

**ЛИТОЛОГИЯ
И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ
ИСКОПАЕМЫХ**



**Екатеринбург
2007**



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

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Межвузовский научный тематический сборник

Выпуск I (17)

Екатеринбург

2007

УДК 552.5 + 553.9

Л 64

Л 64 Литология и геология горючих ископаемых: Межвуз. науч. темат. сб. / Редкол.: Алексеев В. П. (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2007. Вып. I (17). 278 с.

Предлагается первый, «перереформатированный», выпуск, продолжающий многолетнее издание сборника «Геология угольных месторождений». Смещение акцентов на весь ареал горючих полезных ископаемых обосновано с позиций их размещения в литологически единых осадочных бассейнах.

Сборник посвящен 70-летию со дня рождения выдающегося отечественного литолога, заложившего фундаментальные основы седиментологии, С. И. Романовского. В ставших уже традиционными разделах освещаются научно-методические вопросы изучения терригенных и карбонатных толщ, вмещающих горючие полезные ископаемые. Приводятся новые сведения по нефтегазовой литологии, геологии угольных и торфяных месторождений, а также топливно-энергетическим ресурсам и различным аспектам, связанным с их освоением.

Предназначается широкому кругу геологов, связанных с изучением осадочных толщ, вмещающих горючие полезные ископаемые всего диапазона (торф, уголь, нефть, газ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета УГГУ

Редакционная коллегия:

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

© Уральский гос. горный университет, 2007

© Авторы, постатейно, 2007

К 70-ЛЕТИЮ С. И. РОМАНОВСКОГО



13 июля 1937 года – 24 августа 2005 года

Выдающийся российский литолог, фундаментально рассмотревший базисные аспекты седиментологии на всех ее уровнях – от гранулометрического анализа до осадочных бассейнов – Сергей Иванович РОМАНОВСКИЙ не дожил всего два года до своего 70-летия. Проработав всю свою творческую жизнь во Всероссийском (Всесоюзном) научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ), С. И. Романовский оставил обширное творческое наследие в виде 20 монографий и 250 брошюр и статей, которые охватывают различные разделы геологии, историю науки и персоналии, а также социальные аспекты истории России.

Посвящение настоящего выпуска сборника в его обновленном варианте именно С. И. Романовскому легко объяснимо уже кратким перечнем его главных монографических работ [1 – 7]. Акцент издаваемого сборника существенно смещается в область литологии, то есть рассмотрения осадочных толщ как в самостоятельном аспекте, так и в качестве вместилища горючих полезных ископаемых разного генезиса и разного фазового состояния. Это требует осмысления именно седиментологических основ осадконакопления, что и выполнено С. И. Романовским в серии блестящих работ, логично развивающих излагаемые представления и дополняющих друг друга.

Мы не претендуем на подробный анализ творческого пути и наследия С. И. Романовского: это отчасти выполнено близко знавшими его коллегами в статье^{*)} и требует тщательного и вдумчивого анализа, время которому еще не пришло. Поэтому ограничимся «пунктирной» констатацией объектов исследования, что во многом уже само по себе характеризует его сугубо логического мышление. Так, «оттолкнувшись» от рассмотрения флиша как результата реализации достаточно хорошо реконструируемого механизма осадконакопления [1], в течение последующих 10 лет С. И. Романовский создал поистине «трилогию шедевра» в седиментологии [2 – 4]. По сути, здесь мы имеем дело с настоящей седиментологической энциклопедией, охватившей все стороны осадочного процесса. Это становится особенно ясным по прошествии достаточно длительного (по человеческим меркам) срока со времени издания данных работ, поскольку, как верно отмечено большим русским поэтом:

Лицом к лицу
Лица не увидать.
Большое видится на расстоянии.

Завершив эту «трилогию», С. И. Романовский уже на новом уровне подошел к решению более крупных проблем осадочной геологии. «Размявшись» на конкретных механизмах осадконакопления, т. е. вернувшись к любимому потоковому механизму формирования турбидитов [5], он принципиально конструирует основы *литогеодинамики* [6]. Это позволило ему, уже в коллективе авторов, «наложить» осадочные бассейны на концепцию литосферных плит [7]. Тем самым за 45 лет научного творчества и 30 – активного книгоиздания С. И.

^{*)} К 70-летию со дня рождения С. И. Романовского / Л. И. Красный, И. И. Абрамович, Г. А. Беленицкая, Р. А. Жуков, Д. С. Кашик, А. В. Лапо, В. Л. Масайтис // Отеч. геология. 2007. № 4. С. 69-70.

Романовский охватил все аспекты седиментологии – от ее гранулометрических основ до рассмотрения ансамблей осадочных бассейнов в целом. При всем этом результаты работ не сводились к описательным характеристикам, что свойственно многим исследованиям геологического направления, но всегда представляли строго обоснованные и методически целостные системные проработки, выводящие на доказываемые и верифицируемые обобщения.

Научное наследие С. И. Романовского дает богатейший материал для его анализа последующими аналитиками. Рискую впасть в эпигонство, приведем развернутую цитату из предисловия к работе [4]. При этом возьмем на себя смелость полагать, что как минимум эту работу С. И. Романовского попросту *необходимо* детально изучить *любому* геологу (равно как и геофизику), занимающемуся изучением *осадочных* толщ, в том числе работающему в области наиболее востребованной сегодня нефтегазовой литологии.^{*)} Итак, «Ключевой идеей книги является выделение самостоятельных типов седиментогенеза, реализующихся в разных структурно-тектонических зонах океана. Каждый из типов получил свое специальное название. Кроме того, мы рассматриваем отдельно своеобразные структурные инварианты седиментогенеза, ответственные за формирование тел осадочной оболочки разной структурной сложности. Таких инвариантов три: грануло-, страто- и циклоседиментогенез. Их детальному описанию посвящена вторая часть книги. Первая же касается теоретического, эмпирического и экспериментального фундамента физической седиментологии. Все это служит той совершенно необходимой базой, без которой немислимо изложение и понимание основных результатов этой науки» [4, с. 4 – 5].

Огромен вклад С. И. Романовского в историографию геологии. Для нас особенно ценны его научные биографии Н. А. Головкинского [8], А. П. Карпинского [9, 10] и Л. И. Лутугина [11], написанные высокохудожественным языком, с одновременно глубоко профессиональным анализом трудов этих в разной мере известных геологов. Кстати, здесь содержится и еще одно обоснование посвящения обновленного сборника именно С. И. Романовскому. Оно заключается в том, что имя Л. И. Лутугина широко известно как «отца отечественной угольной геологии» [11, с. 30]. Дополнительно упомянем и тот факт, что в одной из работ С. И. Романовского под одной «крышкой» сведены турбидитные и угленосные формации [5].

Именно работу о Л. И. Лутугине С. И. Романовский завершил небольшим эссе «О научной биографии геолога (небольшое исследование вместо послесловия)» [11, с. 173 – 190]. Как видно уже из названия, он и здесь остался верен себе. Написав яркое произведение о необычном «поэте Донецкого бассейна» и прогрессивном представителе русской интеллигенции начала XX в., С. И. Романовский еще и поделился соображениями о том, *как* следует писать подобные произведения. Именно к его книгам можно отнести его же высказывание: «...биографию ученого можно признать удавшейся только в том случае, если

^{*)} См. статью В. Г. Кузнецова «Проблемы нефтегазовой литологии», открывающую 1-й раздел настоящего сборника.

она читается людьми учеными, читается с неослабевающим интересом от первой до последней страницы» [11, с. 177].

Исходя из отмеченного выше «видения большого на расстоянии», можно надеяться на появление в некотором будущем научной биографии С. И. Романовского. Вне всяких сомнений, его колоссальное научное наследие (мы осознанно не коснулись его исследований в области социальной истории науки и культуры России, подготовки нового издания Геологического словаря, etc.) заслуживает такого же отдельного биографического описания, каковое выполнено им для своих предшественников. В качестве некоторой параллели приведем высказывание самого С. И. Романовского из предисловия к работе о Н. А. Головкинском: «...именно творцы теоретических идей навсегда входят в историю науки, а их региональные работы, которые имеются в избытке практически у любого геолога, с течением времени полностью утрачивают свое значение» [8, с. 6].

Снижая пафосность изложения материала, укажем на некоторые совпадения, не относя их к разряду мистических: Сергей Иванович сугубо отрицательно относился к любым проявлениям *лженауки*.^{*)} Предлагаемый 17-й выпуск сборника датирован 2007 годом и посвящен 70-летию С. И. Романовского, один из основных трудов которого издан в 1977 году [2]. Как видно, количество «семерок» (вообще, цифры достаточно привлекательной для разного рода размышлений) явно превосходит некоторое среднестатистическое. Это явно порадовало бы любителя заказать «мизер» в преферанс (не говоря о знаменитых «трех картах»).

Такой «игривой» нотой мы позволили себе завершить сугубо серьезное посвящение сборника совершенно уникальной фигуре в отечественной литологии (и не только в ней). Думается, что сборнику предыдущего формата («Геология угольных месторождений») такое посвящение Сергей Иванович, скорее всего, не одобрил бы. Помнится, он обронил: «Что заниматься угольной литологией? Там все и так сделано...». А вот дал ли бы он «добро» на такое посвящение предлагаемому «переформатированному» изданию? Ответ на этот вопрос нам, к сожалению, уже не получить.

Ответственный редактор сборника, по поручению «уральской» части его редколлегии

^{*)} Романовский С. И. «Притащенная» наука. СПб., 2004. 348 с.

ГЛАВНЫЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С. И. РОМАНОВСКОГО

1. Романовский С. И. Динамика формирования флиша. Л.: Недра, 1976. 175 с.
2. Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.
3. Романовский С. И. Динамические режимы осадконакопления. Циклогенез. Л.: Недра, 1985. 263 с.
4. Романовский С. И. Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.
5. Литогеодинамический анализ угленосных и турбидитных формаций / С. И. Романовский, А. С. Тараканов, В. И. Бергер. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1990. 116 с.
6. Романовский С. И. Литогеодинамика осадочных бассейнов. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1996. 44 с.
7. Литогеодинамика и минералогия осадочных бассейнов / Е. А. Басков, Г. А. Беленицкая, С. И. Романовский и др. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ О ВЫДАЮЩИХСЯ ГЕОЛОГАХ-ИССЛЕДОВАТЕЛЯХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

8. Романовский С. И. Николай Алексеевич Головкинский (1834 – 1897). Л.: Наука, 1979. 192 с.
9. Романовский С. И. Александр Петрович Карпинский (1847 – 1936). Л.: Наука, 1981. 484 с.
10. Романовский С. И. Карпинский в Петербурге – Петрограде – Ленинграде. Л.: Лениздат, 1987. 256 с.
11. Романовский С. И. Леонид Иванович Лутугин (1864 – 1915). СПб.: Наука, 1997. 191 с.

С. И. РОМАНОВСКИЙ - 70

Главной задачей своих исследований Сергей Иванович считал разработку теоретических основ науки. При этом к понятию «теория» и к методологическим подходам Сергей Иванович выдвигал четкие и достаточно жесткие требования. Неоднократно обращаясь к определению самого понятия «теория» и к формулировке решаемых ею задач, он, в частности, писал: «Теорию можно определить как универсальную модель исследуемого класса объектов, обладающую большой степенью общности и доставляющую достоверное знание» (1985, с. 8)^{*)}. Именно поиск общности объектов, явлений и отражающих их (создаваемых автором) моделей является сквозной задачей практически во всех работах Сергея Ивановича.

Им были обозначены три основных методологических звена, которые определяли необходимость решения трех последовательных задач и которым он сам в своих исследованиях неизменно следовал. Он писал: «Разработка любой крупной теоретической проблемы предполагает последовательную реализацию следующих этапов: определение исходных понятий и соответствующих им терминов, построение теоретических конструкций... и, наконец, проверка «работоспособности» теории, т.е. решение на ее основе задач с использованием предсказательных и объяснительных возможностей предложенной теории» (1985, с.11).^{*)}

Главным «сквозным» объектом литологических исследований Сергея Ивановича была физическая седиментология. Разным ее аспектам посвящена серия очень интересных и содержательных монографий. Все они поразительно строго подчинены единой цели и единому плану, последовательно и разносторонне освещая выделенные ключевые проблемы.

Особенно большой вклад Сергей Иванович внес в анализ явлений и проблем циклогенеза. Впервые он ясно и убедительно показал необходимость классифицирования седиментационных циклов по динамическим режимам их образования, одновременно обосновав важность отдельного анализа режимов возникновения единичных индивидуальных циклов и режимов, определяющих и регулирующих их повторяемость в разрезах. Обе эти четко обозначенные задачи он блестяще решил в своих работах.

Узловым принципом разработанной Сергеем Ивановичем классификации явилось деление циклов по режимам их возникновения. Развивая представления Н. Б. Вассоевича о двух ведущих типах слоистости – миграционном и мутационном, Сергей Иванович предложил и в циклогенезе выделять два аналогичных класса, а также третий смешанный – миграционно-мутационный. Общим итогом стала оригинальная генетическая классификация режимов образо-

^{*)} Романовский С. И. Динамические режимы осадконакопления. Циклогенез. Л.: Недра, 1985. 263 с.

вания элементарных седиментационных циклов, включающая восемь основных динамических типов.

Выполненный Сергеем Ивановичем детальный разбор реального воплощения этих режимов в разных типах осадков показал работоспособность и эффективность классификации.

Чрезвычайно важным аспектом данного исследования является выделение в мутационном классе инъективного типа, обязанного импульсному поступлению масс терригенного материала в область осадконакопления. Этот тип, формирующий, в частности, мощнейшие турбидитные комплексы, по сути не имел своего места в существовавших до того времени классификациях типов седиментогенеза.

Развивая эти представления, Сергей Иванович ввел изменения и в широко известную классификацию типов литогенеза Н. М. Страхова, выделив самостоятельную группу аклиматических типов, в которую ввел, помимо вулканогенно-осадочного типа, еще один тип – суспензионно-поточный.

Введение инъекционных внедрений в систему факторов, определяющих режимы физического седиментогенеза, имеет и еще одно важное следствие. Оно дало дополнительный импульс для включения инъекционных факторов (иных их разновидностей, в том числе восходящих разгрузок) в анализ также и других типов седиментогенеза, повлияв тем самым на разработку единой систематики, объединяющей как «физическую», так и «химическую» (термины С. И.) ветви седиментогенеза. В режимах, определяющих формирование последовательной повторяемости циклов и их общей направленности, Сергей Иванович предложил различать сублационный и демиссионный типы. Этот подход принципиально близок используемому в сиквенс-стратиграфии.

Хочется еще раз подчеркнуть ряд общих чрезвычайно важных особенностей всех видов исследований, проводимых Сергеем Ивановичем в разные годы.

1. Теоретический и системный подход – ведущий принцип всех видов проводимых им исследований. Любая его работа представляет целостное системное исследование, доведенное до уровня глубокого и разностороннего теоретического обобщения.

2. Проанализированы проблемы, объекты и режимы, отвечающие всем иерархическим уровням структурной организации осадочных толщ: сначала грануло- и стратогенез, затем – циклогенез, позже – генезис формаций, их рядов и осадочных бассейнов.

3. Сергей Иванович всегда рассматривал объекты и явления как самостоятельные целостные системы и одновременно - как органичную часть целостной геологической системы более высокого ранга. Всегда анализировал весь комплекс связей и проблем. В итоге каждое явление и каждый объект вырисовывались в его освещении как целостные системы.

В еще большей мере это касается решаемых им проблем и способов их исследования. По сути Сергей Иванович возвел в ранг самостоятельных направлений (а часто и самостоятельных новых дисциплин) исследования по каждой из рассмотренных им проблем, практически независимо от их ранга. Так,

после его работ в научный обиход вошли понятия «гранулоседиментогенез», «стратоседиментогенез», «циклоседиментогенез» (или «геоциклогенез»), «общая теория седиментационной цикличности», «индикационные ряды осадочных формаций» и т. д. Сергей Иванович четко обозначил ряд важнейших современных направлений и дисциплин, таких как физическая седиментология, литогеодинамика (новая, обозначенная именно Сергеем Ивановичем дисциплина), бассейнология.

Во всех случаях Сергей Иванович не просто обозначал ту или иную проблему, направление или дисциплину, но и излагал с единых позиций их фундаментальные основы.

УДК 552.5

А. В. Лапо,

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ)

С. И. РОМАНОВСКИЙ КАК ИСТОРИК НАУКИ И ПУБЛИЦИСТ

Творческое наследие Сергея Ивановича Романовского огромно. Оно насчитывает 18 монографий (восемь из которых посвящены истории науки и культуры и одна – социальной истории России) и около 200 брошюр, препринтов и статей (из которых 44 посвящены истории науки, главным образом истории геологии).

Интерес к истории С. И. Романовский начал проявлять, по-видимому, в середине 70-х годов – во всяком случае, его первая журнальная публикация в этой области датирована 1978 годом [2]. В 80-е годы С. И. Романовский создал и возглавил Комиссию Всесоюзного минералогического общества АН СССР по истории (ныне – Комиссия ВМО по истории минералогии во главе с Н. П. Юшкиным), а в 1984 г. стал одним из первых отечественных геологов, избранных в члены Международной комиссии по истории геологических наук IHNIGEO [34].

В трудах С. И. Романовского по истории геологии намечается несколько направлений. Одно из них – это биографии российских геологов, в первую очередь А. П. Карпинского. Появление его первой научной биографии, написанной С. И. на основе огромного массива архивных документов и анализа трудов Карпинского, вышедшей в 1981 г. в академической серии «Научно-биографическая литература» [4], вызвало широкий общественный резонанс [1, 30, 32 и др.]. Карпинскому, его вкладу в науку и развитию его идей в современной геологии, были посвящены также другие публикации С. И.: выпущенная массовым тиражом книга «А. П. Карпинский в Петербурге–Петрограде–Ленинграде» [11], брошюра [13], вступительный очерк в посвященном Карпинскому выпуске академической серии «Материалы к биобиблиографии ученых» [28], серия статей и сценарий неоднократно демонстрировавшейся телепередачи. В рамках

деятельности INHIGEO С. И. Романовский подготовил к первой публикации на английском языке и снабдил развернутыми комментариями пророческую статью А. П. Карпинского «О правильности в очертании, распределении и строении континентов» [33], опубликованную впервые на русском языке в 1888 г.

В своей упомянутой выше книге «Александр Петрович Карпинский», вышедшей за год до столетия Геолкома-ВСЕГЕИ, Романовский писал: «Будет вполне естественным актом, если к столетней годовщине Геолкома-ВСЕГЕИ его украсит славное имя «отца русской геологии» Александра Петровича Карпинского» [4, с. 457]. Казалось бы, это фантазии, чистая маниловщина, но «сон оказался в руку»: благодаря поддержке общественности и активным действиям тогдашнего директора ВСЕГЕИ А. И. Жамойды институту за месяц до юбилея действительно было присвоено имя А. П. Карпинского.

Карпинский оставался любимым героем С. И. Романовского до конца его дней, однако подготовка к печати академической биографии Карпинского принесла С. И. в свое время много огорчений. Дело в том, что глава 16 этой книги [4] «Шаги к сотрудничеству», посвященная конфликтным отношениям РАН и её президента с захватившими власть большевиками, была сильно искорежена цензурой. По-видимому, именно следы цензурных купюр С. И. пометил для внимательного читателя отточиями в начале и конце некоторых абзацев на с. 338, 342, 343 и 344 своей книги. Эти столкновения с цензурой надолго отвратили С. И. от изучения послеоктябрьского периода развития отечественной геологии.

