эксплуатационная		126000	31,69			5 230 861,64
Факт отработки				33,26		5 442 676,86

Расчет относительной погрешности, между видами разведки (блок 12^{a}А), %:

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{доразв.}}}{Q_{\text{доразв.}}} \quad 100\ \% = \frac{4842860{,}4 \quad 5158573{,}46}{5158573{,}46} \quad 100\ \% = \quad 6{,}12;$$

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{экспл.}}}{Q_{\text{экспл.}}} \quad 100\ \% = \frac{4842860{,}4 \quad 5230861{,}64}{5230861{,}64} \quad 100\ \% = \quad 7{,}4175;$$

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{4842860{,}4 \quad 5442676{,}86}{5442676{,}86} \quad 100\ \% = \quad 11{,}021;$$

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{доразв.}} \quad Q_{\text{экспл.}}}{Q_{\text{экспл.}}} \quad 100\ \% = \frac{5158573{,}46 \quad 5230861{,}64}{5230861{,}64} \quad 100\ \% = \quad 1{,}382;$$

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{доразв.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{5158573{,}46 \quad 5442676{,}86}{5442676{,}86} \quad 100\ \% = \quad 5{,}219;$$

$$n_{i\ 12^{a}A} = \frac{Q_{\text{экспл.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{5230861{,}64 \quad 5442676{,}86}{5442676{,}86} \quad 100\ \% = \quad 3{,}89.$$

Блок $12^{Б}В$: на 1973 г. количество скважин составляло 5 на блок, со средней мощностью по блоку 21,89 м при площади в 165000 м^2, а количество запасов равно 4731523,5 т (табл. 2).

В стадии доразведки количество скважин увеличилось до 37 штук и образовались один полный и 9 неполных блоков. Дополнительная информация по ГРР привела к уточнению запасов в меньшую сторону до 4650402,67 т, которая объясняется следующим.

В блоке 150В существует несколько скважин с мощностью 9,20 – 9,65 – 9,95 м, они расположены между скважинами с мощностями 13,64 – 15,08 – 11,13 м.

Таблица 2

Влияние плотности сети на геометризацию и достоверность запасов полезного ископаемого в массиве

Вид разведки	Блока	Площадь, м^2	Мощность, м		Запасы утверждённые, тонн	Фактические показатели по запасам
			утверждённая	вынимаемая		
Детальная	***$12^{Б}$ - В***	165000	21,89		4 731 523,50	4731523,5
Доразведка	113а	334	21,38	25,67	9 360,42	4 650 402,67
	150	68 514	16,29	17,44	1 462 438,05	
	151	11 610	32,11	31,16	488 313,50	
	152	10 760	34,2	39,72	482 069,52	
	153	26 300	24,15	26,53	832 039,95	
	154	4 754	32,60	35,79	203 036,34	
	155	5 554	18,15	29,89	132 061,47	
	157	3 414	25,70	25,71	114 948,76	
	179	14 424	19,20	27,35	362 799,63	
	180	19 334	22,24	23,35	563 335,03	
Эксплуатационная		165000	22,35			4 829 871,62
Факт отработки				28,26		5 188 350,04

Расчет относительной погрешности, между видами разведки (блок $12^{Б}В$), %:

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{доразв.}}}{Q_{\text{доразв.}}} \quad 100\ \% = \frac{4731523{,}5 \quad 4650402{,}67}{4650402{,}67} \quad 100\ \% = 1{,}74;$$

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{экспл.}}}{Q_{\text{экспл.}}} \quad 100\ \% = \frac{4842860{,}4 \quad 4829871{,}62}{4829871{,}62} \quad 100\ \% = \quad 2{,}036;$$

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{дет.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{4842860{,}4 \quad 5188350{,}04}{5188350{,}04} \quad 100\ \% = \quad 8{,}804;$$

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{доразв.}} \quad Q_{\text{экспл.}}}{Q_{\text{экспл.}}} \quad 100\ \% = \frac{4650402{,}67 \quad 4829871{,}62}{4829871{,}62} \quad 100\ \% = \quad 3{,}715;$$

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{доразв.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{4650402{,}67 \quad 5188350{,}04}{5188350{,}04} \quad 100\ \% = \quad 10{,}36;$$

$$n_{i\ 12^{Б}В} = \frac{Q_{\text{экспл.}} \quad Q_{\text{факт отраб.}}}{Q_{\text{факт отраб.}}} \quad 100\ \% = \frac{4829871{,}62 \quad 5188350{,}04}{5188350{,}04} \quad 100\ \% = \quad 6{,}909.$$

Последовательность расположения скважин с севера на юг № 4230 (9,2 м) – 4991 (9,95 м) – 3915 (11,3 м) – 4944 (9,65 м) – 3693, 3697 (15,08 м) – 4955 (13,64 м) и находятся друг от друга практически на одинаковом расстоянии в пределах 40 м.

При проведении эксплуатационной разведки было пробурено дополнительно 21 скважина, с мощностью от 12,85 до 52,40 м.

Целью новых скважин, является уточнение ситуации в блоках 179В и 180В, частично с захватыванием незначительной территории соседних блоков 150В, 153В и $154С_1$, и запасы угля изменяются до 4829871,62 т.

Для соседних блоков $12^{А}А$ и $12^{Б}В$ хронологические периоды одинаковые, площади, мощности и количество дополнительных скважин разные, и результат геологоразведочных работ на стадии эксплуатационной разведки привёл к увеличению запасов (рис. 5, 6).

Изменения произошли «в результате доразведки, горнокапитальных или эксплуатационных работ», которые подлежат объяснению.

Плотность S_i разведочной сети определяется как площадь, приходящаяся на одну разведочную скважину – делением площади $S_i^{/}$ ячейки на число n_i разведочных скважин в этой ячейке.*

$$S_i = \frac{S_i^{/}}{n_i};$$

блок $12^{А}А$

$$S_i = \frac{126000}{59} = 2138{,}53\ \text{м}^2;$$

* **Отчёт** о научно-исследовательской работе «Проведение анализа точности определения запасов угля на Нерюнгринском месторождении разведкой различных стадий» / ВНИИГРуголь, 1986 г. 103 с.

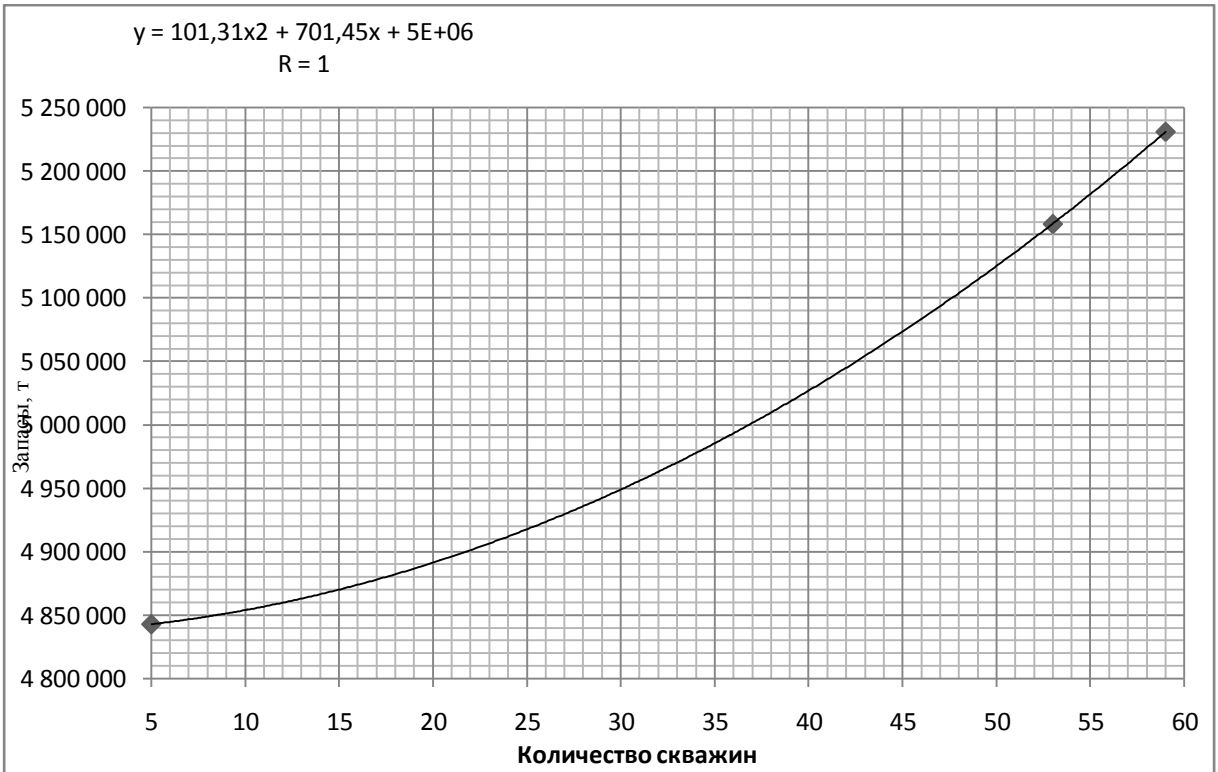


Рис. 5. Влияние плотности сети на геометризацию и достоверность запасов полезного ископаемого в массиве (блок $12^{А}$ – А)

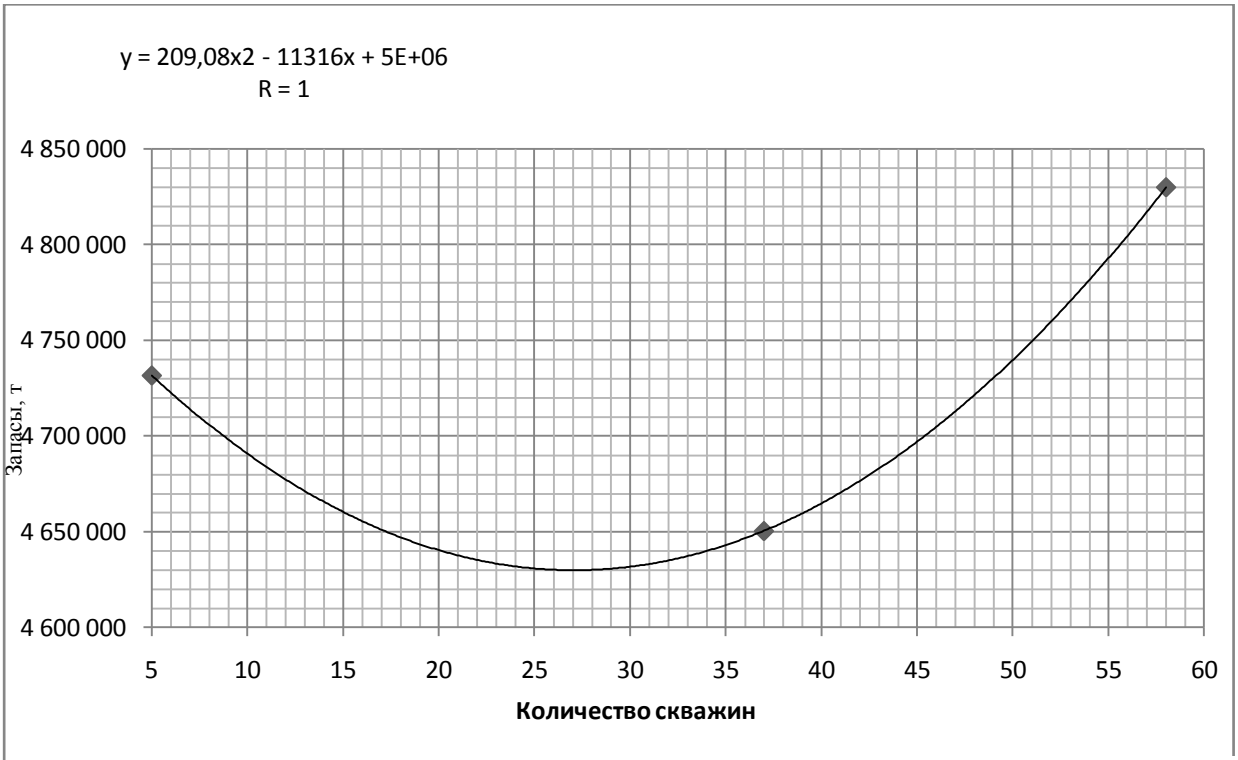


Рис. 6. Влияние плотности сети на геометризацию и достоверность запасов полезного ископаемого в массиве (блок $12^{Б}$ – В)

блок $12^{Б}$В

$$S_i = \frac{165000}{58} = 2844{,}83\ \text{м}^2.$$

При такой площади блоков сетка скважин составила 50×50 м.

В связи с этим нет необходимости выполнять сгущение разведочной сетки скважин на стадии эксплуатационной разведки для Нерюнгринского каменноугольного месторождения по пласту «Мощный», так как данная плотность сети геологоразведочных выработок является оптимальной.

УДК 550.81:622.2

Н. Л. Серебренникова
ООО «Востокнефтепровод» филиал Нерюнгринское районное
нефтепроводное управление (ОАО АК «Транснефть»)

МОРФОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ «МОЩНЫЙ» И «ПЯТИМЕТРОВЫЙ» НЕРЮНГРИНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Промышленная угленосность месторождения связана с отложениями нерюнгринской свиты. Вышележащая холодниканская свита является практически безугольной. Углепроявления в этой свите встречены в виде редких маломощных пропластков угля.

В разрезе нерюнгринской свиты встречено более 20 углепроявлений, из которых около 10 обладают рабочими мощностями. Но практический интерес представляют угольные пласты «Мощный» и «Пятиметровый».

В настоящий период пласт «Мощный» является объектом эксплуатации, отрабатывается открытым способом с 1964 г., а пласт «Пятиметровый» будет отрабатываться шахтным способом и залегает в 120 – 150 м ниже почвы пласта «Мощный».

Оба пласта характеризуются сложной морфологией на площади распространения, обусловленной в основном сложными условиями формирования торфяников и частично наложением постседиментационных процессов, в том числе и тектонического характера.

Формирование торфяника пластов в первоначальный период происходило на выровненной поверхности в однообразных палеогеографических условиях.

Для пласта «Мощный» присущи обширные зоны зеркал скольжения во всей кровельной части, которые свидетельствуют об имеющем место

факте перемещения угольной массы. В некоторых случаях уголь в кровле пласта трансформирован в глыбы яйцеобразной формы диаметром до 2 м, покрытые зеркалом скольжения. Был также зафиксирован случай куполообразного залегания угольной массы в практически горизонтальной кровле пласта, причем размеры купола в поперечнике и в высоту достигали 10 – 15 м при общем падении пород от 20° до 60-70°.

Характерной особенностью пласта «Пятиметровый» является значительная перестройка тектонического режима и палеогеографических условий. Значительную площадь формирования торфяника, особенно в центральной части, периодически занимал водоёмом, рост торфяника прекращался, и формировались терригенные осадки. Существенную роль в разрушении торфяника по периферии водоёма играли временные и постоянные водотоки.

Местами они представляют собой сложнопостроенную залежь мощностью до 8-10 и даже 20-25 м (пласт «Пятиметровый») и от 1,4 до 107,54 м, в отдельном случае до 140 м (пласт «Мощный») (рисунок).