Помимо Карпинского, излюбленными персонажами Романовского были Н. А. Головкинский и Л. И. Лутугин. Их первые научные биографии, написанные С. И., также были опубликованы в серии «Научно-биографическая литература» [3,18]. Им были посвящены и отдельные статьи С. И. в журналах и справочных изданиях. Обстоятельный очерк Романовского о В. Г. Ерофееве был опубликован в одном из выпусков серии «Выдающиеся учёные Геолкома-ВСЕГЕИ» [6]. Более мелкие публикации С. И. были связаны с именами В. О. Ковалевского, Ф. Н. Чернышева, Е. С. Федорова, А. В. Сидоренко, А. Л. Яншина и некоторых других отечественных геологов.

Наряду с научными биографиями геологов, в трудах С. И. Романовского по истории геологии прослеживаются и определенные стержневые темы, которыми он занимался многие годы. В первую очередь, это история Геологического комитета и Геологической службы России до 1917 года [5, 7, 8, 24, 29 и др.]. Перу С. И. принадлежат и серии статей по истории развития отдельных отраслей геологии: литологии [12, 14], теоретической стратиграфии [10] и тектоники [9, 15].

Своеобразным обобщением многолетних размышлений С. И. Романовского по истории геологии явилась его вышедшая двумя изданиями (второе – посмертное) книга «Великие геологические открытия» [16, 27]. Таких открытий в области геологии С. И. выделяет всего пять:

1. Принцип актуализма Ч. Лайеля.
2. Разработка трёх основополагающих принципов стратиграфии – принципа переходных слоев А.П.Карпинского, принципа возрастного скольжения

подразделений местных стратиграфических схем Н. А. Головкинского, принципа хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков С. В. Мейена.

3. Концепция геосинклиналей и платформ, связанная с именами Дж. Холла, Дж. Д. Дана, Э. Зюсса, Г. Штилле и А. П. Карпинского.

4. Гипотеза дрейфа континентов А. Вегенера.

5. Концепция биосферы В. И. Вернадского.

Тема великих геологических открытий была характерна для С. И. Романовского: он не занимался мелочной работой, которую, по шутливому замечанию Н. В. Тимофеева-Ресовского, «все равно сделают немцы». Характерной в этом отношении была и статья С. И. Романовского «Что дала русская геологическая мысль мировой науке» [20].

В научно-популярном и публицистическом жанрах помимо «Великих геологических открытий» С. И. Романовский написал около двух десятков статей, опубликованных в журналах: «Звезда», «Нева», «Урал», «Наш следопыт», «Новый часовой» и даже «Советская музыка». В одном из этих журналов – военно-историческом журнале «Новый часовой», выпускаемом издательством Санкт-Петербургского университета – С. И. был членом Экспертного совета и руководил разделами истории науки и публицистики.

В архиве С. И. Романовского, находящемся во ВСЕГЕИ, хранятся распечатки неопубликованных статей последних лет его жизни: «Советские традиции РАН», «Закономерный финиш советской науки», «О специфике жанра научной биографии», «Ступить ногой и умереть» (об Э. В. Толле), «Не признан избранным» (о Д. И. Менделееве), «К. Р.» (о Великом князе Константине Константиновиче Романове) и других. Будем надеяться, что тем или иным способом, рано или поздно, их удастся опубликовать.

Отмена цензуры в постсоветской России стимулировала занятия С. И. Романовского как общей социальной историей страны, так и историей её науки и культуры. История Российской академии наук в годы советской власти сначала была описана С. И. в серии журнальных публикаций [17, 19, 23]. Затем круг рассматриваемых Романовским проблем расширился, и начиная с 1999 г. в течение всего пяти лет издательством Санкт-Петербургского университета одна за другой были выпущены четыре его фундаментальных книги: «Наука под гнётом российской истории» [21], «Нетерпение мысли, или Исторический портрет радикальной русской интеллигенции» [22], «От каждого по таланту, каждому – по судьбе» [25] и «"Притащенная" наука» [26] общим объемом почти 100 (сто!) печатных листов. За последнюю из этих книг Союзом писателей Санкт-Петербурга С. И. была посмертно присуждена Литературная премия имени Александра Беляева.

В краткой статье нет возможности изложить даже краткое содержание этих интереснейших книг своеобразной тетралогии С. И. Романовского – умнее просто порекомендовать их прочитать. Книги написаны в стиле доверительной беседы с читателем – сопровождаемой, однако, обширной библиографией по всем затронутым автором вопросам. Выпущенные тиражом от 300 до

1000 экз., эти книги С. И. распродавались мгновенно, но при этом, к сожалению, в отличие от научных монографий Романовского они пока не удостоились обстоятельных рецензий. Научной общественности, да и просто образованному читателю еще предстоит осмысление этой серии парадоксальных книг С. И. Романовского. Серия осталась незавершенной – Сергей Иванович ушел из жизни в разгаре работы над еще одной (по-видимому, заключительной) книгой, «Сокровенные тайны природы», которую мы уже не прочитаем никогда...

Фантастическая работоспособность и целеустремленность Сергея Ивановича, перенесшего три инфаркта, оставались неизменными вплоть до последнего дня его жизни; в тот роковой день он собирался пойти в Библиотеку РАН за очередной партией литературы, необходимой для работы над «Сокровенными тайнами природы». Будучи энциклопедически образованным человеком, С. И. обладал острым критическим умом и дедуктивным типом мышления. Говорят, что «стиль – это человек», и стиль Романовского был неподражаем. Как подметил когда-то Ю. Я. Соловьев, «оригинальные суждения С. И. Романовского мгновенно притягивают читающего и заставляют буквально не отрываться от текста; этим достигается поставленная цель – вовлечь читателя в широкий спектр рассматриваемых автором вопросов» [31, с. 7].

Интроверт по своей природе, С. И. Романовский был в то же время общительным, чрезвычайно доброжелательным человеком. Умение делать людям добро, столь редкое в наш жестокий век, было его отличительной особенностью – «особостью», если употреблять это любимое словечко самого Сергея Ивановича. Другой особенностью его натуры было уникальное сочетание в одном лице качеств глубокого естествоиспытателя, дотошного историка, эрудированного культуролога и яркого публициста.

Все это вместе взятое определило весомый вклад Сергея Ивановича Романовского в историю культуры России конца XX в.

Библиографический список

1. **Резанов И. А.** Книга о первом выборном президенте АН СССР // Вопросы истории естествознания и техники. 1983. № 1. С. 151-153.
2. **Романовский С. И.** Вклад Н.А.Головкинского в развитие геоморфологии в нашей стране // Геоморфология. 1978. № 3. С. 112-117.
3. **Романовский С. И.** Николай Алексеевич Головкинский (1834-1897). Л.: Наука, 1979. 191 с.
4. **Романовский С. И.** Александр Петрович Карпинский (1847-1936). Л.: Наука, 1981. 484 с.
5. **Романовский С. И.** История организации в России государственной геологической службы // Вопросы истории естествознания и техники. 1981. № 3. С. 115-121.
6. **Романовский С. И.** Василий Гаврилович Ерофеев (1822-1884) // Выдающиеся ученые Геолкома-ВСЕГЕИ. Л., 1982. С. 5-26.

7. **Романовский С. И.** История создания Геологического комитета. Геологический комитет – государственное геологическое учреждение России // Труды ВСЕГЕИ. 1982. Т. 266. С. 13-59.
8. **Романовский С. И.** Роль Минералогического общества в организации государственной геологической службы страны // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1982. Часть 111. Вып. 1. С. 3-12.
9. **Романовский С. И.** Из предыстории мобилизма // История и методология геологических наук. Киев: Наукова думка, 1985. С. 3-12.
10. **Романовский С. И.** Методологические и исторические корни одного недоразумения теоретической стратиграфии // История и методология геологических наук. Киев: Наукова думка, 1985. С. 26-33.
11. **Романовский С. И.** А. П. Карпинский в Петербурге-Петрограде-Ленинграде. Л.: Лениздат, 1987. 256 с.
12. **Романовский С. И.** К вопросу об истории открытия и авторстве основного фациального закона // Вопросы истории естествознания и техники. 1988. № 4. С. 89-94.
13. **Романовский С. И.** Геологические идеи А. П. Карпинского и современная наука. Л.: ЛО ИИЕТ АН СССР, 1989. Препринт 1. 16 с.
14. **Романовский С. И.** На пути к теоретической литологии (по материалам дискуссий 50-х годов) // Вопросы истории естествознания и техники. 1992. № 2. С. 28-37.
15. **Романовский С. И.** От представлений М. В. Ломоносова о «трясении Земли» до современной тектоники // Тектонические основы прогнозно-металлогенических исследований. СПб.: ВСЕГЕИ, 1992. С. 150-159.
16. **Романовский С. И.** Великие геологические открытия // Очерки по истории геологических знаний. 1995. Вып. 30. 216 с.
17. **Романовский С. И.** «История болезни» Российской академии наук // Звезда. 1996. № 9. С. 186-193.
18. **Романовский С. И.** Леонид Иванович Лутугин (1864-1915). СПб.: Наука, 1997. 191 с.
19. **Романовский С. И.** Российская академия наук в годы Гражданской войны // Новый часовой. 1997. № 5. С. 113-127.
20. **Романовский С. И.** Что дала русская геологическая мысль мировой науке // Вопросы истории естествознания и техники. 1997. № 1. С. 106-116.
21. **Романовский С. И.** Наука под гнетом российской истории. СПб.: Изд-во СПГУ, 1999. 344 с.
22. **Романовский С. И.** Нетерпение мысли, или исторический портрет радикальной русской интеллигенции. СПб.: Изд-во СПГУ, 2000. 368 с.
23. **Романовский С. И.** Как создавалась Российская академия наук (документальная хроника 1989-1991 гг.) // Новый часовой. 2001. № 11-12. С. 140-149.
24. **Романовский С. И.** Геологический комитет // Три века Санкт-Петербурга: Энциклопедия в трех томах. СПб.: Изд-во Филологич. фак. СПГУ. 2003. Т. 2. Кн. 2. С. 77-79.