На рисунке представлено резкое изменение мощности от минимального до максимального значений, с зонами пережимов и раздувов и с сложной формой выклинивания.*

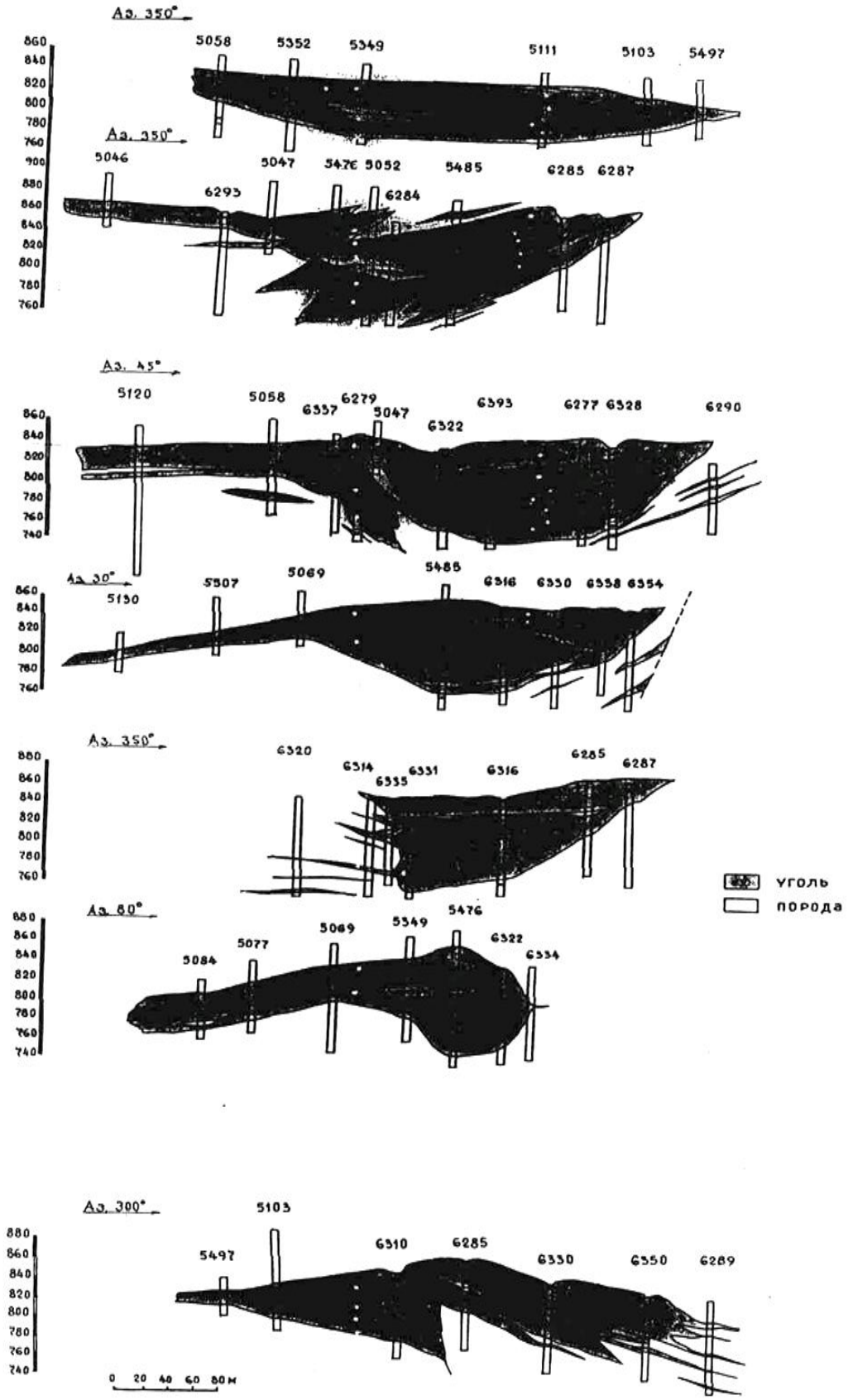
Столь резкое изменение мощности угольных пластов объясняется причинами первичного угленакопления. При прохождении через пласт плоскостей разрывных нарушений с образованием зон полного или частичного «зияния», угольная масса, заполняя ослабленные зоны, может образовать раздувы угольного пласта, равно как и утонения на других скомпенсированных участках. Следует также учитывать, что в силу разной плотности угля и пород угольная масса имеет тенденцию к «всплыванию».

В результате сформировались сложные в морфологическом плане и в качественном отношении угольные пласты.

Пласт «Мощный» имеет среднюю зольность рядового угля около 20 % при колебаниях по отдельным слоям и участкам от 10-12до 23-25 %. Обогатимость угля очень трудная (IV категория по ГОСТ 10100-84). Для углей характерно очень низкое содержание серы (S_t^d =0,2–0,3 %) и несколько повышенное содержание фосфора (P^d = 0,02 – 0,04 %).

По петрографическому составу угли в целом однородные витринитовые. Среднепластовое содержание витринита 80 – 85 %, содержание отощающих компонентов 15 – 20 %. Показатель отражения витринита $R_{0,n}$ изменяется от 1,5 до 1,65 %. Выход летучих веществ V^{daf} в обогащенных углях колеблется, в зависимости от степени метаморфизма и петрографического состава, в пределах от 17 до 22 %, преобладающий уровень значений V^{daf} = 18 – 21 %.

* Геологический отчет о результатах детальной разведки пласта Пятиметрового Нерюнгринского каменноугольного месторождения. Нерюнгри, 1999. Т. 1, книга 2. 439 с.



Строение угольной залежи пласта «Мощный» в различных сечениях

Особенности геологического строения Нерюнгринского месторождения и специфические условия геоморфологического развития района обусловили формирование в пласте «Мощном» глубокой и очень сложной по строению зоны окисления. Наряду с неокисленными углями, залегающими на глубоких горизонтах месторождения (более 100 м от поверхности), в пласте выделяется переходная зона частично окисленных углей и зона сильно окисленных углей.

В табл. 1 приведены усреднённые показатели свойств углей для разных зон пласта «Мощного».

Таблица 1

Основные показатели свойств углей из разных зон пласта «Мощного» на Нерюнгринском месторождении

Зольность концентрата A^d, %	V^{daf}, %	Содержание С, %	Содержание О, %	Влага гигроскопическая $W^{ги}$, %	Показатели спекаемости и коксуемости				
					y, мм	RJ, мм	FSI	тип кокса по Грей-Кингу	остаток кокса в большом барабане по самостоятельному коксованию
Неокисленная зона									
9 – 10	18 – 21	90 – 92	1,6 – 3,0	менее 0,8	12 – 15 и более	30 – 80	8 – 9	$G_2 – G_6$	335 – 350
Переходная зона									
		89 – 91	2,0 – 4,0	0,8 – 2,0	6 – 12	менее 33	1 – 7	G_1 и ниже	менее 320
Сильно окисленная зона									
		85 – 90	4,0 – 9,0	более 2	менее 6	0 – 1	0 – 1	А	

Колебание основных показателей свойств углей в неокисленной части пласта «Мощного» определяется изменением степени метаморфизма и петрографического состава в разных его частях. Переходная зона пласта характеризуется сильной изменчивостью всех показателей свойств, причём эти изменения происходят нередко на очень коротких расстояниях, поэтому их трудно уловить даже в процессе эксплуатационной доразведки. В этой зоне, наряду с частично окисленными углями, встречаются слои и локальные участки неокисленного и сильно окисленного углей. Любая пластовая проба или товарный уголь из этой зоны представляют собой смесь углей разной степени окисленности. В сильно окисленной зоне пласта угли полностью потеряли свои спекающие свойства и из коксующихся перешли в разряд энергетических.

Следует отметить, что проведённые в ВУХИНе исследования показали значительную стойкость нерюнгринских углей марки К к окислению после извлечения их из недр. Без заметного снижения технологических свойств они могут храниться в течение 1 – 1,5 лет, т. е. со всех точек зре-

ния являются благоприятным компонентом для создания резервного (аварийного) запаса угля на складах КХП.*

«ВУХИН» и «КузНИИуглеобогащение» делали качественный анализ одного месторождения, но разные пласты, и полученный результат позволил сделать вывод об очень трудной обогатимости углей пластов «Мощный» и «Пятиметровый».

Пласт «Пятиметровый» без учета породного засорения (фракция плотностью менее 1800 кг/м^3) угля характеризуется зольностью от 13,6 – 15,0 до 19,9 – 22,5 %.

Содержание серы в рядовых углях колеблется в пределах 0,22 – 0,49 %, а после обогащения S_t^d находится в пределах 0,26 – 0,54 %, возрастая в единичных пробах до 0,6–0,63 %. По сравнению с углём пласта «Мощного» содержание серы в углях, изученных пластов, в среднем несколько выше.

В углях пласта «Пятиметровый» P^d изменяется от 0,01 до 0,032 %. По содержанию фосфора исследованные угли относятся к малофосфористым ($P^d < 0{,}01$ %) и реже к среднефосфоритным (P^d =0,01–0,03 %). Спекаемость неокисленных углей ($R_{o,n}$ =1,5–1,63%) у пласта «Пятиметровый» несколько выше, чем у «Мощного».

На предварительной стадии разведки маркировка углей была выполнена согласно бассейновой классификации (ГОСТ 10101-73), на стадии детельной разведки – согласно ГОСТ 25543-88 Классификации по генетическим и технологическим параметрам.

Согласно бассейновой классификации исследованные угли были отнесены к маркам К, ОС, и СС (табл. 2). Угли марки К, развитые в северной и южной частях разведываемой площади, существенно отличаются по V^{daf}, толщине пластического слоя и показателю отражения витринита. В северной части площади технологическая группа $К_9$ объединяет неокисленные угли «у» ≥ 18 мм и слабоокисленные угли, еще сохранившие высокую коксуемость и имеющие толщину пластического слоя в пределах 9 – 17 мм. Более глубокоокисленные угли выделены в технологическую группу $К_6$. При повышении степени метаморфизма в юго-восточном направлении в группу $К_9$ отнесены неокисленные угли с толщиной пластического слоя 9 – 12 мм и V^{daf} = 17–19 %. К марке ОС отнесены угли с выходом летучих веществ менее 17% и толщиной пластического слоя 8 – 13 мм. Сильно окисленные неспекающиеся угли (V^{daf} =17–22 %) выделены в марку СС (технологическая группа ЗСС). Неокисленные угли разделяются на две марки – К и ОС (см. табл. 2). В таблице проведено сопоставление маркировки углей по ГОСТ 10101-73 и 25543 – 88, из которого следует, что в северной части

* Фаткулин И. Я., Пантелеев Е. В. Сводный отчет «Качество. Технологические свойства и пути использования углей Южно-Якутского бассейна». Том 1. Екатеринбург: НПО «ВУХИН», 1995. 205 с.

площади пласт «Пятиметровый» сложен углём марки К (группа 2К), характеризующейся высокой спекающей способностью. Слабоокисленные угли этой марки по своим классификационным параметрам соответствуют маркам К*, ОС*, где условный знак (*) свидетельствует о снижении спекающей способности в связи с окислением. Более глубокоокисленные угли по качественным показателям соответствуют неокисленным углям марки КС*.

Таблица 2

Классификация углей Нерюнгринского каменноугольного месторождения (пласт «Пятиметровый»)

ГОСТ 10101 – 73				ГОСТ 25543 – 88						
марка угля	группа	V^{daf} %	у, мм	марка угля	группа	класс по $R_{o,n}$	категория по Σ ОК	тип по V^{daf}	подтип по «у»	примечание
К	$К_9$ (неокисленный)	17 – 22	≥ 18	К	2К	15, 16	0	16, 18	18 – 24	Развиты в северной части площади
	$К_9$ (слабоокисленный)	17 – 22	9 – 17	К*, ОС*	2К*, 1ОС*	15, 16	0	16, 18	9 – 17	То же
	$К_6$ (окисленный спекающийся)	17 – 22	6 – 8	КС*	2КС*	15, 16	0	18	6 – 8	– // –
	$К_9$ (неокисленный)	17 – 19	9 – 12	ОС	1ОС	16, 17	0	16, 18	9 – 12	коксуемость изучена
	$К_6$ (окисленный спекающийся)	17 – 19	6 – 8	КС*, ОС*	2КС*, 2ОС*	16, 17	0	16, 18	6 – 8	То же
ОС	–	< 17	8 – 13	ОС	1ОС, 2ОС	16 – 18	0	16	8 – 13	– // –
СС	ЗСС (окисленный неспекающийся)	17 – 22	0 – 5	СС*	ЗСС*	15 – 17	0	16, 18	0	– // –

Уголь пласта «Пятиметровый» характеризуется однородным петрографическим составом и представлен в основном микрокомпонентами с группы витринита 94 – 95 %. Минеральные примеси в основном связаны с органической массой, и додрабливание угля для раскрытия зёрен нецелесообразно.

УДК 622.1:553.97:624.131.43

Г. Л. Макаренко
Тверской государственный технический университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖАРЫ» ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

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 видов торфяных отложений, скорости торфонакопления в зависимости от вида торфа, степени трофности среды торфонакопления, формировании микрорельефа болота и др.) [1-3].

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 [4].

Материалы и методы

В основу исследований была положена обобщенная модель стадий и этапов развития торфяной залежи болот, основанная на степени трофности среды торфонакопления и позволившая в общем виде рассматривать залежь по стадиям и этапам развития (см. таблицу) [5].

Степень трофности среды торфонакопления в растительном покрове болот определяют эвтрофный и олиготрофный виды болотных растений-торфообразователей и трехкомпонентный состав торфяных отложений, куда входят: фактическое процентное содержание эвтрофной и олиготрофной групп растительных остатков, степень разложения. Были выделены эвтрофная и олиготрофная стадии развития, каждая из которых включает в

себя два этапа. При этом выявлено, что процесс торфонакопления носит системный характер и может начинаться на любом этапе и любой стадии развития болота.

Обобщенная модель стадий и этапов развития современного болото- и торфообразовательного на основе компонентного состава торфяных отложений

<table>
<tr><td colspan="3">Динамическая часть залежного слоя – единовременная среда произрастания болотной растительности и среда активного неполного разложения отмершей растительной массы</td></tr>
<tr><td>Соотношение остатков в торфе</td><td>Стадии и этапы развития собственно залежного слоя</td><td>Основная характеристика торфяных отложений</td></tr>
<tr><td> О = 100 %</td><td>Второй этап олиготрофной стадии развития</td><td rowspan="2">Основная подвижная форма катионов во внутрипоровом растворе – катион H^+
Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава:
гумифицированная олиготрофная $R_О$
смешанная олиготрофная $СМ_О$
олиготрофная О</td></tr>
<tr><td> О > Э</td><td>Первый этап олиготрофной стадии развития
ОЛИГОТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ</td></tr>
<tr><td colspan="2">ГРАНИЦА ПЕРЕХОДА</td><td>Основные группы контактов
ПЕРВАЯ: $R_Э – R_О$; $R_Э – СМ_О$; $R_Э – О$
ВТОРАЯ: $СМ_Э – R_О$; $СМ_Э – СМ_О$; $СМ_Э – О$
ТРЕТЬЯ: $Э – R_О$; $Э – СМ_О$; $Э – О$</td></tr>
<tr><td> Э > О</td><td>Второй этап эвтрофной стадии развития</td><td rowspan="2">Основная подвижная форма катионов во внутрипоровом растворе – катион Ca^{++}
Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава:
гумифицированная эвтрофная $R_Э$
смешанная эвтрофная $СМ_Э$
эвтрофная Э</td></tr>
<tr><td> Э = 100 %</td><td>Первый этап эвтрофной стадии развития
ЭВТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ</td></tr>
<tr><td colspan="3">Минеральная геологическая среда на основе природных геологических процессов и явлений или лимно-гляциальные и лимногенные образования (пески, супеси, суглинки, глины, илы, сапропели)</td></tr>
</table>

Построена генетическая классификация торфяных отложений. В основу выделения таксономических единиц предлагаемой классификации (типа, группы и класса) положено соотношение фактического процентного содержания групп эвтрофных (Э) и олиготрофных (О) растительных остатков в составе торфяных отложений (компонентного состава по типовой принадлежности) по вертикальному профилю (разрезу) болота. В том случае, когда торфяные отложения полностью состоят из эвтрофных растительных остатков или последние преобладают над олиготрофными, то их относят к эвтрофному (низинному) типу. Если же торфяные отложения полностью состоят из олиготрофных растительных остатков или последние преобладают над эвтрофными, то их относят к олиготрофному (верховому) типу. Внутри каждого типа выделено три группы и шесть классов торфяных отложений [6].

В процессе исследований на этой же основе была разработана генетическая классификация залежей болот, позволившая в общем виде рассматривать залежь по стадиям и этапам развития [7]. Выделены два вида образования залежи: одностадийный (низинный и верховой типы) и двух-

стадийный (смешанный тип). В смешанном типе предложено выделять девять типов контактов перехода залежи из эвтрофной стадии торфонакопления в олиготрофную. Типы горизонтального контакта в залежном слое болот были объединены в три группы: **первая группа** $R_Э–R_О$; $R_Э–СМ_О$; $R_Э–О$ (нижняя часть контакта сложена гумифицированным евтрофным торфом); **вторая группа** $СМ_Э–R_О$; $СМ_Э–СМ_О$; $СМ_Э–О$ (нижняя часть контакта сложена смешанным евтрофным торфом); **третья группа** $Э–R_О$; $Э–СМ_О$; Э–О (нижняя часть контакта сложена эвтрофным торфом) (см. таблицу). Для смешанного типа залежи болот лесной зоны произведена оценка относительной встречаемости групп горизонтального контакта перехода залежного слоя из евтрофной стадии развития в олиготрофную. Относительная встречаемость составила: 1-я группа – 8 %, 2-я группа – 34 %, 3-я группа – 58 %. Каждой разновидности залежи присвоен индекс строения. Разработана формула залежи, отражающая особенности стратиграфии и закономерности состава и природных свойств торфяных отложений в условиях естественного залегания. В результате было показано, что торфонакопление является естественным системным процессом. Все приведенное выше составило основу методики проведения комплексных исследований в направлении использования стратиграфических участков по образованию и развитию торфяной залежи.

Характеристика объекта

По местоположению в рельефе торфяное месторождение занимает первую надпойменную террасу р. Щегринка. Стратиграфию торфяной залежи определяют смешанный и низинный типы строения (промышленно-генетическая классификация, рис. 1). Торфяную залежь подстилает серый песок.

Смешанный участок (смешанно-топяной вид строения)

Находится на северо-западной стороне месторождения и занимает в границах 0,7 м 23,55 га. Участок покрыт древесной растительностью, состоящей из угнетенной сосны высотой 2…3 м, с диаметром стволов 5…8 см и полнотой 0,6. Травяно-кустарничковый покров состоит из багульника, кассандры, пушицы (*Eriophorum*) и осок (*Carex*). Очесный слой толщиной до 15 см состоит из сфагновых мхов (*Sph. magellanicum*), переплетенных корнями багульника и кассандры (*Ericacea*). Торфяную залежь до глубины 1,5 м слагают верховые торфяные отложения, из них: в слое на глубину 0…1,0 м магелланикум торф и в слое на глубине 1,0…1,5 м пушицево-сфагновый. Остальная часть залежи состоит из переходных топяных торфов (осоковый переходный и сфагновый переходный). Средняя степень разложения по участку 46 %; средняя зольность 5,44 %; средняя мощность залежи 2,04. Запас торфа-сырца 480,42 тыс. куб. м.

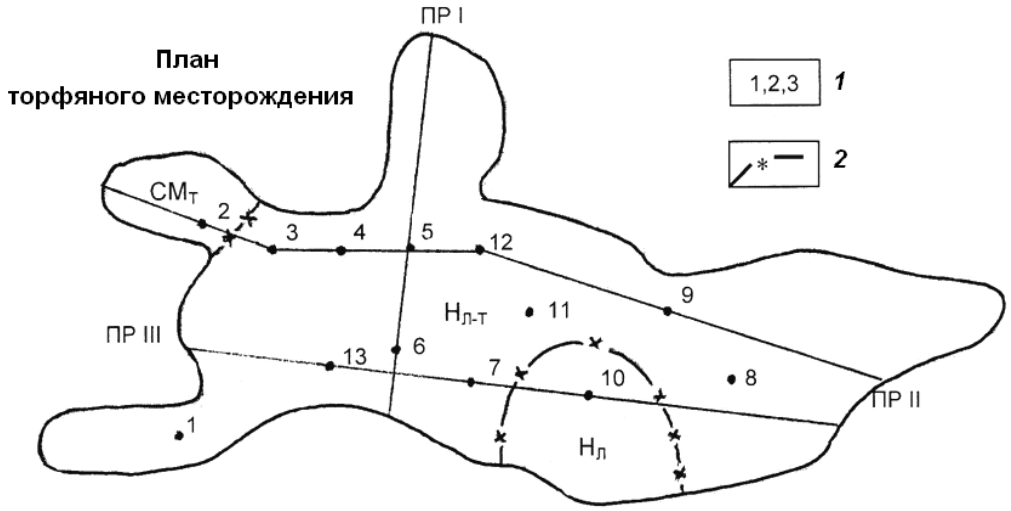


Рис. 1. Виды строения залежи промышленно-генетической классификации:
СМт – смешанная топяная; Нл-т – низинная лесо-топяная; Нл – низинная лесная; *1* – пункты опробования; *2* – границы стратиграфических участков

Низинный участок (низинный лесной вид строения)

Находится в юго-восточной части месторождения. Площадь участка в границах 0,7 м 64,0 га. Участок покрыт древесной растительностью, состоящей из березы (*Betula*), сосны (*Pinus*), ивы (*Salix*) высотой 4…10 м, диаметром стволов 5…15 см и полнотой 0,9. Травяно-моховой покров состоит из тростника, таволги, хвоща (*Equisetum*) и гипнума (*Gypnum*). Микрорельеф кочковатый, кочки осоковые высотой 15…35 см, диаметром 20…50 см. Торфяная залежь участка сложена на всю глубину низинным типом торфа, древесной подгруппы и подстилается древесно-осоковым и древесно-тростниковыми видами торфа. Средняя степень разложения торфа по участку 48 %; средняя зольность торфа 15,5 %. Запас торфа-сырца 1632 тыс. куб. м. Имеются донные отложения сапропеля со средней мощностью 0,3 м.

Низинный участок (низинный лесо-топяной вид строения)

За небольшим исключением занимает всю основную площадь месторождения. Площадь участка в границах 0,7 м 435,35 га. Участок покрыт древесной растительностью, состоящей из березы (*Betula*), сосны (*Pinus*), ели (*Alnus*) высотой 3…8 м, диаметром стволов 3…8 см, полнотой 0,8. Ближе к окрайкам встречаются кусты ивы (*Salix*). Травяно-кустарничковый покров состоит из багульника, кассандры, осоки (*Carex*), тростника (*Phragmites*), таволги, хвоща (*Equisetum*). Моховой покров представлен сфагновыми (*Sphagnum*) и гипновыми (*Gypnum*) мхами. Микрорельеф кочковатый. Кочки осоковые высотой 0,2…0,4 м, диаметром 30…35 см. Торфяная залежь участка сложена торфами низинного типа. Преобладающие виды: древесно-тростниковый, древесно-осоковый и гипновый низинный. Средняя степень разложения торфа по участку 39 %; средняя зольность торфа 11,44 %. Запас торфа-сырца 11754 тыс. куб. м.

Результаты исследований

На исследуемой площади в соответствии с промышленно-генетической классификацией встречено два типа строения залежи – смешанный и низинный (рис. 2).

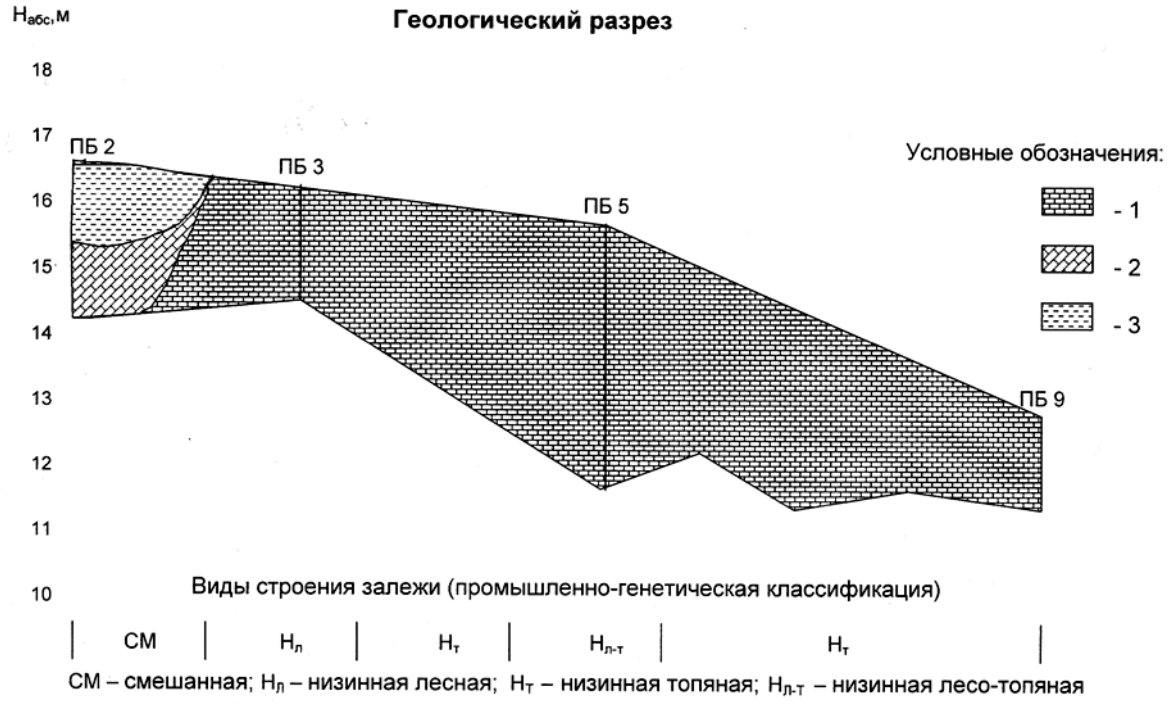
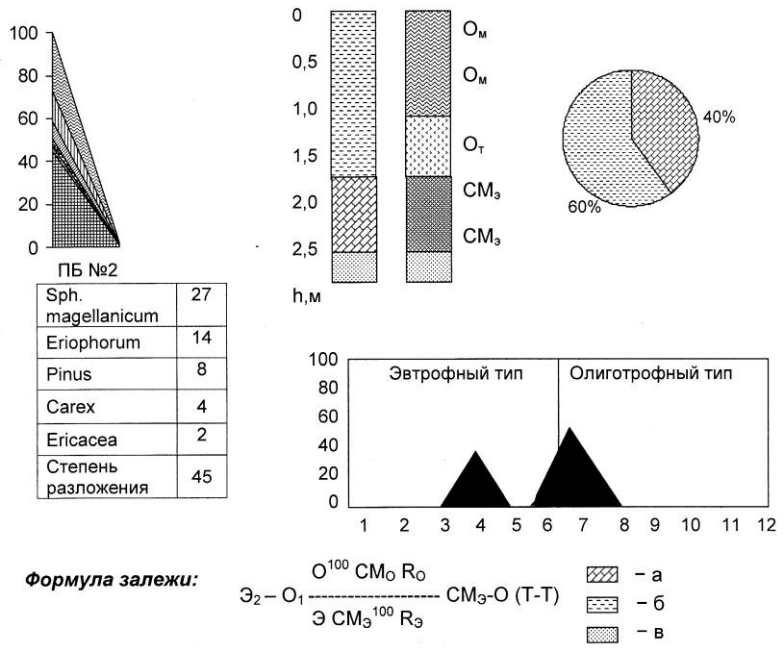


Рис. 2. Результаты геологических исследований. Этап и стадия образования и развития залежного слоя:

1 − первый эвтрофной стадии $Э_1$; *2* − второй эвтрофной стадии $Э_2$; *3* − первый олиготрофной стадии $О_1$

Залежь со смешанным строением (мелкозалежный вариант) в своем развитии проходит два этапа второй эвтрофной стадии и первый олиготрофной. Переходу залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную соответствует $СМ_Э$-$СМ_О$ тип контакта, в нижней и верхней части которого в составе торфяных отложений преобладают травяные растительные остатки (Т–Т). *Sph. magellanicum* и *Eriophorum* в растительном покрове (подземная часть) являются индикаторами строения залежи с преобладанием олиготрофного мохового класса торфяных отложений $О_М$ (рис. 3).

Залежь низинного типа (мелкозалежный вариант) в своем развитии проходит только первый эвтрофной стадии и полностью сложена низинным (эвтрофным) типом торфяных отложений. Древесные остатки и осоки (*Carex*) в растительном покрове являются индикаторами строения залежи с преобладанием эвтрофного древесного класса торфяных отложений $Э_Д$ (рис. 4).

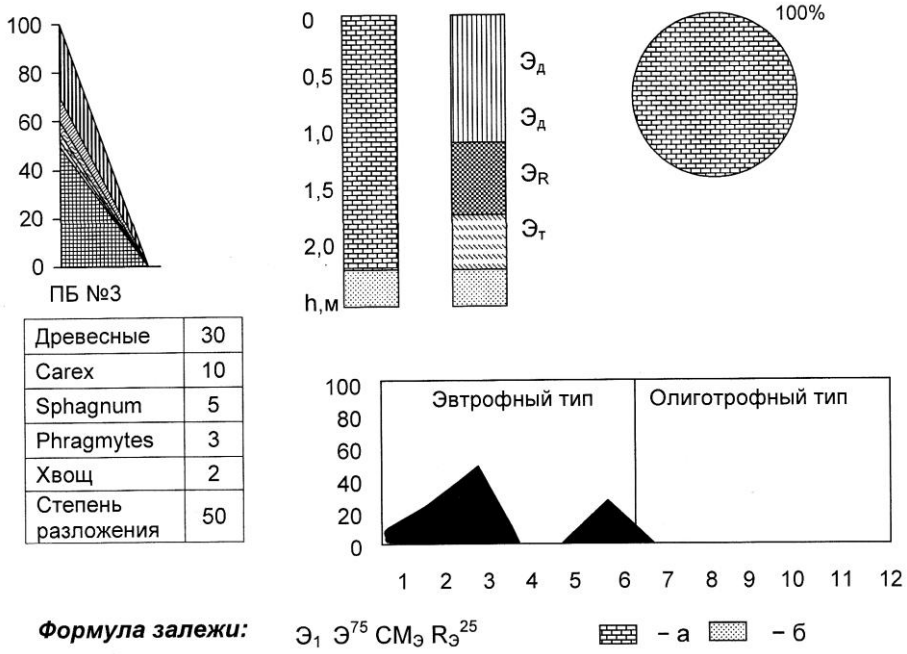


Sph. magellanicum	27
Eriophorum	14
Pinus	8
Carex	4
Ericacea	2
Степень разложения	45

Рис. 3. Комплексная оценка развития болота на основе степени трофности среды торфонакопления (стратиграфический участок залежи смешанного типа).

Этапы и стадии развития: *а* − второй эвтрофной стадии $Э_2$; *б* − первый олиготрофной стадии $О_1$; *в* − подстилающий грунт серый песок.

Классы торфяных отложений: эвтрофный тип (*1-6*): *1* – эвтрофный моховой, *2* – эвтрофный травяной, *3* – эвтрофный древесный, *4* – смешанный эвтрофный, *5* – смешанный эвтрофный гумифицированный, *6* – эвтрофный гумифицированный; **олиготрофный тип** (*7-12*): *7* – олиготрофный моховой, *8* – олиготрофный травяной, *9* – олиготрофный древесный, *10* – смешанный олиготрофный, *11* – смешанный олиготрофный гумифицированный, *12* – олиготрофный гумифицированный



Древесные	30
Carex	10
Sphagnum	5
Phragmytes	3
Хвощ	2
Степень разложения	50

Рис. 4. Комплексная оценка развития болота на основе степени трофности среды торфонакопления (стратиграфический участок залежи низинного типа).