25. **Романовский С. И.** От каждого – по таланту, каждому – по судьбе. СПб.: Изд-во СПГУ, 2003. 388 с.
26. **Романовский С. И.** «Притащенная» наука. СПб.: Изд-во СПГУ, 2004. 346 с.
27. **Романовский С. И.** Великие геологические открытия. Издание 2-е. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2005. 224 с.
28. **Романовский С. И., Жамойда А. И.** Краткий очерк научной, педагогической и научно-организационной деятельности [А. П. Карпинского] // Александр Петрович Карпинский (1847-1936): Мат. к биобиблиографии ученых. Геол. науки. Вып. 50. М.: Наука, 2000. С. 9-37.
29. **Романовский С. И., Жамойда А. И.** Из истории создания Геологического комитета. Начало деятельности Геологического комитета и развертывание систематических геологических исследований // Геолком-ВСЕГЕИ в развитии геологической службы и укреплении минерально-сырьевой базы России. 1882-2002. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2002. С. 13-27.
30. **Соловьев Ю. Я.** Александр Петрович Карпинский // Известия АН СССР. Сер. геологич. 1982. № 3. С. 150-154.
31. **Соловьев Ю. Я.** От редактора // Романовский С. И. Великие геологические открытия. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ. 1995. 216 с.
32. **Яншин А. Л.** Анатомия недр // Книжное обозрение. 2.04.1982. № 14 (828). С. 6.
33. **Karpinsky A. P.** On the regularity in outline, distribution, and structure of continents // Episodes. 2003. Vol. 26. № 4. P. 310-317.
34. **Lapo A. V., Bessudnova Z. A., Khomizuri G. P. et al.** Death of Dr. Sergey I. Romanovsky, Russian INHIGEO member, at St. Petersburg, Russia (1937-2005) // INHIGEO Newsletter for 2005, 2006, № 38, p. 35-36.

Раздел I. ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕГО И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

УДК 552.12 : 553.98

В. Г. Кузнецов,

Российский государственный университет нефти и газа

ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ЛИТОЛОГИИ

Успешное издание 16 выпусков тематических сборников «Геология угольных месторождений» закономерно поставило вопрос о расширении тематики подобных изданий и включении вопросов геологии горючих ископаемых в целом. Важнейшими из них являются нефть и газ, и представляется оправданным обсудить некоторые проблемы, стоящие перед литологией в области геологии нефти и газа.

Начало изучения осадочных пород относится к концу XIX столетия, когда были выполнены научные описания ряда осадочных пород. Однако становление и развитие самостоятельной науки об осадочных породах – петрографии осадочных пород или литологии (седиментологии в западной литературе) – было обусловлено потребностями быстро развивающейся нефтяной промышленности. Скоро эта наука об осадочных горных породах и осадочных комплексах и связанных с ними полезных ископаемых, их составе, строении, происхождении, закономерностях пространственного и геохронологического размещения приобрела самостоятельное общенаучное значение и стала важнейшим разделом комплекса наук о Земле. Вместе с тем она не потеряла и своего, если можно так выразиться, прикладного к геологии нефти и газа значения. Об этом свидетельствует и появление специальных работ по нефтегазовой литологии, организация специализации при подготовке геологов-нефтяников. Аналогичная подготовка и учебники существуют и за рубежом. Можно упомянуть книгу проф. К. Бьерликка «Седиментология и нефтяная геология» [9], проф. В. Циммерле «Нефтегазовая седиментология» [10] и др. Без литологической базы не обходится ни одна серьезная работа по коллекторам нефти и газа.

Без преувеличения можно сказать, что эпохальным для литологии вообще и нефтегазовой в частности стало издание двухтомной «Петрографии осадочных пород» профессора Московского нефтяного института, фактического создателя кафедры петрографии осадочных пород (ныне – кафедра литологии) Л. В. Пустовалова. Это была первая в мировой литературе работа, в которой было показано, что осадочные породы являются закономерными минеральными ассоциациями «...и в своей совокупности, в пределах каждой области осадконакопления, образуют между собою закономерные парагенетические сообщества, совершенно правильно сменяющие друг друга как в пространстве, так и во времени» [6, т. 1, с. 5], намечены общие закономерности их происхождения, распространения в пространстве и времени, сформулированы основные законы

об осадочной дифференциации, эволюции и периодичности осадочного процесса и т. д. Уже во введении Л. В. Пустовалов определяет науку её современным термином «литология», но отмечает, что «официальное название науки», под которым она, в частности, «фигурирует в учебных планах высших учебных заведений» – «петрография осадочных пород», и лишь «это обстоятельство заставляет продолжать пользоваться несколько устаревшим термином» [6, т. 1, с. 7].

Принципиально важно, что эта совершенно исключительная по значимости работа была создана на базе нефтяной промышленности и была издана как учебное пособие для нефтяных вузов, хотя вышла далеко за рамки как нефтяного дела, так и учебника.

Среди задач нефтегазовой литологии с самого начала выделилось три главные группы задач:

1. Разностороннее петрографическое изучение и детальная характеристика пород-коллекторов нефти и газа, а позднее и покрышек или в более общей форме – флюидоупоров (П. А. Авдусин, Г. И. Теодорович и др.), их состава и строения, структуры и характера порового пространства.

2. Корреляция разрезов, особенно разрезов скважин на основе петрографических данных в форме главным образом микропетрографической корреляции (Г. Мильнер, В. Н. Батулин, С. Г. Саркисян и др.).

3. Выяснение условий образования продуктивных отложений, а также фациально-палеогеографические реконструкции с целью выяснения условий образования нефтегазоматеринских и продуктивных толщ (А. Д. Архангельский, В. П. Батулин).

Последующее расширение работ по нефтегазовой литологии, естественно, видоизменило этот набор, ряд проблем отпал, другие получили новое качественное звучание. Так, в связи с развитием микропалеонтологии и массовым внедрением разнообразных видов геофизических исследований скважин (каротажа), набор модификаций которых постоянно растет, практически изжила себя микропетрографическая корреляция. Появились, однако, и другие направления.

Важной качественной особенностью современной нефтегазовой литологии является, по-видимому, все более расширяющееся использование принципов системности, системный подход к решению не только конкретных практических задач, но и при формулировке целей, задач и путей, а также самой методологии исследования. Эти принципы не были в литологии абсолютно новыми, они так или иначе, сознательно или подсознательно использовались и ранее, но осознанное их применение помогает и более четкой и конкретной постановке задачи, выработке путей и методов её решения, в определенной степени видоизменяет методологию исследования – «как... учения о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности».

Использование системности позволило более четко осознать, во-первых, иерархичность объектов исследования, наличие разных уровней организации вещества и объектов, с которыми имеет дело нефтегазовая литология, и, во-вторых, рассматривать эти объекты как элементы природных систем, то есть устанавливать влияние самых разнообразных процессов и явлений, изучаемых

различными, часто, на первый взгляд, далекими от литологии науками и отраслями знаний, на состав, строение, условия образования и положение данных изучаемых объектов, изучать как внутреннюю структуру объекта, так и его взаимоотношения с окружающими объектами. Последнее объективно ведет к более тесным взаимодействиям нефтегазовой литологии с другими науками и, прежде всего, смежными отраслями геологии – геохимией, тектоникой, геоморфологией, взаимопроникновению и взаимообогащению их методами и результатами исследования, что является второй важнейшей чертой современного состояния науки. В зарубежной литературе эта методология получила название мультидисциплинарного подхода.

В настоящее время сформировалось несколько направлений литологических исследований в геологии нефти и газа, направлений, иногда выходящих за пределы задач собственно нефтегазовой геологии, но возникших в ее недрах и имеющих важнейшее значение в том числе и в этой сфере.

Продолжаются и развиваются традиционные исследования пород-коллекторов и флюидоупоров. На породном уровне углубляется изучение состава, структур и текстур пород, их вторичных преобразований, разрабатываются и внедряются новые методы и методики определения главных параметров, характеризующих коллекторские и экранирующие свойства - пористости, проницаемости, остаточной водонасыщенности, давления прорыва, сорбционных, гидрофобных и гидрофильных свойств минерального вещества и т. д. приборометрическими и петрографическими методами, разрабатываются методики изучения структуры порового пространства, её количественной характеристики, влияние на коллекторские и экранирующие свойства и т. д. Это направление получило определенное оформление в виде нефтегазопромысловой литологии [8]. При этом наряду с изучением наиболее распространенных песчано-алевролитовых и карбонатных пород-коллекторов в исследования все более вовлекаются нетрадиционные комплексы типа глинистых (баженовская свита Западной Сибири, майкопские отложения Предкавказья), кремнистых (Сахалин и Дальний Восток) и вулканогенно-осадочных (Закавказье, Вилюйская синеклиза) отложений. В виде специальной задачи формулируется изучение коллекторов на больших глубинах [5].