Этапы и стадии развития: *а* − первый эвтрофной стадии $Э_1$; *б* − подстилающий грунт серый песок. **Классы торфяных отложений** (см. рис. 3)

Выводы

Проведенными исследованиями установлено, что определенному виду промышленно-генетической классификации залежи отвечает вполне конкретный характер болото- и торфообразовательного процесса на основе степени трофности среды торфонакопления. Каждому этапу и стадии развития соответствуют вполне конкретные геологические условия естественного залегания залежи, генетически взаимосвязанные группы и классы торфяных отложений и характеристика их состава и природных свойств, что позволяет устанавливать взаимосвязь растительного покрова торфяного месторождения (его подземной части) со стратиграфией залежи.

Библиографический список

1. **Aaby B. & 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.

2. **Иванов К. Е.** Трофность среды обитания растительного покрова болот и гидролого-географический метод оценки некоторых ее показателей // Вопросы гидрогеологии болот: Труды ГГИ. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. Вып. 333. С. 3-32.

3. **Finland** – land of mires.: Tapio Lindholm and Raimo Heikkilä (eds.) Helsinki: Finnish Environment Institute, 2006. 273 p.

4. **Бахнов В. К.** Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука, 1986. 193 с.

5. **Макаренко Г. Л.** Геологическая природа болот: монография 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2009. 163 с.

6. **Макаренко Г. Л.** Классификация торфяных отложений на основе их компонентного состава // Физика и химия торфа в решении проблем экологии: тезисы докладов Международного симпозиума. Минск: ОДО «Тонпик», 2002. С. 46-48.

7. **Макаренко Г. Л.** Генетическая классификация залежей торфяных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка. М.: РГГРУ, 2007. № 3. С. 69 – 71.

УДК662.613.13

Л. Я. Кизильштейн
Южный федеральный университет

ЗОЛООТВАЛЫ ГОРЮЧЕСЛАНЦЕВЫХ ТЭС – ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ
(Сообщение 5. Карбонатные микросферы в прудах-отстойниках)

В золе ТЭС, сжигающей горючие сланцы, обнаружены микросферы, отличающиеся химическим и минеральным составом, а также условиями образования от алюмосиликатных полых микросфер (АСПМ) в продуктах сжигания угольных ТЭС [3, 4]. В предлагаемой статье приведены результаты исследований этих микросфер, выполненных в Лаборатории геологии угля Ростовского государственного университета (в настоящее время - Южный федеральный университет) под руководством автора.

Речь идет о **карбонатных** микросферах, обнаруженных в воде и береговых отложениях прудов-отстойников системы гидрозолоудаления ТЭС, работающих на горючих сланцах Прибалтийского бассейна – Эстонской ГРЭС (Республика Эстония) и ТЭЦ №1 (Ленинградская область, РФ). На обеих электростанциях сжигаются среднеордовикские горючие сланцы – “кукерситы“. Состав сланцев подробно охарактеризован в работах [1, 5]. Отметим важные для дальнейшего изложения характеристики сланцев (% на орг. массу): C ≈ 77-78, H ≈ 9-10, O ≈ 9-10; содержание минерального вещества 40-60 %. Состав минерального вещества – карбонаты (основное) и силикаты. На ГРЭС применяется пылеугольная система сжигания; температура сжигания 1300-1400 ˚C.

В прудах-отстойниках обнаружены микросферы двух типов: 1 – аналогичны АСПМ угольных ТЭС (рис. 1, фото 1), образовавшиеся в процессе расплавление силикатного минерального материала при сжигании; подробно – в работе [4]. 2 – карбонатные микросферы (см. рис. 1, фото 2), впервые описанные в [4] и имеющие совершенно иное происхождение.

При обследовании упомянутых ГРЭС и систем гидрозолоудаления было обращено внимание на то, что на поверхности воды прудов-отстойников и на береговых отмелях (“пляжах”) встречаются участки, покрытые плавающим или отложившимся белым рыхлым осадком. Мощность подобных образований достигает местами нескольких десятков сантиметров. Сочетание белой береговой зоны с изумрудной водой пруда создает удивительную по красоте природную картину.

Изучение этого материала под микроскопом показало, что он практически нацело состоит из карбонатных (кальцитовых) полых микросфер

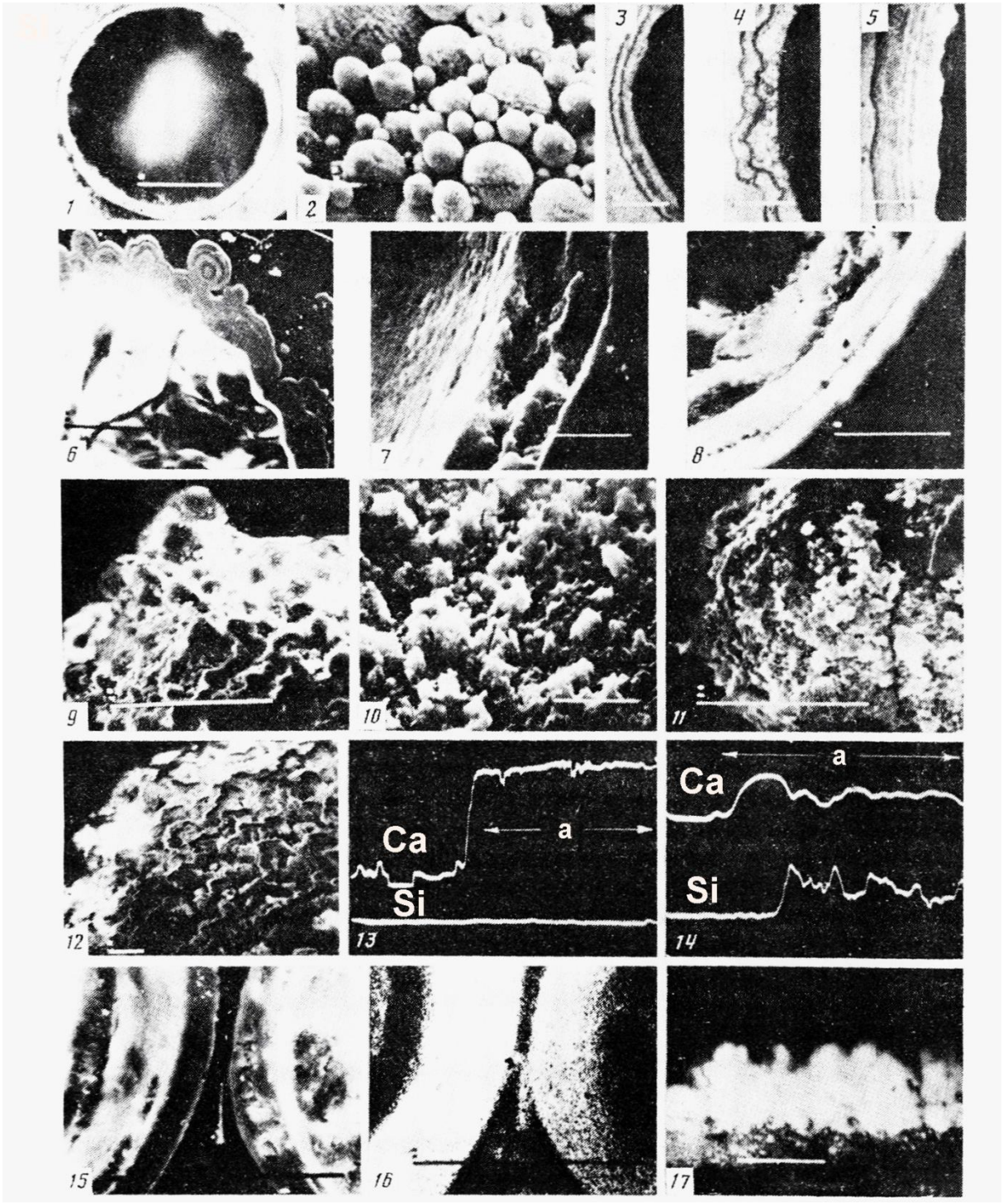


Рис. 1. Микросферы из пруда – отстойника горючесланцевой ГРЭС:

1 – алюмосиликатная полая микросфера (АСПМ) (здесь и далее – отраженный свет); *2* – карбонатные полые микросферы (КПМ); *3-8* – строение оболочек КПМ; *9-12* – структура поверхности КПМ; *13, 14* – распределение Ca, Si в оболочке КПМ (*13*) и АСПМ (*14*) (*a* – граница оболочки); *15, 16* – оболочка КПМ в характеристическом рентгеновском излучении Ca; *17* – строение оболочки КПМ; *линейная шкала – 10 мкм*

(КПМ) и их обломков. Диаметры КПМ составляют 160-800 мкм; в среднем – 340 мкм. Внешняя поверхность КПМ неровная, перфорированная многочисленными отверстиями. Внутренняя (по наблюдениям обломков) чаще всего также неровная, но иногда бывает гладкой и блестящей. В этих случаях она представлена алюмосиликатной матрицей, на поверхности которой отложен карбонатный материал. Можно предположить, что эти КПМ образовались в результате отложения карбонатов на поверхности АСПМ. Микроструктура карбонатной оболочки, как правило, концентрически зональная (см. рис. 1, фото 3-8). Отдельные слойки имеют оптические различия вследствие разной формы и размеров отдельных кристалликов кальцита и изменяющихся включений глинистого вещества. Правильная сферическая форма среди КПМ преобладает (см. рис. 1, фото 2), но иногда они имеют овальную или более сложную форму. При обработке холодной 5 %-ной HCl КПМ мгновенно растворяются без заметного остатка: что свидетельствует о том, что они состоит из кальцита.

Поверхность КПМ, по наблюдениям в сканирующем микроскопе, имеет неровности (рельеф), характерные для “натечных“ образований. Обычно она покрыта остроконечными кристалликами, чешуйками и ячейками (см. рис. 1, фото 9-12).

Оптические признаки, результаты термического и рентгеноструктурного анализов подтверждают, что оболочка КПМ сложена кальцитом. Рентгеноспектральный анализ материала по профилю, пересекающему оболочку (см. рис. 1, фото 13), показывают, что концентрация кальция изменяется от 30 до 40 %. Неравномерное распределение концентраций кальция подтверждается снимками в характеристическом рентгеновском излучении (см. рис. 1, фото 15, 16). Толщина оболочек составляет 3-12 мкм. Структуры, образующиеся в результате осаждения карбоната на поверхность АСПМ, иллюстрируются рис. 1, фото 17. В среднем КПМ значительно крупнее АСПМ.

В то время как АСПМ на угольных ТЭС находятся в золе-уносе, КПМ обнаруживаются только в пруде-отстойнике. Скопления карбонатных полых микросфер можно наблюдать и на поверхности воды пруда-отстойника в виде белесых плавающих пленок.

Сланцы Прибалтийского бассейна относятся к классу карбонатных с зольностью 60 – 70 % (на сух. вес). Согласно работе [5], их следует считать породой, состоящей из органической, карбонатной и песчано-глинистой компонент. Состав карбонатной компоненты (средний, %): кальцит 90,5; доломит 9,2; песчано-глинистой: кварц 23,2; ортоклаз 28,1; гидромусковит 23,0. Присутствует марказит – 12,0.

При нагреве в топочной камере происходит разложение карбонатов по уравнению (для кальцита):

$$CaCO_3 = CaO+CO_2. \qquad (1)$$

Образующийся CaO остается в свободном виде или связывается с песчано-глинистыми компонентами и оксидами серы. Степень разложения карбонатов в золе составляет 90 % [6]. Оксиды серы, взаимодействуя с CaO, образуют сульфат кальция – ангидрит ($CaSO_4$). Степень связывания серы в сульфатах, при среднем содержании в сланцах 1,6 %, составляет 80-85 % [5].

В воде системы гидрозолоудаления CaO гидратируется (2):

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 66{,}5 \text{ кДж}, \qquad (2)$$

образуя минерал "портландит" ("гашеную известь") – $Ca(OH)_2$. Гидратация сопровождается большим выделением тепла и образованием пузырьков газа. Из промышленной технологии гашения известно, что $Ca(OH)_2$, образующийся по формуле (2), диспергирован в виде частиц размером несколько мкм. Поверхность раздела жидкой (вода) и газовой (пузырьки) фаз обладает значительной свободной энергией. В результате происходит самопроизвольное "налипание" на поверхность пузырьков кристалликов $Ca(OH)_2$. Таким образом, на поверхности пузырьков образуется слой кристалликов. "Минерализованные" пузырьки в водной среде пруда играют роль центров кристаллизации: на их поверхности откладываются новые массы карбонатного материала. В отличие от внутреннего слоя, прилегавшего к поверхности пузырька, где карбонатная масса имеет мелкокристаллическое неупорядоченное строение, последующие слои образуют концентрически-зональные слоистые структуры (см. рис. 1, фото 3-9). Эта слоистость обусловлена, вероятно, изменяющейся во времени и пространстве концентрацией карбоната и других веществ (глины, органических соединений) в период формирования КПМ.

Состав газов во внутренних полостях КПМ: H_2, O_2,N_2,CH_4,CO_2. Соотношение O/N близко к составу атмосферного воздуха.

Образование КМП оказалось возможным наблюдать в несложном эксперименте. Зола-унос сланца помещалась в воду, взятую из пруда-отстойника. Полученная суспензия энергично встряхивалась в течение нескольких десятков минут. Под микроскопом можно было видеть, что пузырьки газа, поднявшиеся к поверхности воды, покрыты мельчайшими кристалликами, сформировавшими сплошную оболочку. Образованные таким образом КПМ ничем не отличались (внешне) от образованных в пруде. Отмечено, что формирование искусственных КПМ идет более эффективно, если на поверхности воды находится пленка, образовавшаяся в эксперименте из игольчатых кристалликов кальцита. Эта пленка, по-видимому, задерживает пузырьки под поверхностью воды, препятствуя их разрушению при контакте с воздухом. Отмечено, что аналогичную роль играют пленки нефти, мазута и других плавающих горюче-смазочных веществ.

Эксперименты, подобные описанным, позволили наблюдать и образование карбонатной оболочки на поверхности АСПМ. С этой целью в суспензию вносились АСПМ, собранные на угольной ГРЭС (нужного количества АСПМ на сланцевых ТЭС получить было затруднительно). В течение нескольких часов эти микросферы в суспензии "обрастали" кристалликами кальцита. После высушивания и обработки HCl карбонатные оболочки мгновенно растворялись.

КПМ, извлеченные из ЗШО горючесланцевой ГРЭС, могут иметь практическое применение. Оно определяется тем, что карбонатный материал оболочек, вследствие описанных особенностей микроструктуры имеет очень большую удельную поверхность. Вследствие этого КПМ являются эффективным материалом в технологиях, связанных с адсорбцией химических соединений из водных растворов на карбонатах. Эффект адсорбции изучен путем пропускания растворенных в воде соединений металлов через стеклянную колонку, заполненную КПМ. Было установлено практически полное извлечение из раствора соединений Cr^{3+}. В то же время концентрации Pb, Cr^{6+},Cd, Ni, Co, Zn остались без заметных изменений. Таким образом, показана возможность избирательного очищения воды от весьма токсичных соединений трехвалентного хрома. Положительным обстоятельством при использовании КПМ в качестве адсорбентов является их низкая плотность (насыпная масса 385 кг/м^3) и возможность применения в фильтрах с плавающей загрузкой, обладающих повышенным ресурсом работы.

По-видимому, имеет промышленную перспективу описанный выше процесс образования карбонатной оболочки на поверхности АСПМ. Представляется, например, технологически довольно простое получение карбонатных оболочек на силикатной матрице АСПМ угольных ГРЭС, ресурсы которых достаточно велики [3]. Подобные искусственные микросферы будут иметь преимущество перед КПМ в механической прочности.

При необходимости можно увеличить выход КПМ в прудах-отстойниках горючесланцевых ТЭС, прибегнув к интенсивной принудительной аэрации воды, поступившей в пруд с золошлаковой пульпой.

Результаты экспериментов с формированием карбонатной оболочки на силикатной основе АСПМ наводят на мысль о возможности аппретировать АСПМ другими веществами и получения легких химически активных материалов с заданными свойствами.