Весь комплекс подобных исследований позволяет повысить достоверность прогноза коллекторских и экранирующих свойств пород в зависимости от их петрографических характеристик и геологической обстановки образования и современного нахождения. Кроме того, тесное взаимодействие с геофизикой привело к появлению новой отрасли знания – петрофизики, которая, во-первых, обеспечивает более правильную и достоверную геологическую интерпретацию результатов геофизических исследований, как полевых, так и скважинных, и, во-вторых, позволяет определить кондиционные значения коллекторских параметров для пород разного состава, структуры и происхождения. Совместно с другими исследованиями и, прежде всего, физическим изучением процессов на контактах разных сред указанный комплекс исследований позволяет определять характер взаимодействия порода-флюид, соответственно воздействовать

на него, улучшая фильтрацию и тем самым повышая производительность скважин и конечный коэффициент нефтеотдачи.

Системный подход позволил понять иерархичность и соподчиненность отдельных элементов разреза, показать соотношение понятий породного уровня (коллектор, антиколлектор и др.) с объектами более высокого уровня организации. Нелишне напомнить, что М. К. Калинин справедливо отметил, что термины «флюидоупор», «покрышка», «полупокрышка» и другие подобные относятся не к горным породам, то есть не к породному уровню организации, а к геологическим телам - объектам более высокого уровня [2]. Его предложение ввести термины «полуколлектор», «антиколлектор» совершенно справедливо, и использование ниже слов «флюидоупор», «полупокрышка» и т. д. – лишь «дань традиции», и в зависимости от контекста эти термины могут относиться и к породному уровню, к уровню ассоциаций пород. Безотносительно используемых терминов, нефтегазовая литология и выходит на исследование породно-слоевых ассоциаций в форме изучения природных резервуаров как геологических тел, представляющих собой ассоциацию горных пород-коллекторов, полупокрышек, а частично и флюидоупоров, в которых могут содержаться флюиды и осуществляться их миграция. При этом важнейшие свойства природного резервуара – особенности размещения в нем флюидов и их внутрирезервуарной миграции определяются набором пород (коллекторов, полупокрышек, флюидоупоров) и их пространственными взаимоотношениями, т. е. внутренним строением, композицией геологического тела. На этом уровне полностью используются материалы исследования первого, породного уровня исследования, однако главное внимание уделяется проблеме изучения пространственных взаимоотношений различных пород. При этом открываются, по-видимому, интересные перспективы использования генетической интерпретации материалов литологического изучения, а именно фациального и формационного анализов. Уже сейчас выполнены работы, показывающие приуроченность коллекторов разного типа к отдельным фациям, обусловленность в ряде случаев вторичных преобразований, ведущих к формированию и переформированию коллекторов, первичными фациальными обстановками. Это открывает возможность прогноза пространственного развития коллекторов разного типа и их качества на фациальной основе, т.е. на базе уже достаточно детально разработанных и апробированных методик.

Таким образом, на этом иерархическом уровне взаимодействует традиционное изучение пород-коллекторов и относительно новое направление исследования строения осадочных комплексов. В плане изучения природных резервуаров нефтегазовая литология комплексирована с нефтепромысловой геологией с её изучением продуктивных пластов и их неоднородности.

Литология привносит сюда такой важнейший элемент, как генетическое обоснование устанавливаемой по материалам бурения неоднородности. Знание механизмов и обстановок осадконакопления позволяет более обоснованно, а не чисто механически дать интерполяцию между скважинами и, что еще более важно, экстраполяцию на неразбуренные участки. При этом масштаб подобной

неоднородности и, соответственно, разный характер проницаемости весьма различен. Так, показана разная проницаемость даже в таких маломерных объектах, как косая слоистость в песчаных телах. Литологическое или, точнее, литолого-генетическое изучение продуктивных пластов – начало и база важнейшего современного направления в разработке месторождений, получившее название «резервуар инжиниринг». Дело в том, что, как выяснилось, характер разработки зависит не только от литологического типа пород-коллекторов и строения природного резервуара, но и от его генетического типа.

Одно из важнейших направлений нефтегазовой литологии – прогноз, поиски и разведка неантиклинальных ловушек [5]. Общемировой тенденцией является то, что по мере исчерпания фонда антиклинальных структур, методика прогноза и поисков которых более или менее отработана, относительно и абсолютно возрастает роль неантиклинальных ловушек, при прогнозе и поисках которых значение литологических исследований существенно увеличивается, а для ряда ловушек становится и ведущим. Теоретической базой этих исследований является то, что при формировании ряда таких ловушек, получивших удачное название «палеогеоморфологических» (аллювиально-дельтовых, баровых, рифовых и др.), морфо- и седиментогенез выступают как две стороны единого явления, ибо процесс накопления осадочного материала ведет одновременно и к образованию резервуара с соответствующим внутренним строением, и к формированию осадочного тела такой морфологии, которая после перекрытия его непроницаемыми толщами становится ловушкой. Таким образом, решение этой важной прикладной задачи основывается на комплексировании одной из исходных классических литологических проблем – фациально-палеогеографических реконструкций и относительно нового направления – изучения внутренней структуры осадочных тел.

Неантиклинальную ловушку можно рассматривать в двух аспектах. Во-первых, как элемент единой, более сложной и многокомпонентной системы осадочно-породного бассейна, образование и положение которого (элемента) в бассейне определяется взаимодействием и сложным соотношением разнообразных процессов (чисто седиментационных, литодинамических, биогенных и т. д.), своеобразно проявляющихся в различных обстановках (климатических, геоморфологических и т. д.). Этот подход с определенной степенью условности может быть назван генетическим, так как на основе установления генезиса отложений позволяет прогнозировать тип и примерное положение ловушек, их вероятную морфологию, состав и строение слагающих отложений. Другими словами, он необходим на стадии прогноза и поисков. Во-вторых, саму ловушку можно рассматривать как собственную систему более низкого уровня, со своей морфологией, внутренним строением, характером размещения пород с разными значениями коллекторских свойств. Подобный «морфологический» подход, как правило, может быть реализован при наличии более подробного и детального материала и реализуется на стадии уже разведочных работ.

Надо отметить, что изучение природных резервуаров, нефтегазоносных комплексов, прогноз, а в значительной степени и поиски неантиклинальных ло-

вушек базируются на изучении более общих проблем — на исследовании строения осадочных толщ, на выявлении и анализе факторов, определяющих ту или иную композицию осадочных формаций [4]. До недавних пор основные исследования седиментационно-генетического, фациального направления в литологии были направлены на выяснение законов, определяющих пространственное распределение пород того или иного типа в зависимости от ряда факторов — рельефа и тектоники, климата и среды отложения и т. п. Вместе с тем знание внутренней композиции комплекса отложений и законов её образования не только является важным элементом, характеризующим саму формацию и условия её образования, но имеет существенное прикладное значение, определяя, например, положение полезных ископаемых, приуроченность их к тем или иным элементам осадочных серий.

Особое значение это положение приобретает в нефтегазовой геологии, так как структура формации определяет распределение в ней толщ-коллекторов и флюидоупоров, и тем самым — выделение нефтегазоносных комплексов и природных резервуаров, их строение и соотношение в пространстве. Знание структуры формаций позволяет типизировать нефтегазоносные комплексы и природные резервуары по их строению и коллекторским параметрам, а представление о ее генетической природе — прогнозировать латеральные изменения природных резервуаров, их строение, качество, что в немалой степени определяет направление и стратегию поисково-разведочных, а во многом и геолого-промысловых работ.

Ясно, что структура осадочного тела определяется теми же основными причинами, которые обуславливают сам ход и специфику литогенеза — глобальными событиями, в том числе изменениями уровня моря, тектоникой, климатом, жизнедеятельностью организмов, необратимой геологической эволюцией Земли и пр. Вопрос, по-видимому, состоит в выяснении конкретных механизмов воздействия этих общих причин на формирование осадочных тел того или иного строения.

Структура, композиция осадочных комплексов определяются двумя показателями — строением их вертикального разреза и характером латеральных изменений. Первый аспект — это наборы пород и тип их переслаивания, то есть по сути дела цикличность разреза разного масштаба. Второй — это не только и не столько латеральные изменения пород, сколько изменение их наборов, характера породно-слоевых ассоциаций, то есть циклитов, морфологии осадочных тел.

Весьма активно развивается сейчас направление, изучающее строение осадочных комплексов под влиянием глобальных колебаний уровня моря, в том числе и в соотношениях с региональными тектоническими движениями, которое получило название секвентной стратиграфии (*sequence stratigraphy*). Не касаясь деталей этого направления, которое сейчас хорошо известно и отечественным литологам, надо отметить, что наиболее разработанными оказались проблемы строения осадочных комплексов пассивных окраин и прилегающих к ним шельфов, предпринимаются попытки подобного рассмотрения и активных окраин. Начаты исследования строения осадочных толщ — характера их верти-

кального строения и латеральных изменений в зависимости от климатической зоны расположения бассейна седиментации [4].

В последнее время появились специальные исследования по положению в системе секвентной стратиграфии нефтепродуцирующих отложений, природных резервуаров, ряда неструктурных ловушек и других важных для нефтяной геологии образований.

Строение осадочных комплексов, отражая в том числе единство морфо- и литогенеза, знание законов наслоения в различных обстановках, становится научной основой геологически грамотной интерпретации сейсморазведочных данных, особенно при тех разрешающих возможностях, которые дает современная техника сейсморазведки. .

Принципиально важно отметить, что секвентная стратиграфия, как и ее предшественница – сейсмическая стратиграфия, возникла в недрах исследовательских подразделений нефтяных компаний и прежде всего Эксон, Империл Ойл и др., как и выражение потребностей именно нефтяной и газовой геологии.

Другими словами, имея огромную общенаучную ценность как чрезвычайно важный инструмент познания геологического строения и геологического развития регионов и осадочных бассейнов в целом, это направление включает и конкретные задачи нефтегазовой геологии.

Одной из наиболее масштабных проблем, решаемых нефтегазовой литологией совместно с тектоникой, геотермикой и др., является комплексное разностороннее изучение осадочных бассейнов как единых динамических систем в их историческом развитии.