Настоящая статья завершает серию публикаций в сборниках "Литология и геология горючих ископаемых" (выпуски №№ I–V), посвященных описанию некоторых ценных компонентов в золе и шлаке угольных ТЭС и пруде-отстойнике ТЭС, сжигающих горючие сланцы. Эти компоненты – алюмосиликатные полые микросферы (АСПМ), магнетитовые микрошарики (ММШ), несгоревшие угольные частицы (НУЧ), ферросилиций (ФС) и

карбонатные полые микросферы (КПМ). Автор считает, что они заслуживают внимания геологов, энергетиков, технологов и сотрудников природоохранных организаций.

Библиографический список

1. **Зеленин Н. И., Огарев И. М.** Справочник по горючим сланцам. Л.: Недра, 1983. 248с.

2. **Какис В. Х.** Минеральная часть горючего сланца – кукерсита – и её использование // Горючие сланцы. 1988. Т. 5, № 1. С. 15-27.

3**. Кизильштейн Л. Я. и др.** Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.

4**. Кизильштейн Л. Я., Шпицглуз А. Л., Рылов В. Г.** // Химия твердого топлива. 1987. № 6. С. 122-126.

5. **Левин А. С.** Основные вопросы геологии месторождений горючих сланцев. М.: Наука. 1982. 80 с.

6. **Отс А. Л.** Энергетическое использование эстонских горючих сланцев. Проблемы парового котла // Горючие сланцы. 1988. Т. 5, № 1. С. 1-13.

* * * * *

В. Г. Кузнецов

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА НАУЧНЫХ РАБОТ – ДАЛЕКО НЕ БЕСПОРНЫЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ СТАРОГО БРЮЗГИ

С рецензированием и оценкой своих работ научный работник сталкивается (с первых шагов своей) в самом начале своей карьеры и до ее завершения. По сути дела первой рецензией является отзыв о дипломном проекте, а если уже в студенческие годы человек занимался научной работой, то и раньше. Со временем и появлением опыта, а, главное, тех или иных регалий, прежде всего в виде ученых степеней и званий, он все больше из «объекта рецензирования» сам становится «субъектом рецензирования». Это отзывы на статьи и отчеты, аттестация научных кадров в виде участия в работе различных советов, в том числе диссертационных, оппонирование кандидатских и докторских диссертаций, выступлений на защитах и т. д.

Многолетняя работа в этом направлении, заслушивание выступлений и отзывов коллег, наблюдения дают значительный опыт в определении разных, как положительных, так и негативных сторон подобной деятельности.

Некоторые результаты такого опыта за многие годы и составили предмет настоящих размышлений. Это ни в коем случае не инструкция, не свод правил. Это скорее размышления, результат наблюдений и осмысления сугубо индивидуального опыта. Надо полностью признать, что многие выводы и положения могут быть спорными, даже явно ошибочными, отличными от общепризнанных и официальных установок. Именно поэтому данный текст – записки брюзги, увы, уже немолодого.

Строго говоря, жесткие правила оценки научных работ, за одним исключением, практически отсутствуют, хотя общая схема оценки все же существует. Отмеченное исключение – соответствующая инструкция ВАК и составленная на ее основе памятка официальному оппоненту. Согласно этим документам, в отзыве необходимо оценить актуальность избранной темы, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизну. Не регламентируемые подобными инструкциями рецензии на статьи, отчеты, выступления в прениях в целом составляются примерно по такой же схеме. Редакции некоторых журналов, видимо, облегчая труд рецензентов, предлагают простенькую анкету с двоичной системой ответов: да – нет, на серию тех же вопросов – подходит статья для данного журнала или нет, доказаны ли высказанные в статье положения и т. д. Развернутое обсуждение возможно, но не обязательно.

В ВАКовской в целом вроде логичной на первый взгляд схеме, выразимся осторожно, имеется ряд неясных моментов.

Начнем с первого требования – актуальности избранной темы. Отечественные словари, а также словари иностранных слов обычно дают два значения термина «актуальный»: 1) очень важный, существенный для *настоящего* момента, имеющий существенное значение для развития в *данный* момент; (выделено мною – *В. К.*) и 2) существующий, проявляющийся в действительности (в противоположность потенциальному). Впрочем, некоторые словари ограничиваются только первым, самым распространенным значением. Именно в таком – временно́м – смысле предлагается оценивать научную работу.

В этой связи интересно рассмотреть несколько реальных ситуаций.

Свежий пример – присуждение Г. Я. Перельману премии Филдса – математической премии статуса Нобелевской – за доказательство теоремы Пуанкаре. Более ста лет теорема оставалась сформулированной, но не доказанной, и тем не менее наука, техника, технология, равно как и цивилизация в целом, стремительно, семимильными шагами развивались. Престижнейшая «премия тысячелетия» вручена за интереснейшую научную, но явно не актуальную (в понимании имеющую значение для развития в данный момент) работу. Возможно, а скорее обязательно, этот результат когда-то понадобится и даст огромный эффект, но сейчас, исходя из требований «актуальности» уважаемые математики, члены жюри явно ошиблись в своем решении.

Второй пример. В начале шестидесятых годов прошлого уже века на годичном собрании Академии наук СССР академик-секретарь Отделения физики Л. А. Арцимович предложил все средства, выделяемые на Отделение передать на внегалактическую астрономию, поскольку на ядерную физику деньги всегда найдутся из других источников. Тогда об этих источниках не говорилось, сейчас понятно, что это немереный бюджет ВПК. Прошло полвека, и говорить об актуальности внегалактической астрономии в ВАКовском понимании, как имеющим существенное значение для развития в данный момент ни тогда, ни сейчас не приходится. Безусловно, также, что это вовсе не означает, что подобные исследования не нужны, и их не следует развивать и финансировать. Получение фундаментальных знаний без сиюминутного экономического эффекта – главная и истинная цель всякой науки. Через какое-то время эти абсолютно абстрактные с нынешней точки зрения знания могут стать основой фантастических по современным понятиям технологий, производств и т. д.

Удивление непонятным, желание разобраться в нем, осознать его – первопричина науки. Это было понято и сформулировано более двух тысяч лет тому назад 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…». В другом переводе это положение звучит еще более определенно: «Удивление – источник появления науки о первых началах и причинах». 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».

Близкие соображения находим и у другого выдающегося естествоиспытателя. 8 июля 1882 г. В. И. Вернадский записал в своем дневнике: «Какое наслаждение «вопрошать природу», «пытать ее»! Какой рой вопросов, мыслей, соображений! Сколько причин для *удивления* (выделено мною. – *В. К.*), сколько ощущений приятного при попытке обнять своим умом, воспроизвести в себе ту работу, какая длилась века в бесконечных ее областях!». Подобное удивление далее вызывает уже вопросы. В письме своей супруге 2 июля 1887 г. он пишет: «… нет ничего сильнее желания познания, силы сомнения; знаешь, когда при знании фактов доходишь до вопросов «почему, отчего», их непременно надо разъяснить, разъяснить во что бы то ни стало, найти решение их, каково бы оно ни было».

Противоположный пример истиной актуальности привел на том же заседании Л. А. Арцимович – можно ли считать научной работой, выполненной молодыми научными сотрудниками Академии наук, разработку термостата для хранения спермы племенных быков. Работа эта в духе времени получила широкое, если не сказать широчайшее освещение в средствах массовой информации. Действительно важная и актуальная – *своевременная* – работа, но к науке отношения не имеющая. Подобные сугубо прикладные требования к научной работе порой приводят к неожиданным и парадоксальным результатам. В конце 70-х – начале 80-х годов от диссертаций требовалось внедрение и экономический результат. В итоге оказалось, фактически подтвержденный различными справками и актами экономический эффект от внедрения разработок диссертаций за год превысил годовой ВПП всего Союза. Как говорится, каков вопрос (запрос) – таков ответ.

Сказанное вовсе не означает, что темой диссертации может быть что угодно. Не случайно возник целый ряд анекдотичных тем типа: «Что чувствует камень от веса седалища», «Нерентабельность транспортировки окиси водорода в сосудах с перфорированным дном» и т. д. А что подобная «научная» формулировка известного русского выражения о воде в решете позволяет защищаться как по экономическим, так и техническим наукам, например, в области транспорта и хранения. Видимо, должна быть найдена какая-то иная более точная формулировка обоснованности темы

диссертации. Она должна исходить не из сиюминутной «выгоды», а из оценки научного интереса, научной значимости темы.

Вообще определение значимости темы исследований – дело тонкое и щекотливое. Опять-таки недавний пример. Существует полушутливая, полуиздевательская «антинобелевская» Шнобелевская премия, которой отмечаются бессмысленные открытия и изобретения. Обладателем такой премии стал наш соотечественник, а ныне поданный Ее Величества королевы гражданин Нидерландов Андрей Гейм за открытие эффекта левитации лягушки в переменных магнитных полях. Через несколько лет он был удостоен уже не анти-, а настоящей Нобелевской премии по физике.

Что же такое опыты по левитации – шутка и гимнастика ума выдающегося ученого, игра с экспериментальными возможностями, а может быть (и скорее всего) за этой бесполезной ныне работой пока не оцененное, но большое будущее?

Кстати, по поводу «актуальности» и вообще этого пункта Инструкции. Темы практически всех кандидатских, а в ряде случаев и докторских диссертаций рассматриваются и утверждаются учеными советами – синклитом обремененных званиями, опытом и, увы! – сединами ученых. При этом, естественно, рассматривается и «актуальность» предполагаемой работы в ВАКовском смысле слова. Другими словами, официальный оппонент в своем отзыве, по крайней мере в его первой части, должен обсуждать и оценивать не работу диссертанта, а работу Совета, рассмотревшего и утвердившего данную тему.

С другой стороны, положение ВАК строго требует использовать «… эквивалентные установленным требованиям формулировки», ибо в противном случае отзыв неизбежно будет носить неопределенный характер (Памятка официальным оппонентам, одобренная решением Президиума от 4 ноября 1994 г. №48/23).

В следующих пунктах требований Инструкции к отзывам повторяется одно и то же требование дважды, но разными словами – обоснованность научных положений и их достоверность. Если положение достоверно, значит оно обоснованно, и, наоборот.

И, наконец, последнее положение, по которому оппонент должен сделать окончательное заключение. Докторскую диссертацию можно и нужно оценить, по одной из трех квалификаций. Одна из них гласит: «… решена крупная научная проблема». При внешней справедливости этого положения, при более глубоком ее рассмотрении, оно по сути дела закрывает дальнейший научный поиск и исследование этой проблемы, поскольку она уже «решена». На самом деле то, что сегодня кажется окончательно ясным и решенным, завтра может оказаться совершенно ошибочным. Один достаточно известный исторический пример. В свое время один из крупнейших физиков эпохи лорд Кельвин, оценивая состояние физики, заявил, что здание этой науки уже построено и осталась лишь небольшая неяс-

ность с опытами Майкельсона по определению скорости света. Через несколько лет эта «маленькая неясность» привела к созданию квантовой механики и теории относительности, открыв, по сути дела, безграничные просторы новой физики. Известно также, что ряду очень талантливых молодых ученых «более опытные» коллеги не рекомендовали посвящать себя физике или отдельным ее разделам, где серьезных проблем якобы уже не существует и где нет смысла растрачивать свой талант. Но именно эти молодые «неопытные» ученые вскоре открывали и создавали новые направления в науке.

Еще пару примеров из более близкой автору области.

В первой трети девятнадцатого века господствовали освященные такими авторитетами, как Абрахам Готлиб Вернер, Жорж Кювье и др. представления об однотипности состава и характера одновозрастных отложений и содержащихся в них остатков организмов по всему земному шару. Молодой тогда еще студент Аманц Гресли, не зашоренный этими представлениями, обнаружил, что «…в любых отложениях в горизонтальном направлении распознаются различные, хорошо охарактеризованные разновидности, которые обладают устойчивыми особенностями петрографического состава, а также всего комплекса окаменелостей, и подчиняются особым достаточно устойчивым закономерностям». Это открытие привело к развитию нового и важнейшего направления в геологи – учения о фациях.

Второй пример. До сих пор нет однозначного решения проблемы происхождения нефти. (Мнение автора настоящих заметок по этому вопросу в данном случае значения не имеет). Обобщенно говоря, существует два альтернативных представления – о биогенном и абиогенном ее происхождении; ряд исследователей в той или иной мере допускают оба эти варианта. Представители каждой группы выдвигают свои аргументы, представляют свои материалы и т. д. По этой проблеме защищаются сотни, если не тысячи кандидатских и десятки, а может быть и сотни докторских диссертаций и ни одну из них нельзя квалифицировать по данному требованию.

Можно было бы привести целую серию примеров того, что очень интересная «добротная» научная работа никак не может быть квалифицирована в качестве «решения крупной научной проблемы». В то же время многие работы такого плана не столько «решают проблему», сколько открывают новые интересные проблемы, а нередко и намечают пути дальнейших исследований. В этой связи возникает вопрос о правомерности требований к научной работе в такой формулировке, которая, по сути дела, закрывает дальнейшие исследования в этом направлении, делает проблему окончательно решенной.

Несколько отвлекаясь от темы, – еще одно наблюдение. Среди требований к докторским диссертациям есть пункт, который ранее звучал так: научно обоснованные технические, экономические или технологические

решения, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Ныне это положение милитаризовано – «… вклад в развитие экономики страны и повышение ее *обороноспособности*». Аналогично положение и с требованиями по кандидатским диссертациям.

Возвращаясь непосредственно к проблеме рецензирования, можно напомнить, что давно известно, что в любой работе значительно легче найти недостатки и недоработки, чем выявить положительные моменты, а для рецензента и оппонента и осознать, что в работе есть новизна, которую он – рецензент – не знает, и ее надо осознать и освоить. По сути дела весь приведенный выше текст, где подана сплошная критика, – наглядное подтверждение этого. Ни в коем случае нельзя отрицать необходимости определенной регламентации, выработки определенных критериев оценки значимости работ, что собственно и сделано в инструкции ВАК. Дело, видимо, не в сути данной инструкции, а в недостатках канцелярского языка, которые не позволяют в должной мере четко и однозначно сформулировать соответствующие положения и требования. Понимая это, оппоненты по диссертационным работам, а часто и рецензенты научных статей сознательно, а чаще подсознательно, как правило, находят обходные пути и дают соответствующие формулировки.

Оставляя рассмотрение наиболее полного и в целом оправданного свода правил в виде инструкции ВАК, несколько наблюдений, как легко найти «недостатки» в рецензируемой работе, соответственно, при желании дать негативный отзыв и отклонить ее. Чаще всего это проявляется в рецензиях на статьи, иногда в выступлениях на защитах диссертаций и еще реже непосредственно в отзывах официальных оппонентов. Было бы правильнее сказать, что скорее это недостатки не авторов рецензируемых работ, а самих рецензентов.

Приводимые ниже типовые ситуации основаны на обобщении массы конкретных реально имевших место случаев. В этом отношении их можно рассматривать как некую антиинструкцию начинающему рецензенту, пользование которой позволит быстро и без большого труда самоутвердиться.

Довольно распространен случай, когда авторам рецензируемой работы приписывают какое-то положение, и уже оно критикуется, и в зависимости от настроя рецензента, работу можно вообще отклонить.

Пожалуй, более распространен близкий к этому вариант, когда обсуждение переводится на то, чего в работе нет, но хотелось бы видеть рецензенту. Чаще всего замечания относятся к области исследований самого рецензента, который считает свое направление самым важным и интересным (все мы не без греха). Соответственно, если этого нет или мало в рецензируемой работе, то надо либо порекомендовать рассмотреть и разработать данный аспект в дальнейшем (лучший вариант), либо вообще от-

клонить работу (в худшем случае). Последний вариант – классический «академический» и, к сожалению, почти беспроигрышный способ отклонить работу в целом.

Особо пикантным подобный ход обсуждения, а часто и критики выглядит по отношению к оценке диссертационных работ. Текст каждой диссертации открывается списком задач, которым она посвящена и который, как отмечено выше, утверждается советом авторитетных ученых в самом начале при подготовке исследования. Долг оппонентов, равно как и выступающих в обсуждении, оценить, даны ли ответы на поставленные вопросы, и если да, то насколько они убедительны, а не ставить новые задачи и требовать их решения.