Сейчас это направление получило четкое оформление в виде объекта, задач и методов исследования. Анализ развития бассейнов (бассейновый анализ) – это комплексное исследование седиментационного бассейна как единой сложной системы, становление и развитие которой обусловлено глобальными причинами: геотектоническим развитием региона, осадочными процессами мобилизации осадочного материала, его транспортировки и отложения. Реконструкция самой истории становления и развития этой системы осуществляется на основе широкого комплекса литологических исследований: фациально-палеогеографических реконструкций, определения баланса осадочного материала как аллотигенного, так и аутигенного, исследования внутренней структуры осадочных комплексов и их пространственных взаимоотношений. Даже при изучении истории прогибания наряду с «классическими» методами анализа мощностей широко используются результаты петрографического изучения постседиментационных изменений.

Общенаучное, общегеологическое значение анализа истории становления и развития бассейнов совершенно определено. Важно, что результаты имеют и сугубо прикладное значение и прежде всего в нефтегазовой литологии. Проведенная на этой основе типизация бассейнов и их сравнительный анализ позволяют более обоснованно оценивать его перспективы по объёму осадочного выполнения, его составу и строению, степени созревания органического вещества, возможностями эмиграции и миграции углеводородов и т. д. Сам характер раз-

вития бассейнов и тип их осадочного выполнения определяют формирование, состав и строение коллекторских и экранирующих толщ, возможности образования тех или иных неантиклинальных ловушек.

Кроме указанных крупных проблем – анализа бассейнов, исследования строения осадочных толщ как научной основы прогноза и поисков неантиклинальных ловушек, изучения природных резервуаров нефти и газа, изучения пород-коллекторов и пород-флюидоупоров – существует ещё целый ряд более мелких, хотя и очень интересных и важных, но всё же более частных задач – направлений, на которых, к сожалению, нет возможности остановиться.

К примеру, детальное изучение глинистых пород привело к представлениям о том, что их катагенетические изменения, в частности трансформация монтмориллонита в гидрослюда, обеспечивают дополнительной энергией процесс преобразования рассеянного органического вещества в направлении нефтегазообразования, при этом уменьшение сорбционной способности глин при замене монтмориллонита гидрослюдой облегчает первичную миграцию углеводородов [1].

Интересные данные получены по проблемам формирования и переформирования залежей. Так, детальное сравнительное изучение катагенетических изменений одновозрастных и фациально близких или однотипных отложений в зоне нефтяной (газовой) залежи и вне её при насыщении пород пластовыми водами выявило разный характер катагенетических изменений пород [7]. Это позволяет установить пути миграции углеводородов, время и условия формирования и переформирования залежей, а особенности катагенетических изменений в зоне современных и древних водонефтяных контактов могут быть основой правильной геологической интерпретации данных разведочной геофизики при локальном прогнозе, должны учитываться при создании оптимальных систем разработки.

Безусловно, надо отметить, что в ряде важнейших направлений нефтегазовой геологии значение литологических данных чрезвычайно важно. Так, в такой важной и активно развивающейся отрасли, как геохимия органического вещества, которая определяет возможность генерации углеводородов в осадочном бассейне и её масштабы, исследование начинается с определения литологического типа пород и фациальных условий их накопления.

В настоящее время всё более отчетливо проявляется важная тенденция нефтегазовой литологии, которая, по-видимому, будет развиваться и в дальнейшем. Это всё более широкое и плодотворное комплексирование с другими разделами геологии – тектоникой, структурной геологией, нефтепромысловой геологией, палеонтологией, сейсморазведкой, гидрогеологией, геоморфологией и т. д. Эта тенденция, как отмечалось выше, получила на западе даже собственное название междисциплинарного или интеграционного подхода.

В обозримом будущем, по-видимому, будут развиваться все указанные выше направления. При этом, не снижая, а, напротив, углубляя исследования на породном уровне, которые будут все больше иметь прикладное значение, основное развитие получают, по-видимому, общетеоретические крупномасштабные исследования строения осадочных толщ и седиментационных бассейнов. Полу-

чит дальнейшее развитие и только намечаемое ныне направление, связанное с экологией и охраной окружающей среды. Дело в том, что литология и её важнейшее подразделение – нефтегазовая литология изучают пути и закономерность миграции вещества на поверхности и в осадочной оболочке, обстановки и механизмы его фиксации и осаждения. Именно знание этих законов должно помочь грамотно «управлять», увы, неизбежно возникающими потоками вредных веществ, их нейтрализацией и безопасным захоронением. При этом объективно будет расширяться и углубляться комплексирование с другими отраслями знаний, «междисциплинарное» изучение объектов и явлений.

Библиографический список

1. **Зхус И. Д.** Глинистые минералы и их палеогеографическое значение. М.: Наука, 1966. 278 с.
2. **Калинко М. К.** Зависимость строения и нефтегазоносности природных резервуаров от характера цикличности слагающих их отложений // Цикличность осадконакопления и формирование залежей нефти и газа. М.: ВНИГНИ, 1985. С. 20 - 26.
3. **Кузнецов В. Г.** Системный подход к анализу процессов лито- и морфогенеза как основа прогноза и поисков литолого-палеогеоморфологических ловушек // Методика поисков и разведки залежей нефти и газа в стратиграфических и литологических ловушках. Баку: Азнефтехим, 1985. С. 35-40.
4. **Кузнецов, В. Г.** Выяснение внутренней структуры осадочных формаций – новое направление нефтегазовой литологии // Проблемы теории и методики прогнозирования нефтегазоносности недр. М.: Нефть и газ, 1993. С. 131 - 149.
5. **Прошляков Б. К., Гальянова Т. И., Пименов Ю. Т.** Коллекторские свойства осадочных пород на больших глубинах. М.: Недра, 1987. 200 с.
6. **Пустовалов Л. В.** Петрография осадочных пород. М.; Л., 1940. Т. 1. 476 с. Т. 2. 420 с. Т. 3. 130 с.
7. **Сахибгареев Р. С.** Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. Л.: Недра, 1989. 260 с.
8. **Черников О. А.** Литологические исследования в нефтегазопромысловый геологии. М.: Недра, 1981. 237 с.
9. **Bjorlykke, K.** Sedimentology and Petroleum Geology. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1989. 363 p.
10. **Zimmerle W.** Petroleum Sedimentology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. 413 p.

РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА: ИНЪЕКЦИОННО-ОСАДОЧНЫЙ КЛАСС

Введение

Ключевым звеном любых литолого-минералогических исследований служит концепция генетических типов седиментогенеза (и литогенеза в целом). Это определяет ее чрезвычайно большую и разностороннюю научную и практическую значимость. Основы концепции во многом созданы трудами Н. М. Страхова (1958-1973). Им же введено само понятие типов литогенеза [12]. На основании широкого обобщения материалов литологических исследований Н. М. Страхов разработал классификацию типов литогенеза, выделив ряд климатических типов и один не климатический – вулканогенно-осадочный, имеющий для осадочных разрезов ограниченное значение. Эта классификация на долгие годы стала по существу литологическим каноном и основой любых палеореконструкций.

Между тем за прошедшую половину века в представления о факторах, оказывающих серьезное влияние на процессы седиментогенеза, и об их относительной значимости в осадконакоплении внесены весьма существенные дополнения и изменения. Главные из них – все более отчетливо раскрываемые признаки масштабных воздействий на современный и древний седиментогенез не учтенного в классификации фактора – дискретных авулканогенных внедрений разных типов текучего материала (флюидов, пластичных и разжиженных породных масс) – их нисходящих и восходящих инъекционных поступлений к местам седиментации с включением *in situ* в осадочно-аккумулятивные процессы. Иначе говоря, установлены широкое развитие и высокая значимость ряда не отраженных в этой классификации типов седиментогенеза, в возникновении которых определяющим не является ни один из ранее учтенных факторов – ни климат, ни вулканизм.

В связи с этим назрела необходимость анализа состояния проблемы генетических типов седиментогенеза и актуализации их классификации. Данное сообщение посвящено этим вопросам. Основой служили итоги многолетних литолого-минералогических исследований автора, выполненных во многих регионах Северной Евразии в осадочных бассейнах разных возрастных, вещественных, фациальных и палеотектонических типов, а также результаты широкого обобщения литературных материалов, характеризующих затрагиваемые в работе аспекты проблемы. Важные данные получены в ходе поддержанных РФФИ специальных детальных комплексных работ, проводившихся в пределах

Балтийского бассейна и ряда других регионов России. Разные аспекты проблемы обсуждались в публикациях и докладах автора [1, 2, 8 и др.] и нашли отражение в готовящемся во ВСЕГЕИ новом издании Геологического словаря.

1. Классификация типов седиментогенеза Н. М. Страхова

Н. М. Страхов [12] обозначил типы седиментогенеза (и литогенеза в целом) как устойчивые совокупности природных процессов, которые предопределяются теми или иными наиболее значимыми факторами и приводят к возникновению индивидуализированных ассоциаций осадочных пород. В основу разработанной им классификации Н. М. Страхов положил две группы факторов – экзогенные (климатические) и эндогенные (тектонические).

Для континентального сектора Земли, включающего прилегающие к океану окраины континентов, Н. М. Страхов показал важнейшую роль климатических факторов (прежде всего сочетания температуры и влажности) и выделил четыре главных типа литогенеза: три собственно климатических (ледовый, гумидный, аридный) и один не климатический (вулканогенно-осадочный). Последний тип для осадочных разрезов нехарактерен, в результате чего рассматриваемая типизация получила наименование климатической, а термины «тип литогенеза» и «климатический тип литогенеза» нередко воспринимаются как синонимы.