Третий достаточно частый случай – выдать свое мнение за всеобщее, и если в обсуждаемой работе оно иное – его легко раскритиковать. Обычно это касается определения тех или иных понятий, многие из которых в геологии нередко неоднозначны и, как выразился в свое время С. И. Романовский, – полисемичны. Чаще всего это проявляется на защитах диссертаций примерно в такой форме: «***Все*** считают, что такой-то термин обозначает то-то, а у Вас не так и, следовательно, неправильно». Вариант: «***Мы все*** привыкли, что …» и так далее. Аналогичным образом может звучать указание на знакомое и понятное выступающему положение, которое, однако, у автора рассматривается и объясняется иначе. Вариантов достаточно много, но суть одна. Молодой, естественно сверх меры волнующийся соискатель кандидатской, а нередко и докторской диссертации теряется, не может сразу убедительно ответить убеленному сединами профессору, что тот не совсем прав и используемое в работе значение или положение вполне оправданно и существует наравне с тем, которое высказывает уважаемый имярек член диссертационного совета.

В заключение повторю, что эти заметки – еще одно свидетельство того, как легко найти недостатки и столь же легко их критиковать. Все описанные ситуации – это опыт многих лет работы в диссертационных и редакционных советах, довольно длительной работы в Экспертном совете ВАК (которой, не в обиду последней, досталась здесь изрядная доля критики). Каждое высказанное положение имеет конкретные и далеко не единичные примеры, но дело не в том, что не упомянуты конкретные имена и конкретные ситуации. И если молодые исследователи когда-нибудь прочтут эти рассуждения, окажутся готовы к подобным «нештатным» вопросам и положениям, не будут теряться в связи с критическими, но может быть совсем не уместными вопросами и замечаниями, а смогут спокойно, достойно и аргументированно отвечать на них, то время автора, потраченное на написание этих критических заметок, будет с лихвой вознаграждено.

В. М. Цейслер
Российский государственный геологоразведочный университет

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТЮДЫ В СВЯЗИ С УГОЛЬНОЙ ГЕОЛОГИЕЙ

Эту публикацию предварим информацией двойного характера и назначения. **Во-первых**, она относится к автору публикуемых воспоминаний. Для этого нами использован краткий очерк из работы, самим же юбиляром во многом и составленной.*

Цейслер Виктор Мартынович (р. 13.07.1931) – докт. геол-минер. наук (1975), профессор (1977), заведующий кафедрой региональной геологии и палеонтологии (с 1982). Окончил с отличием Кизеловский горный техникум, также с отличием ГРФ МГРИ в 1956 г. Ученик М. В. Муратова, Н. С. Шатского. В МГРИ – с 1956 г. ассистент, начальник партии НИСа, доцент, профессор, заведующий кафедрой.

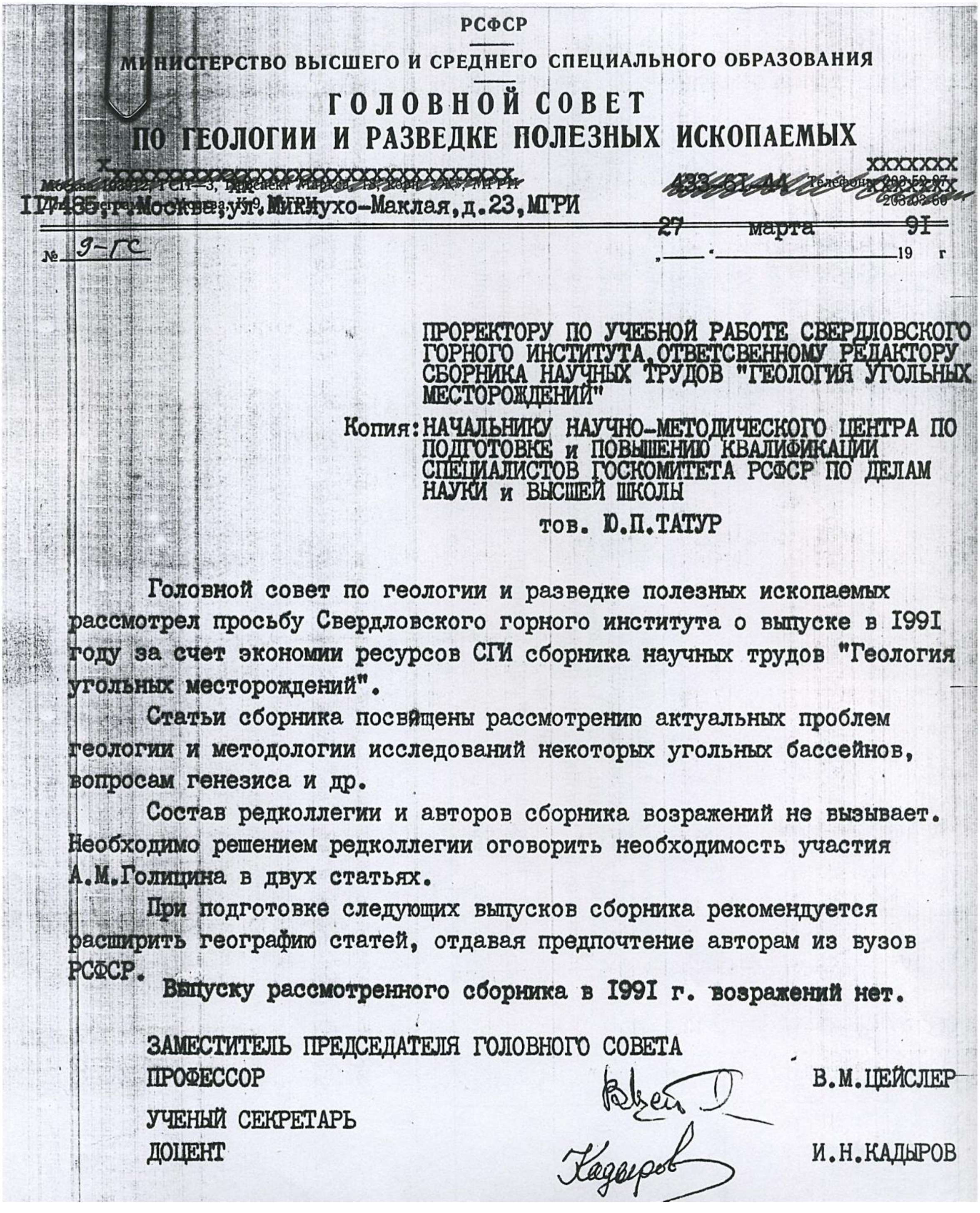
Ведущий лектор по курсам «Геология СССР», «Региональная геотектоника». Создатель курса, автор типовой программы и первого учебника «Формационный анализ» (2002). Заново создал в РГГРУ геолого-палеонтологический музей.

Полевые исследования проводил в Крыму, Южном Узбекистане, Туркмении, на Кавказе. Опубликовал около 200 работ по стратиграфии, сравнительной и региональной тектонике, геологической истории регионов, формациям, угленосности, в том числе 12 монографий (автор и соавтор), 11 учебных пособий и учебников по исторической геологии, региональной геологии и геотектонике, формационному анализу, фациальному анализу.

С1958 г. член МОИП (секретарь, заместитель, председатель секции геологии, член Совета и Президиума МОИП). Заместитель председателя головного совета по геологии и разведке Минвуза РСФСР (1986-1995). Более 10 лет руководит НМС по геологии и разведке УМО при Минвузе СССР и РФ. Член редколлегий журналов «Бюллетень МОИП, отдел геологии», «Известия вузов. Геология и разведка». Заслуженный деятель науки РФ (1996), почетный работник высшего профессионального образования России (1997), почетный разведчик недр (1998). Награжден отраслевыми медалями, медалями ВДНХ, грамотами, дипломами. Лауреат премии МОИП (1980). Соросовский профессор (2001). Ветеран Труда. Академик РАЕН.

Во- вторых, обратимся к эпизоду 20-летней давности, с которой, собственно и начался наш сборник. В ответ на просьбу о его выпуске, было получено соответствующее письмо, которое мы полностью воспроизводим.

* МРГИ-РГГРУ. История. Люди: к 90-летию МГА-РГГРУ /Е. Л. Гольдман, П. В. Полежаев, Г. И. Садовский, В. М. Цейслер, В. М. Швец под ред. Е. Л. Гольдмана, В. М. Цейслера. М.: КДУ, 2008. 296 с.



РСФСР

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ГОЛОВНОЙ СОВЕТ

ПО ГЕОЛОГИИ И РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

117485, г.Москва, ул.Миклухо-Маклая, д.23, МГРИ

433-63-44

№ 9-ГС

27 марта 1991 г.

ПРОРЕКТОРУ ПО УЧЕБНОЙ РАБОТЕ СВЕРДЛОВСКОГО ГОРНОГО ИНСТИТУТА, ОТВЕТСВЕННОМУ РЕДАКТОРУ СБОРНИКА НАУЧНЫХ ТРУДОВ "ГЕОЛОГИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ"

Копия: НАЧАЛЬНИКУ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПО ПОДГОТОВКЕ и ПОВЫШЕНИЮ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГОСКОМИТЕТА РСФСР ПО ДЕЛАМ НАУКИ и ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

тов. Ю.П.ТАТУР

Головной совет по геологии и разведке полезных ископаемых рассмотрел просьбу Свердловского горного института о выпуске в 1991 году за счет экономии ресурсов СГИ сборника научных трудов "Геология угольных месторождений".

Статьи сборника посвящены рассмотрению актуальных проблем геологии и методологии исследований некоторых угольных бассейнов, вопросам генезиса и др.

Состав редколлегии и авторов сборника возражений не вызывает. Необходимо решением редколлегии оговорить необходимость участия А.М.Голицина в двух статьях.

При подготовке следующих выпусков сборника рекомендуется расширить географию статей, отдавая предпочтение авторам из вузов РСФСР.

Выпуску рассмотренного сборника в 1991 г. возражений нет.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ГОЛОВНОГО СОВЕТА
ПРОФЕССОР В.М.ЦЕЙСЛЕР

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
ДОЦЕНТ И.Н.КАДЫРОВ

После этих отступлений понятно, с каким пиететом редколлегия относится к автору предложенных воспоминаний.

После многих вынужденных переселений, в 1947 г. вместе с матерью я переехал в г. Кизел к отцу. Будучи достаточно крупным банковским работником, к этому времени он «прошел путь» от воротовщика на шурфах через кассира и бухгалтера Басковской ГРП до начальника планового отдела треста «Кизелуглеразведка», получил двухкомнатную квартиру в бревенчатом двухэтажном доме и возможность жить с семьей. «Кизелуглераз-

ведка» в ту пору представляла собой солидную организацию в городе, которая объединяла несколько геологоразведочных партий: Усьвинскую, Кизеловскую, Коспашскую, Басковскую, Шумихинскую и др. Каждая ГРП насчитывала около десятка ИТР, много рабочих, располагала жилыми и хозяйственными постройками, парком автотранспорта и буровых станков, мехмастерскими. В Кизеловской ГРП были также лаборатории: углепетрографическая, химическая, обслуживающие все партии. Трестом руководил А. В. Козлов, главным инженером был Абаянцев, главным геологом – И. В. Пахомов.

Поступив на учебу в Кизеловский горный техникум, я изменил свой гражданский статус, получив продовольственную карточку служащего вместо карточки иждивенца.

Учебные корпуса техникума и общежития располагались в удалении от города, и зимой надо было пройти значительное расстояние по завьюженному полю между крайними домами города и техникумом. Кроме геологов в техникуме проходила подготовка маркшейдеров, шахтных электромехаников, разработчиков, плановиков-экономистов. По окончании техникума все распределялись на предприятия Министерства угольной промышленности в Кизеловском бассейне и только 5 % от выпуска из числа отличников имели право продолжать обучение в вузах страны. Помню, что директором техникума в ту пору был горный директор первого ранга административной службы Песин. Ко времени окончания, в 1951 г. его сменил Родыгин. Часть преподавателей носили форму горных инженеров и горных директоров соответствующих рангов и выглядели очень внушительно. Многие имели непростую биографию и, попав в этот город, с удовольствием занимались педагогической работой. Запомнились преподаватели математики – Сосланд, технической механики – Малинкин, химии – Т. Иванова. Она же вела литературу и читала нам свои стихи. С преподавателем общегеологических дисциплин – коренным кизеловцем, нам не очень повезло. Может быть, это было к лучшему, т. к. заставило самостоятельно работать с учебниками по общей геологии – С. А. Яковлева, минералогии – А. В. Нечаева, петрографии – В. И. Лучицкого. Благо, что в тресте была хорошая библиотека, которой можно было пользоваться.

Профессиональные дисциплины и руководство производственными практиками вели сотрудники треста «Кизелуглеразведка» – Н. И. Козлова (техника разведочного дела), А. В. Козлов (организация геологоразведочных работ), Абаянцев (буровая практика).

В техникуме я увлекался геологией и минералогией, и дирекция техникума летом 1950 г. командировала меня в качестве руководителя группы (12 чел.) студентов в экскурсию по маршруту: Кунгурская пещера, Уральский геологический музей в Свердловске, месторождения Баженовское, Березовское, Уфалейское, Сарановское, Коркинское, Ильменский заповедник. Двухнедельная экскурсия входила в программу подготовки геологов.

В 1948 г. я начал свою трудовую деятельность в геологии в должности гидрометриста Кизеловсой ГРП, работая на откачках скважин. Со следующего лета стал работать в должности старшего коллектора на участке поля шахты «Владимирская». В мои обязанности входило прослеживание выходов пластов угля под четвертичные отложения с помощью шурфов и их документация, а также документация керна скважин на поле шахты. Начальником ГРП работал А. С. Криксин, старшим геологом была В. Н. Тверская. В ГРП работала молодежная команда из числа выпускников Кизеловского техникума и вузов.

Ежегодно состав партии пополнялся выпускниками Днепропетровского, Свердловсого (ныне Уральского) горного институтов, Молотовсого (ныне Пермского) университета. В 1949 г. из Пермского университета по распределению прибыло несколько выпускников – учеников известного петрографа – П. Чирвинского. Среди них была Александра Петровна Бакалдина. Руководство партии поручило мне ввести ее в курс обязанностей участкового геолога, познакомить с работами на скважинах и шурфах. Я с воодушевлением выполнил данное мне поручение, в День шахтера мы все обговорили, а через два года после очередного планового обхода скважин на поле шахты «№6 –капитальная» пошли в ЗАГС и зарегистрировали наш брак. С тех пор жизнь прошла вместе.

Поступив на учебу в Московский геологоразведочный институт, я твердо решил «порвать с углем» и специализироваться на общих вопросах геологии, минералогии и поисково-съемочных работах, но прошлое держало крепко. А. И. Кравцов – директор МГРИ зачислил меня без сдачи вступительных экзаменов в группу угольщиков. Только на старших курсах я перевелся на поисково-съемочную специальность. Угольную геологию нам преподавал А. К. Матвеев. Узнав, что я закончил Кизеловский горный техникум, он хотел устроить меня к себе на работу в СОПС, но потом мы от этого отказались, и я на протяжении учебы в институте работал на кафедре полезных ископаемых у М. П. Исаенко.

В связи с тем, что я жил и учился в Москве, в 1953 г. нам удалось добиться перевода А. П. Бакалдиной из Кизела в Москву, в Главуглеразведку Минуглепрома, где она стала работать инженером. В 1954 г. нам была выделена комната в двухэтажном четырехквартирном деревянном доме на станции Щербинка Подольского района Московской области и мы прожили в Щербинке 17 лет. На большом огороженном деревянным забором участке стояло два двухэтажных дома и ряд дровяных сараев по числу квартир. Здесь, как на загородном островке, жили геологи, буровики, маркшейдеры – сотрудники Главуглеразведки. Теплыми летними вечерами вокруг цветочной клумбы собирались жители этого «островка». Мы были самыми молодыми в этом коллективе углеразведчиков, а поэтому пользовались большим вниманием старшего поколения. Здесь жили семьи Б. П. Бабина, Е. В.Терентьева, А. Л. Малахова, В. Д. Андриевского и др. Осо-

бенно нам помогали Бабины. Борис Петрович Бабин, обладавший большим опытом работы на месторождениях Южного Урала, Донбасса, нередко наставлял нас «на путь истинный».