Следует подчеркнуть некоторые ключевые моменты данной классификации. Во-первых, в объем литогенеза Н. М. Страхов включал лишь процессы седиментогенеза, диагенеза и гипергенеза (главным образом, выветривания, подготавливающего материал для осадконакопления); поэтому выделяемые им типы точнее соотносить не с литогенезом в целом (в его ныне наиболее принятом понимании, включая также катагенез и глубинный гипергенез), а лишь с названными стадиями, причем в наибольшей мере именно с седиментогенезом. Во-вторых, типы литогенеза, как и определяющие их факторы, являются, в понимании Н. М. Страхова, систематическими единицами высшего – наиболее значимого – порядка. В-третьих, единицами такого – высшего – порядка климатические типы являются лишь для континентального сектора Земли (не будучи таковыми для океанического). В-четвертых, сам Н. М. Страхов отмечал (и это в данном случае очень важно) двойственную природу классификации, поскольку в ней использованы одновременно две разные группы факторов-оснований – климатические и тектонические, но считал это необходимым, оправданным и даже закономерным. Обсуждая классификацию и обосновывая такую позицию, он писал: «Выделение типов в ней произведено по двум признакам: три обозначены по климатическим условиям, один – по тектоническому режиму. Но ведь литогенез, как природный процесс, сам стоит под воздействием двух генетически разных факторов – экзогенных и эндогенных... Двойственный характер типов в данном случае лишь отражает сложную и двойственную природу литогенеза» [12, с. 158]. Как видим, сам Н. М. Страхов отнюдь не считал свою классификацию «чисто климатической».

Каждому выделенному типу Н. М. Страховым была дана детальная характеристика, сопровождаемая глубоким анализом закономерностей их современного и бывшего распространения. Благодаря этому классификация получила очень широкое распространение, на долгие годы став по существу литологическим каноном и основой любых исследований осадочных бассейнов и связанных с ними полезных ископаемых.

2. Новый материал, меняющий представления о факторах и типах седиментогенеза

Исследования последних десятилетий внесли весьма существенные дополнения и изменения в представления о факторах, оказывающих наибольшее влияние на процессы современного и древнего седиментогенеза, и об их относительной роли в осадконакоплении. Благодаря ряду важных исследований и открытий мировой и отечественной геологии, в современных обстановках и в разрезах осадочных толщ установлено весьма широкое и масштабное распространение проявлений седиментогенеза, возникновение которых определяют не климат и не вулканизм, а разнообразные авулканогенные внедрения флюидов и текучих породных масс: их нисходящие и восходящие дискретные инъекции к местам седиментации с включением, после тех или иных трансформаций, в осадочно-аккумулятивные процессы непосредственно на местах разгрузки (и в ореолах их влияния).

Раскрытие этих аспектов седиментогенеза в наибольшей мере способствовали следующие научные достижения.

Во-первых, обосновано масштабное участие в современном и былом осадконакоплении нисходящих инъекций разжиженного материала, что послужило основанием для выделения самостоятельного турбидитного (суспензионно-поточного) и ряда других гравититовых типов седиментогенеза, образующих протяженные пояса на современной поверхности Земли и играющих определяющую роль в многокилометровых осадочных сериях (Ph. H. Kuenen, G. V. Middleton, B. C. Heezen, A. H. Bouma, R. G. Walker, В. П. Петелин, И. В. Хворова, М. Г. Леонов, И. В. Архипов, А. П. Лисицын, О. К. Леонтьев, С. И. Романовский, А. И. Конюхов, В. Т. Фролов и др.). Рассматриваемые типы, не будучи ни климатическими, ни вулканогенными, по существу оказались вне общепринятой классификации. По отношению к турбидитам это было показано еще С. И. Романовским [11]. С целью определения их места в классификации Н. М. Страхова С. И. Романовский предложил несколько видоизменить ее, введя еще один – суспензионно-поточный – тип и выделив его, вместе с вулканогенно-осадочным, в группу аклиматических типов.

Во-вторых, в ходе широкомасштабных международных морских исследований выявлено чрезвычайно широкое распространение современных восходящих инъекционных поступлений, в том числе «холодных» (авулканогенных) разгрузок флюидов, пластичных и флюидизированных породных масс (А. П. Лисицын, Ю. А. Богданов, Е. Г. Гурвич, Г. И. Войтов, Д. Г. Осика, Б. Г. Поляк, А. Ю.

Леин, А. И. Блажчишин, М. К. Иванов, G. Aloisi, C. Pierre, J.-M. Roushy; K. Bostrom, M. Peterson, K. Oly, S. Lance, M. Sibuet, S. Ritger, B. Carson, E. Suess, H. Roberts, P. Aharon, D. Shumacher, K. F. M. Thompson, Б. М. Валяев, А. Н. Дмитриевский, Р. Р. Рахманов, Е. Ф. Шнюков и др.) [3-7, 10, 13-15, и др.]. Показано их распространение во всех типах седиментационных обстановок, включая наименее изученные глубоководные, ранее практически не доступные прямым наблюдениям. Прослежена планетарная сеть современных восходящих разгрузок, активно проявляющаяся на разных глубинах (от прибрежных до абиссальных), в пределах практически всех ландшафтных и геодинамических типов обстановок.

В-третьих, в ходе этих же исследований раскрыта весьма значительная роль всех видов разгрузок в современном осадконакоплении, изучены общий характер и детали их отражения в биотических и лито-геохимических проявлениях современного седиментогенеза (Г. А. Заварзин, Л. Лобье, А. Ю. Леин, А. И. Блажчишин, М. К. Иванов, G. Aloisi, K. Bostrom, M. Peterson, S. Ritger, B. Carson, E. Suess, H. Roberts, P. Aharon, D. Shumacher, J. Parnell, I. R. Macdonald, A. G. Judd, M. Hovland, Р. Р. Рахманов, Е. Ф. Шнюков и др.) [3-10, 13-15, и др.].

В-четвертых, в разрезах осадочных серий многих регионов расшифровано широкое распространение разнообразных свидетельств былых синхронных палеоседиментогенезу авулканогенных инъекционных палеоразгрузок, сформировавших в этих разрезах инъекционно-осадочные рудно-породные ассоциации (Ю. Г. Цеховский, В. И. Муравьев, Г. А. Беленицкая, А. Е. Лукин, Ф. Трусхейм, Р. Жордан, В. Г. Колокольцев, J.-M. Roushy; В. Н. Холодов и др.) [1, 8, 9, 13, и др.].

Таким образом, новые данные о седиментационных системах установили активное и весьма значимое участие в современном и древнем седиментогенезе ряда ранее не учтенных инъекционных факторов и значительное распространение обязанных им новых типов седиментогенеза. В итоге возникла необходимость актуализировать базовую классификацию, отразив в ней произошедшие изменения.

Одной из причин, затрудняющих включение инъекционных факторов в общую систематику седиментогенеза, является отсутствие типизации самих инъекций и систематической характеристики их особенностей. В связи с этим встала задача предварительно систематизировать с единых позиций материал о разнообразных инъекционных поступлениях, наиболее значимых для осадочного породо- и рудогенеза, и представить его в виде, удобном для дальнейшей типизации седиментогенеза. Предпринятая ниже попытка решить эту задачу выполнена на основании широкого обобщения литературных и авторских данных о современных и былых разгрузках и об их проявлениях в осадконакоплении.

3. Типизация инъекционных факторов, влияющих на седиментогенез

Инъекционные системы – участники седиментогенеза

Термины «инъекция», «инъекционный» [от лат. injection – вбрасывание, впрыскивание] впервые были использованы А. Daly (1936) и Ю. А. Косыгиным

(1969) применительно к процессам внедрения в пространство, занимаемое другими телами, инородного материала, обладающего высокой пластичностью или слабой вязкостью, а также к геологическим телам, образовавшимся в данном пространстве в результате такого внедрения. С. И. Романовский (1988) назвал «инъективным» режим циклогенеза, связанный с нисходящими инъекциями. Мы будем использовать эти термины применительно к процессам и геологическим телам, обязанным дискретным импульсным внедрениям инородного текучего материала к местам его фиксации, в данном случае в седиментационное пространство, занимаемое бассейновыми водами.

По своей значимости для седиментогенеза инъекционные факторы, наряду с климатическими, могут быть выделены в самостоятельный класс (табл. 1, левая часть). Одно из принципиальных различий климатического и инъекционного классов – разные режимы поступления материала в область седиментации: относительно равномерный (эволюционно-периодический) в климатическом классе и дискретно-импульсный – в инъекционном. С ними же связаны различия источников материала, масштабов и скоростей поступлений, а через них и многих других важнейших параметров.

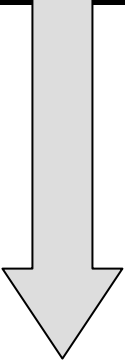
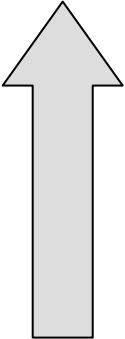
В составе инъекционного класса различаются два подкласса, объединяющие инъекционные внедрения, имеющие противоположную – нисходящую и восходящую – направленность векторов поступления потоков вещества. Помимо этого, их характеризует целый ряд других важных взаимосвязанных различий: динамика и характер движущих сил (соответственно, гравитационные и напорные), источники (петрофонд), формирующие потоки вещества и энергии (поверхностная лито- и гидросфера в первом случае, подземная лито- и флюидосфера – во втором), специфика широкого комплекса физико-химических, структурно-вещественных и энергетических характеристик поступающих потоков и др.

Подкласс с нисходящей направленностью представлен группой инъекционных поступлений, включающих суспензионно-потоковые, обвальнo-оползне-вые, олистостромовые виды (ответственные за соответствующие виды гравититовых отложений). Ныне они хорошо изучены и здесь специально не рассматриваются.