Александру Петровну привлекли к работе эксперта ГКЗ. Через нее за много лет прошел не один десяток отчетов о результатах геологоразведочных работ на месторождениях Донбасса, Кузбасса, Южного Урала, Дальнего Востока, Сахалина. Она неоднократно вспоминала Г. В. Короткова, И. И. Молчанова, С. И. Левицкого, К. В. Миронова, Б. П. Бабина, способствовавших ее становлению как эксперта ГКЗ. Это была хорошая школа. А. П. вникала во все тонкости содержания отчетов: считала пластопересечения, проверяла выход керна, анализировала качество углей, планы подсчета запасов, газоносность и проч. Я должен был оказывать помощь, проанализировав достоверность геологических разрезов, обоснованность разрывных нарушений, общую характеристику тектонических структур и перевозку тяжелых отчетов с графическими приложениями из Москвы в Щербинку и обратно. Так продолжалось много лет. Несмотря на то, что я выезжал на полевые работы в Крым, в Среднюю Азию, занимался стратиграфией и тектоникой мезозоя и кайнозоя, педагогической работой в связи с региональной геологией, оторваться от угольной геологии оказалось невозможным, так как она стала семейным делом. Невольно приходилось вникать и в вопросы газоносности, газоемкости витринита и фюзинита, особенно в то время, когда А. П. писала свою диссертацию. Мне вменялось ходить на заседания кафедры А. И. Кравцова и многочисленные организуемые им конференции, где собирались угольщики, чтобы заслушать выступление А. П., зафиксировать замечания по ее сообщениям и помочь их устранить.

А. И. Кравцов был очень деятельным человеком. При кафедре работала газоаналитическая лаборатория. Ежегодно он в сопровождении своих ближайших помощников, иногда и руководства института (В. Н. Павлинов, В. А. Галюк) объезжал крупные угольные месторождения Кузбасса, Северо-востока, Приморья, Сахалина, посещая районы повышенной газоносности. Грязевые вулканы, вулканы Курильских островов, рудники Норильского комбината также были объектами их посещения. Несомненными заслугами А. И. Кравцова было создание для ГКЗ требований по изучению газоносности угольных месторождений, организация ячеек специалистов, занимающихся проблемами газоносности в каждом угольном бассейне, публикация 3-х томной монографии «Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР». Только его безвременная кончина помешала пройти монографии на конкурсе работ по присуждению Государственных премий.

На одной из очередных научных конференций в 1972 или 1973 г. на секции у А. И. Кравцова я выступил с достаточно жесткой критикой доклада Н. И. Погребного. Мы боялись, что он, как руководитель Управления

Мингео СССР, обидится, но критику он воспринял с пониманием и предложил тесное сотрудничество.

Через ЛОПИ и институт ВНИГРИУголь Н. И. Погребнов финансировал хоздоговорные работы с кафедрой региональной геологии МГРИ. В работах также участвовал коллектив молодых выпускников МГРИ – В. К. Флоренский, В. С. Васюков, А. В. Туров, которые по материалам этих исследований в дальнейшем защитили кандидатские диссертации. Исследования были связаны с обобщением результатов геологоразведочных работ по тектонике угленосных формаций Карпато-Кавказской области и юга Средней Азии, по тектонике угольных месторождений Южно-Якутского и Узгенского бассейнов, по оценке перспектив сланценосности Европейской части СССР (совместно с Б. Н. Андросовым и Г. И. Тюренковой) и др. Мы составляли серии карт палеогеографичесих, тектонических, которые Н. И. Погребнов использовал в своих работах. Тесное научное сотрудничество с ВНИГРИУголь продолжалось вплоть до начала 90х годов – времени перестройки и развала СССР.

По инициативе Н. И. Погребнова в 1976 г. была подготовлена и издана монография «Тектоника угольных бассейнов и месторождений СССР» в которой были рассмотрены общие принципы классификации структур угольных бассейнов и месторождений, региональная тектоника месторождений, методы изучения и интерпретации тектоники при разведке, а также влияние тектоники на технико-экономические показатели угледобывающих предприятий. Как заместителю главного редактора мне пришлось работать с большинством авторов статей, обсуждая их содержание. Остались памятными встречи с Г. А. Ивановым, Е. В. Терентьевым, А. А. Тимофеевым, И. И. Шарудо, К. В. Мироновым. Два последних мне были наиболее близки по взаимопониманию. Приятной была встреча с И. А. Очеретенко, поскольку в молодые годы он вел занятия в Кизеловском горном техникуме, и я ему сдавал какой-то экзамен.

Николай Иосифович был очень активным человеком. Он привлекал нас к участию в угольных совещаниях в Воркуте (1979), Ростове (1981). В Воркуте я жил в гостинице в одном номере с А. К. Матвеевым и вечера проходили в обсуждении вопросов региональной геологии угольных месторождений. Очень интересными были поездки на Полярный Урал. Вспоминаются частые встречи с Г. Ф. Крашенинниковым. Мы познакомились на заседаниях геологической секции МОИП, куда он часто заглядывал. Нередко он бывал у нас в МГРИ, поскольку жил в том же дворе и считал себя «мгришником». Его появления на заседаниях в МОИП и в МГРИ всегда сопровождались достаточно резкими критическими выступлениями в адрес докладчиков и все его побаивались. Я тоже забеспокоился, когда накануне защиты докторской диссертации мне передали, что дважды заходил Крашенинников и интересовался когда состоится моя защита. Однажды на мой вопрос о том, не знает ли он какой-либо работы, в которой было

бы приведено описание типов осадочных толщ, а не пород, он ответил, что такой работы нет, но вы должны ее написать. К сожалению, его пожелание выполнить мне не удалось.

С П. П. Тимофеевым у меня были постоянные расхождения по поводу принципов выделения осадочных формаций. Он работал в ГИНе с Н. С. Шатским и считал себя его последователем, а я тоже имел основание считать себя его учеником, поскольку Н. С. Шатский был руководителем моей дипломной работы и преподавал в МГРИ. Общего языка мы найти не могли, но я остался ему благодарен за интересные дискуссии, очень познавательную экскурсию в Ткварчели, где в ту пору геологоразведочными работами руководил его аспирант – С. Г. Баланчивадзе, с которым там и познакомился.

В дальнейшем мое участие в «угольной геологии» ограничивалась написанием отзывов и оппонированием диссертаций (Н. Н. Погребнов, В. С. Быкадоров, А. З. Юзвицкий, Ю. В. Мазор, Б. В. Полянский, А. А. Тимофеев и др.), рецензированием статей и периодическими публикациями по общим вопросам угленосности геологических формаций. Хранитель лучших традиций угольной геологии – В. П. Алексеев неоднократно обращался с предложениями написать статью в сборник «Геология угольных месторождений», В. Ф. Череповский привлек к участию в составлении обобщающего 6-го тома «Угольная база России», а М. В. Голицын спровоцировал работу по анализу размещения угольных месторождений на площади всех материков, опубликованную, мной в Бюллетене МОИП.

Публикации автора по проблемам, связанным с угольной геологией

1. **Принципы** тектонического районирования и основные структурные элементы территории СССР в связи с изучением угленосных формаций // Тектоника угольных бассейнов и месторождений СССР. М.: Недра, 1976. С. 7-17 (совместно с М. В. Муратовым).

2. **Угленосные** толщи как осадочные геологические формации // Типы осадочных формаций нефтеносных областей. М.: Наука. 1980. С. 97-105.

3. **Мезозойские** угленосные отложения и крупные блоки доюрского фундамента Южно-Якутского бассейна // Известия вузов. Геология и разведка. 1980. № 8. С. 32-37 (совместно с В. С. Васюковым, А. В. Туровым).

4. **Нижне-среднеюрские** геологические формации Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии // Известия вузов. Геология и разведка. 1983. № 11. С. 62-68 (совместно с В. С. Васюковым, А. В. Туровым).

5. **О тектонических**, генетических и математических классификациях угленосных формаций // Геология угольных месторождений: межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 1996. С. 46-53.

6. **Узлы** угленакопления как структурные элементы земной коры // Геология угольных месторождений: межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 1999. С.65-73 (совместно с А. П. Бакалдиной)

7. **Структурно-тектонические** особенности угольных бассейнов и месторождений России // Угольная база России. Т. 6, Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России. М.: ООО «Геоинформарк», 2004 С. 160-179.

8. **Угленосные** формации в стратиграфической последовательности платформ и подвижных поясов // Стратиграфия, тектоника и полезные ископаемые осадочных бассейнов Евразии: мат. сов. М.: Изд-во МГГРУ, 2004. С.64-66.

9. **Угленосные** формации и эпохи торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. 2004. № 4. С. 3-7.

10. **Угленосные** и соленосные формации в тектоно-седиментационных циклах // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: мат-лы 5-го Всерос. литол. сов. (Екатеринбург; 14-16 октября 2008г.). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. Т. 2, С. 377-379.

11. **Некоторые** закономерности образования и размещения угольных бассейнов и месторождений в разрезе земной коры // Бюл. МОИП. Отд. геологии, 2010. Т. 85, вып. 4. С. 3-17.

В. Г. Кузнецов
Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

АЛЕКСАНДР ЛЕОНИДОВИЧ ЯНШИН: к столетию со дня рождения (1911 – 2011)

28 марта 2011 года исполнилось бы 100 лет выдающемуся отечественному ученому, по сути дела столь редкому в XX веке, ученому-энциклопедисту А. Л. Яншину.

Круг его интересов в области геологии, а это одна из наук очень «широкого профиля», был почти безграничен: палеонтология и стратиграфия, региональная, глобальная и теоретическая тектоника и геофизика, учение о полезных ископаемых, петрография и литология, эволюция геологических процессов и т. д. Более того, Александр Леонидович вышел и за пределы геологии, оставив свой след в истории науки, в приобретающей все большее значение экологии и в других областях знаний.

Его достижения в этих и смежных с ними сферах высоко оценены и определили обилие высоких регалий и должностей – академик АН СССР, а позднее РАН, вице-президент АН СССР, иностранный член Академий наук ГДР и МНР, член Французского и Болгарского геологических обществ, Президент МОИП, член многочисленных комиссий АН СССР, РАН, ГКНТ, Госплана (председательствование во многих из них), член редколлегий ведущих геологических журналов, тематических серийных изданий и энциклопедий, член ряда общественных академий, дважды лауреат Государственной премии, кавалер многих орденов и медалей, Герой Социалистического труда и многое, многое другое.

Литература о жизни и творчестве А. Л. Яншина огромна – достаточно просмотреть изданную в 1991 г. к 80-летию ученого брошюру из серии «Материалы к библиографии ученых СССР», чтобы убедиться в этом. А ведь и после 1991 г. он плодотворно работал и о нем тоже писали.

Не ставя задачу хоть сколько-нибудь осветить исследования А. Л. Яншина и их результаты, очень кратко коснемся его работ и достижений в области литологии.

Свою трудовую деятельность А. Л. Яншин начал в 1929 г. на востоке Прикаспийской впадины, на Южном Урале и в Мугоджарах с изучения осадочных пород и связанных с ними полезных ископаемых – фосфоритов и бокситов. Исследования в этом направлении продолжались и во время Великой Отечественной войны, и в первые послевоенные годы, когда он занимался проблемами осадочных месторождений фосфоритов, а также мела, нефти, газа и железных руд. Именно с работами по железным рудам связано известное трагическое событие в жизни А. Л. Яншина – падение в шурф, которое привело к тяжелым переломам, травматическому диабету, недугам, которые, к сожалению, преследовали его всю жизнь.

Интерес к осадочным породам, к литологии в самом широком смысле этого научного понятия, к осадочным полезным ископаемым сохранился у А. Л. Яншин на всю жизнь. Но если раньше это было открытие, изучение и описание отдельных месторождений, то в последующие годы его интересы сместились к фундаментальным проблемам, он разрабатывал и исследовал более общие проблемы закономерностей формирования и размещения тех или иных полезных ископаемых, эволюцию их образования в геологической истории Земли. При этом его исследования не ограничивались чисто научными, «академическими» аспектами. Обладая огромными организаторскими способностями, он вел активную работу по практической реализации теоретических научных исследований. В наиболее яркой форме это проявилось в организации специальных работ по поискам агрохимического сырья – фосфоритов и калийных солей – в Сибири. Эта работа, в том числе по практической реализации своих теоретических разработок, была весьма плодотворной и успешной и привела, к примеру, к открытию уникального нижнекембрийского калиеносного бассейна в Восточной

Полевые экскурсии по Предкарпатью и Закарпатью в рамках конференции по соленосным формациям Украины, 1971 г.

Сибири, промышленной оценке ряда фосфатных месторождений и т. д. Значительное внимание А. Л. Яншин уделял проблемам нефтегазоносности осадочных бассейнов. Многие исследования по этой тематике явились основополагающими при оценке перспектив новых регионов.

Совершенно естественно, что, изучая осадочные полезные ископаемые и вмещающие их осадочные отложений в целом, А.Л. Яншин разрабатывал и важные проблемы осадочной геологии вообще.

Со значительной долей условности эти исследования можно объединить в несколько направлений. Одно из них – работы по общим вопросам солена-копления, глубинам солеродных бассейнов и строению соленосных толщ.

А. Л. Яншин на полевых экскурсиях по Предкарпатью и Закарпатью в рамках конференции по соленосным формациям Украины, 1971 г.

Весьма важен комплекс исследований по принципиальным вопросам палеогеографии. Можно со всей определенностью утверждать, что описание и анализ глубоководных отложений геологического прошлого, выполненные совместно с Р. Г. Гарецким, по сути дела впервые в столь общей и аргументированной форме показали их достаточно широкое распространение в геологических разрезах и палеогеографическое значение. Они способствовали изменению представлений отечественных геологов о безусловной и полной компенсации тектонического прогибания накоплением осадков и постоянно мелководном характере осадконакопления. В русле палеогеографических работ общенаучного значения можно рассматривать и обсуждение А. Л. Яншиным триады внеледниковых отложений ледниковых эпох, вопроса о так называемых всемирных трансгрессиях и регрессиях и др.

Не мог А. Л. Яншин обойти вниманием и важное достижение отечественной геологической науки, связанное, прежде всего с именем его учителя – Н. С. Шатского, – учение о геологических формациях. Кроме непосредственного использования формационного анализа в геологической практике, в тектоническом анализе регионов, построении тектонических карт и др. он немало сделал и для разработки самого этого учения, что нашло свое выражение в ряде выступлений, статей, постановке соответствующих исследований, руководстве этими исследованиями своих сотрудников.

Самый значительный вклад А. Л. Яншин внес в постановку и разработку проблемы эволюции геологических процессов в истории Земли – проблемы, исследование которой, несмотря на ее многогранность, естественно возникло на базе изучения осадочных пород и осадочных полезных ископаемых. Сам А. Л. Яншин в интервью журналу «Наука в СССР» (1991 № 6) на вопрос «Что из сделанного Вами в науке Вы расцениваете как несомненную удачу?» ответил коротко и очень определенно: «Создание и развитие учения об эволюции геологических процессов в истории Земли». Кроме многочисленных статей в общей форме эта проблема была освещена в отдельной брошюре. Показательно также, что именно эта проблема была поставлена и обсуждалась на представительной юбилейной сессии в 1991 г., посвященной 80-летию А. Л. Яншина.

Строго говоря, сам факт изменения осадочного породообразования в истории Земли был установлен, по крайней мере, ещё в начале XX столетия. В 1909 г. Дели показал, что со временем в осадочной оболочке происходит смена доломитов известняками. Принципиально, хотя и конспективно, но уже на уровне изменения обстановок поставил вопрос Л. В. Пустовалов. По сути дела он сформулировал саму проблему, указав, что «Только лишь в том случае, если мы учитываем историческую обстановку осадкообразования, мы можем рассчитывать достигнуть правильных и надежных результатов».

Свои работы А. Л. Яншин сопровождал глубоким и обстоятельным историческим экскурсом и отмечал достижения своих предшественников. Он высоко ценил работы и идеи Л. В. Пустовалова и неоднократно подчеркивал, что именно Л. В. Пустовалов показал необратимую эволюцию процессов осадконакопления, что послужило началом смены парадигмы актуализма и униформизма в геологии, после чего стало разрабатываться в целом учение об эволюции геологических процессов в истории Земли, указал, что признание эволюции геологических процессов произошло именно в литологии, а самого Л. В. Пустовалова назвал основоположником учения об эволюции геологических процессов вообще.

Вместе с тем постановка проблемы в целом, разворот работ и создание целого нового научного направления – безусловная заслуга А. Л. Яншина.

Тех или иных аспектов эволюции А. Л. Яншин касался многократно и в самых разных формах: в научных публикациях, популярных изданиях и периодической печати, в выступлениях на различных конференциях и совещаниях. Его доклад на эту тему стал одним из ключевых принципиальных сообщений на 27 сессии Международного геологического конгресса в 1984 г. в Москве. Нельзя не отметить неоценимую роль А. Л. Яншина в становлении этой проблемы в качестве одного из приоритетных направлений исследований АН СССР, а затем и РАН.

А. Л. Яншин неоднократно приводил в своих докладах и статьях фразу Ч. Лайеля: «На земной поверхности и в земной коре всегда действовали только те силы, которые действуют в современную эпоху, причем с той же интенсивностью, с которой они действуют сейчас». Это было, если можно так выразиться, «теоретическим обоснованием» максимы Бюффона: «Настоящее – ключ к прошлому».

После работ А. Л. Яншина и его школы признание эволюции геологических процессов и обстановок их проявления стало всеобщим. Было показано, что настоящее не является ключом к прошлым обстановкам, хотя и может приоткрывать завесу над некоторыми из них. В большинстве своем прошлые обстановки в каких-то отношениях отличаются от современных.

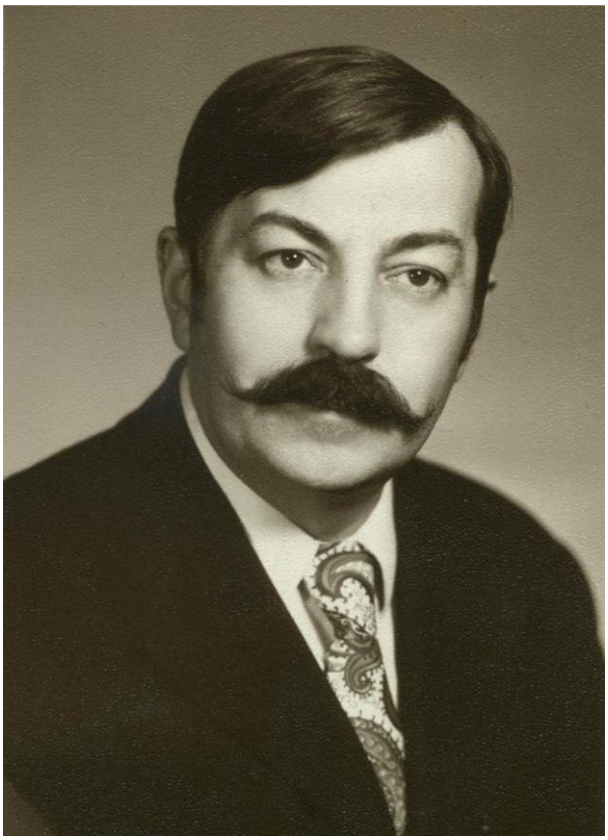
В работах по этой проблеме сам А. Л. Яншин не только и, самое важное, не столько устанавливал факт эволюции того или иного типа пород или осадочного полезного ископаемого, но решал более общие принципиальные вопросы изменения обстановок и процессов осадкообразования и осадконакопления. Так, было установлено наличие глубоководных бассейнов древнего соленакопления, примеры которых отсутствуют в современных условиях, показано, что элювиальные бокситы появились только с мела, что обусловлено становлением «формации тропического леса» с его огромной биологической продуктивностью, которая и определила возможность столь глубокого химического, а точнее биохимического выветривания.

29-я сессия Международного геологического конгресса, Киото, Япония, 1992 г. Слева – академик РАН В. И. Осипов, справа – академик РАН А. Л. Яншин, в центре - автор

Весь комплекс работ по этому направлению и их результаты привели к очень важным последствиям. Дело в том, что с самых первых лет становления и развития литологии как самостоятельной науки, в ней было два взаимосвязанных, но в общем разных аспекта, которые условно можно назвать седиментологическим и стадиальным. Первое направление рассматривает главным образом способы, условия и обстановки осадконакопления, второе – преобразование осадков и особенно пород в течение их существования, главным образом в катагенезе. Работы А. Л. Яншина и его школы, а точнее результаты исследований по всей проблеме обусловили возникновение и становление третьего – эволюционного, раздела теоретической литологии. О том, что это направление приобрело «полноправные права гражданства», свидетельствует факт включения этих вопросов в вузовский учебный процесс в виде разделов программ и учебников.

Научная значимость ученого определяется не числом выполненных и опубликованных им работ, хотя у А. Л. Яншина их более чем достаточно, а их новизной, оригинальностью, «масштабностью». В этом плане А. Л. Яншин много привнес в науку об осадочных породах, оставив в ней значительный след. Одним из важнейших следствий его работ явилось создание и становление эволюционного направления – нового большой раздела теоретической литологии.

ПАМЯТИ ОЛЕГА ВСЕВОЛОДОВИЧА ЖУКОВА



8 марта 2011 года ушел из жизни Олег Всеволодович Жуков – известный ученый, блестящий преподаватель, один из основоположников внедрения литолого-фациальных методов изучения на Урале, крупный знаток угольных месторождений Урала.

Олег Всеволодович родился 28 июля 1929 года в г. Астрахани. В 1952 г. окончил Свердловский горный институт им. В.В. Вахрушева по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» и работал в Уральском территориальном геологическом управлении (1953-64 гг.). В 1964 году защищена кандидатская диссертация на тему: «Геологические условия формирования северной части Челябинского буроугольного бассейна». В период 1964-75 гг. Олег Всеволодович Жуков преподает на кафедре «Геологии месторождений полезных ископаемых» в качестве доцента. При его активном участии на кафедре была организована «Лаборатория литолого-фациального анализа», внедрен в процесс преподавания лабораторный практикум по фациально-циклическому анализу, подготовлены сотни геологов-угольщиков, владеющих фациальными методами исследования. В 1975-81 гг. – сотрудник Института экономики УрО АН СССР, а в 1981-93 гг. – сотрудник Института геологии и геохимии УрО АН СССР. С 1993 г. – генеральный директор Научно- производственного товарищества с ограниченной ответственностью «Уралантра-

цит», которое впервые на Урале начало открытую отработку нижнекарбоновых антрацитов на Алтынайском месторождении.

В 1994 г. Олег Всеволодович Жуков защитил докторскую диссертацию на тему: «Закономерности формирования угольных месторождений и прогноз угленосности», а с 1996 г. начинает преподавать в Уральской государственной горно-геологической академии. С конца 90-х годов и практически до конца своих дней работает консультантом в институте «Уралгипрошахт». Основные труды посвящены изучению проблем угленакопления и влияния тектонических процессов на структуры угольных месторождений; выявлению поисковых критериев и принципов прогнозирования угленосности. Занимался проблемами минерально-сырьевой базы Урала; проводил фундаментальные теоретические исследования процессов образования мощных угольных залежей; разработал новый способ поиска угольных залежей, защищенный авторским свидетельством. Является автором программы «Основные положения бизнес-плана строительства углеразреза, электростанции и завода стройиндустрии на Алапаевских месторождениях тощих углей в Свердловской области». Председатель бюро секции «Уголь Урала» УрО РАН, организатор четырех уральских угольных совещаний, возглавлял работу по Комплексной программе развития угольной базы Урала до 2005 года. Автор и соавтор более 60 печатных работ.

Благодаря своему неудержимому темпераменту и неистощимому оптимизму, оригинальному и неожиданному мышлению пользовался большим авторитетом и уважением не только в среде геологов-угольщиков, ученых, литологов, но и у широкого круга представителей смежных наук о Земле, в том числе специалистов-геофизиков и разработчиков месторождений полезных ископаемых.

Память об Олеге Всеволодовиче Жукове, талантливом преподавателе, человеке большой души и выдающемся специалисте-угольщике навсегда останется в сердцах учеников и коллег, а результаты научных трудов – в многочисленных статьях монографиях, картах.

Уральские геологи-
углеразведчики

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалами, помещенными в очередном выпуске сборника, освящен обширный круг вопросов, исследуемых в рамках обширной отрасли геологического знания – учения об осадочных породах. Естественно, что особым направлением явилось представление новых данных по всему спектру горючих ископаемых, почти нацело связанных с этим семейством горных пород. Поскольку оценка сведений, опубликованных в представленном сборнике, является делом читателей, перейдем к приглашению, вписывающемуся в неумолимую «стрелу времени».

Уважаемые коллеги!

Редколлегия межвузовского научного тематического сборника «Литология и геология горючих ископаемых» приступила к сбору статей для формирования очередного V выпуска. К опубликованию принимаются статьи, в которых рассматриваются:

- общие вопросы седиментологии;
- литология нефтегазоносных и угленосных толщ;
- геология угольных месторождений;
- вопросы, связанные с оценкой и использованием угольных ресурсов.

Сборник предусматривается посвятить 100-летию видного отечественного литолога, непревзойденного знатока млоистости осадочных пород Любови Николаевны БОТВИНКИНОЙ (1912-1989), широко известной результатами изучения фациального состава и цикличности отложений разного генезиса.

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.

Срок принятия статей – до 31 марта 2012 г.

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 высылаются по одному из электронных адресов:
igg.lggi@ursmu.ru (при объеме до 1,5 Мб),
kafedra_lggi@mail.ru (при объеме более 1,5 Мб),
а также почтой в виде копии на бумажном носителе (бумага формата А4).

3. Оформление статьи. Основной текст: шрифт Times New Roman Cyr; размер шрифта (кегль) – 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.

4. Рисунки четкие, штриховые, черно-белые, до 2 – 3 на статью, предельно схематизированные, размером не более 14 × 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.**

5 Список литературы печатается на отдельном листе, в алфавитном порядке, включает до 5 – 8 наименований, оформляется по принятым стандартам, с указанием страниц.

6. При вставке в текст формул, созданных в Microsoft Equation, высота знаков такая же, как в основном тексте.

7. 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 (кегль)	**Пример оформления статьи**
14-й	УДК. 553.94 (552.57)
14-й полужирный 12-й	**И. И. Иванов[1], П. П. Петров[2]** [1]Московский гос. университет [2]Уральский гос. горный университет
16-й полужирный	**НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ В XXI ВЕКЕ**
14-й (в табл. и подрисуночных подписях – 12-й)	Текст статьи
14-й	**Библиографический список**
14-й (фамилии авторов или первое слово - полужирный)	1. **Иванов И. И.** Седиментология. М.: Наука, 2005. 200 с. 2. **Иванов И. И., Петров П. П., Сидоров С. С.** 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	Индекс пласта | Мощность пласта, м |
12-й	Подрисуночные подписи (прилагаются на отдельной странице) Рис. 1. Карта угленосности: 1 – изолинии мощности, м; 2 – выход летучих, %

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Раздел I. Общие вопросы литологии 4

Алексеев В. П., Амон Э. О. "Рамочные" границы и возможности применения актуализма в седиментологии 4

Леоненко Г. Н. О литологии, седиментологии и энергетическом подходе к исследованиям 24

Макаров В. П. К определению понятий "структура" и "текстура" в литологии. Элементы теории "структур" 38

Раздел II. Результаты изучения осадочных пород и горючих ископаемых 52

Маслов А. В., Мизенс Г. А., Крупенин М. Т. Некоторые особенности химического состава песчаников Предуральского предгорного прогиба (Средний Урал) 52

Кузнецов В. Г. Признание в любви, или гимн карбонатным породам 62

Оленова К. Ю. Микрокодиевые известняки северной части Колвинского мегавала 68

Хасанова К. А. Применение факторного анализа с целью верификации генетических реконструкций (на примере ачимовских отложений и тюменской свиты Ямбургского месторождения, Западная Сибирь) 75

Фролова Е. В. Геохимические особенности отложений тюменской свиты Ямбургского месторождения (западная Сибирь) 79

Фролова Е. В., Хасанова К. А., Алексеев В. П. Верификация палеогеографических реконструкций посредством анализа геохимических данных отложений тюменской свиты Шаимского НГР Ямбургского месторождения (Западная Сибирь) 84

Федоров Ю. Н., Маслов А. В., Ронкин Ю. Л. РЗЭ-систематика сырых нефтей различных резервуаров Шаимского и ряда других нефтегазоносных районов Западной Сибири 90

Макаров В. П. О свойствах углеводородного вещества – источника нефти 95

Стукалова И. Е. Сыкорова И. Петрографические типы и качество бурых углей 109

Пронина Н. В., Леоненко А. В. Угли тюменской свиты как нефтематеринская порода 122

Макарова Е. Ю., Шэнь Чжэн Изучение емкостных свойств метаноносных углей бассейна Циньшуй 128

Кизильштейн Л. Я., Шпицглуз А. Л., Внутриклеточные структуры растительных тканей в инертините углей 133

Раздел III. Биостратиграфия и корреляция осадочных толщ, нефтегазовая литология 138

Шульга В. Ф., Здановски А., Коновалова В. А., Николаева С. В. Новые данные о биостратиграфической и хроностратиграфической корреляции угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов (Украина, Польша) 138

Амон Э. О. Радиолярии в экосистеме баженовского моря (поздняя юра – начало раннего мела), Западня Сибирь 145

Шишлов С. Б. Ориктоценозы терригенных сероцветных эпиконтинентальных формаций (типизация и механизмы формирования) 170

Чернова О. С. Жилина Е. Н. Типизация разрезов подугольной толщи келловей-оксфордского возраста Лугинецкого газоконденсатно-нефтяного месторождения (Томская область) 179

Сухарев А. И. Пострифтогенные процессы в Большехетской синеклизе и характер распределения углеводородов (Западная Сибирь) 187

Раздел IV. Геология твердых горючих ископаемых и сопутствующие вопросы 195

Такранов Р. А. Закономерности плотности угля, учитываемые в геолого-маркшейдерской практике 195

Серебренникова Н. Л. Влияние факторов на погрешность при подсчете запасов полезного ископаемого 209

Серебренникова Н. Л. Морфология и качество угольных пластов "Мощный" и "Пятиметровый" Нерюнгринского каменноугольного месторождения 218

Макаренко Г. Л. Закономерности естественных условий развития торфяного месторождения "Жарп" Тверской области 224

Кизильштейн Л. Я. Золоотвалы горючесланцевых ТЭС – техногенные месторождения ценных компонентов (Сообщение 5. Карбонатные микросферы в прудах-отстойниках) 231

*****

Кузнецов В. Г. Рецензирование и оценка научных работ – далеко не бесспорные размышления старого брюзги 237

Цейслер В. М. Исторические этюды в связи с угольной геологией 244

Кузнецов В. Г. Александр Леонидович ЯНШИН: к столетию со дня рождения (1911 – 2011) 251

Памяти Олега Всеволодовича ЖУКОВА 257

Заключение 259

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 V (21)

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка Н. В. Устьянцевой
К. А. Хасановой

Подписано в печать Бумага офсетная Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$
Печать на ризографе. Печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство Уральского государственного горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ООО «ИРА УТК»,

620102, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, 83

Тел.: (343)269-18-83