В подклассе восходящих инъекционных систем могут быть выделены две основные ветви – «горячая» и «холодная» (если использовать несколько шире термины П. Н. Кропоткина, введенные им применительно к флюидам). «Горячая» ветвь непосредственно связана с магматизмом и включает разные виды газогидротермальной деятельности, учтенные Н. М. Страховым в вулканогенно-осадочном типе седиментогенеза. «Холодная» ветвь явных признаков связи с магматизмом не обнаруживает; она объединяет широкий спектр амагматических (авулканогенных и криптовулканогенных) проявлений – «холодных» разгрузок, которые до настоящего времени менее всего учитываются как фактор седиментогенеза. Именно «холодная» ветвь инъекционных разгрузок для обсуждаемого нами осадочного (амагматического) породо- и рудообразования имеет основное значение и преимущественно лишь о ней ниже пойдет речь. Заметим, лишь, что температуры «холодных» разгрузок обычно также повышены, часто весьма значительно, до 100-150° и более.

Таблица 1

Типы седиментогенеза в зависимости от источника и режима поступления материала
 Составила Г. А. Беленицкая, 2005

Определяющие факторы	Характер поступления материала				Классы и типы седиментогенеза	
	режим	динамика	источник (петрофонд)	вектор		
Климатические	Эволюционно-периодический (градуальный)	Гравитационная	Поверхностная лито- и гидросфера	Сублатерально-нисходящий 	Климатический	Гумидный
						Аридный
						Ледовый
Тектоногенные (инъекционные)	Инъекционный (дискретно-импульсный)	Напорная	Подземная лито- и флюидосфера	Восходящий 	Инъекционно-осадочный (тектоногенный, аклиматический)	Гравитито-осадочный (гравититовый): суспензионно-поточковый, обвально-оползневой, олистостромовый и др.
						Флюидно-осадочный результат излияния флюидов
						Литокинетический
						Флюидизатно-осадочный – результат извержения <i>флюидизированных (разжиженных) породных масс</i> : грязевой, газовый, гидро-, рассольно-соляной (гало-)вулканизм
						Вулканогенно-осадочный – результат газогидротермальных разгрузок, сопряженных с магматическими (эффузивными и эксплозивными) извержениями

В вертикальном сечении каждой восходящей инъекционной системы можно обозначить две части (две подсистемы) – внутриземную подводящую (питающую) и наземную «разгрузочную», конечную. Звенья второй, поступая из недр в субаквальные или субаэральные седиментационные емкости, становятся одновременно звеньями седиментационно-аккумулятивных систем и участниками инъекционно-осадочных процессов. Ниже обсуждается преимущественно лишь конечная подсистема. Подводящая же подсистема, во многом обеспечивающая течение рассматриваемых процессов, при всей своей значимости, прямо в них не участвует и в данном сообщении не обсуждается.

В итоге под восходящими «холодными» (амагматическими) напорными инъекциями мы будем понимать разнообразные процессы (и объекты) внедрения в седиментационные бассейны инородного материала, обладающего повышенной текучестью, с его включением, после той или иной трансформации – механической, химической или биохимической – в аккумулятивные процессы.

Типизацию восходящих «холодных» инъекций представляется рациональным проводить, прежде всего, по характеру инжецируемого материала, приняв в качестве основания его фазово-вещественные и миграционно-реологические показатели (табл. 2, левая часть). По этим показателям могут быть выделены две крупные группы – флюиды и текучие породные массы, а внутри групп – ряд подгрупп, которые рассматриваются ниже. Очень важно, что выделенные группы и подгруппы отчетливо различаются также способами реализации разгрузки и характером ее очагов, т. е. набором показателей, имеющих наибольшее седиментационное проявление. Эти показатели систематизированы в правой части табл. 2 и будут кратко охарактеризованы ниже.

Флюиды и очаги их разгрузки

Первая выделенная группа – *флюиды* [от лат. fluidus – текучий] – объединяет подвижные газовой-жидкие компоненты: минерализованные подземные воды и рассолы, нефтяные углеводороды, газы (CH₄, CO₂, H₂S, H₂, N₂ и др.), а также их смеси, широко варьирующие по составу, температуре, генезису, месту образования и т. д. Их важными общими чертами являются: напорно-волновой характер барического поля и как следствие восходящий пульсирующий тип движения и разгрузки, а также зависимость режимов, уровней и интенсивности разгрузки от эндогенной активности недр.

До недавнего времени термин «флюиды» в разных геологических дисциплинах чаще использовался в более ограниченных и при этом в различных (не совпадающих) значениях: в нефтяной геологии применительно к подвижным углеводородам (нефтям, газам, конденсатам), в металлогении – к паро-водяным растворам не уточненного фазового состава, переносящим рудные компоненты; в гидрогеологии, исследующей, главным образом, подземные воды и связанные с ними газы, к данному термину вообще прибегали весьма ограниченно, хотя уже в 1952 году П. Н. Чирвинский использовал его в значении, близком современному. В последние годы наметилась тенденция использовать рассматриваемый термин

Таблица 2

Типизация и характеристика восходящих авулканогенных инъекций, участвующих в осадконакоплении
Составила Г. А. Беленицкая, 2006

Инъецируемый материал			Характер поступления материала				
Группа (род)	Подгруппа (вид)*	Лито-геохимическая разновидность** и преобладающие компоненты состава*	Источник	Режим	Динамика	Объекты разгрузки**	Способ разгрузки
Флюиды	Газы	II. УВ, CO ₂ , H ₂ S и др. I. УВ, CO ₂ , H ₂ S и др.	Подземная флюидосфера	Иекционный (дискретно-импульсный)	Напорная	Очаги разгрузки: восходящие источники, шипы, шипажки, покмарки, высачивания и др.	Излияние, истечение, фонтанирование
	Жидкие УВ	II. Нефть, конденсат I. Нефть, конденсат высокосернистые					
	Подземные воды, рассолы	II. Минеральные воды, преимущественно HCO ₃ -Na типа, часто углекислые, с повышенным содержанием Si, Fe, с характерным комплексом <i>галлофильных</i> микрокомпонентов (щелочной гидрокарбонатно-натриевый тип) I. Рассолы, преимущественно Cl-Na-Ca и Cl-Ca типа, в том числе высокоминерализованные, с характерным комплексом <i>галлофильных</i> микрокомпонентов, часто H ₂ S-содержащие (рассольный хлоридно-кальциевый тип)					
Текущие породные массы (литокINETИЧЕСКИЕ)	Флюидизированные (разжиженные) породные массы	II. УВ-водно-грязевые массы I. УВ-рассольно-соляные массы	Лито- и подземная флюидосфера			II. Грязевые, гидро-, газовые и др. вулканы I. УВ-рассольно-соляные (галло)-вулканы	Извержение (амагматическое) эксплозивное, взрывное, истечение
	Рейдные (пластично-текущие) породные массы, участвующие в диапиризме	II. Глинистые, кремнистые массы I. Соляные массы	Литосфера			II. Диапиры глиняные, кремнистые и др. I. Диапиры соляные, гипсовые	Диапировое выдавливание, излияние, растрекание

* Курсивом выделены термины не общепринятые, предложенные автором.

** I, II – лито-геохимические разновидности инъектируемых флюидно-породных масс: I – галофильная, II – галофобная.

как обобщающий (Ф. А. Летников, Ф. Файф, А. А. Маракушев, В. Е. Хаин, Б. А. Соколов и др.), что представляется нам наиболее рациональным.

В область разгрузки, в том числе в бассейны осадконакопления, флюиды поступают из подстилающих комплексов – осадочных, складчатых, метаморфических. Они могут содержать компоненты разного происхождения: палеоседиментационные и элизионные (при поступлении из осадочных разрезов погруженных частей стратисферы – из зон катагенеза, метагенеза), метаморфогенные с «ювенильными добавками» (при участии поступлений из более глубоких сфер). Часто флюиды (в наибольшей степени минерализованные воды и рассолы) обогащены наборами специфических макро- и микрокомпонентов, как полезных (рудобразующих), так и весьма вредных.

Группа флюидов по фазово-вещественным показателям подразделяется на три подгруппы: подземные воды (преимущественно минерализованные, включая рассолы), жидкие углеводороды (нефти, конденсаты) и газы. Весьма обычны их различные сочетания. Флюиды всех подгрупп разнообразны по составу, температуре, а также по генезису, месту образования и т. д.

По геохимическим особенностям среди флюидов каждой подгруппы могут быть выделены две достаточно контрастные разновидности – «галофильная» и «галофобная». К первой относятся: рассолы, преимущественно Cl-Na-Ca и Cl-Ca типов, часто высококонцентрированные (и сверхкрепкие), с характерным комплексом галофильных микрокомпонентов, часто H₂S-содержащие (рассольный хлоридно-кальциевый тип), высокосернистые жидкие углеводороды – нефть и конденсат, и газы – УВ, H₂S, CO₂ и др. Типоморфным для флюидов этой разновидности является наличие высококонцентрированных рассолов и частая весьма значительная (до уникальной) обогащенность всех представителей (вод, нефтей, газов, конденсатов) соединениями серы в разных ее фазовых и валентных формах [8]. Для второй разновидности типичны минеральные воды, преимущественно менее минерализованные, преимущественно HCO₃-Na типа, часто углекислые, с повышенным содержанием Si, Fe, с характерным комплексом «галофобных» микрокомпонентов (щелочной гидрокарбонатно-натриевый тип), малосернистые жидкие углеводороды (нефть, конденсат) и бедные сероводородом газы – УВ, CO₂, (H₂S) и др.

Под *флюидной разгрузкой* понимается процесс сосредоточенного или рассеянного выхода восходящего подземного флюидного потока из недр в область разгрузки: на дно водоема и водотока, на поверхность Земли, в близповерхностную зону и т. д. Осуществляется она в очагах разгрузки.

Очаги разгрузки (термин А. М. Овчинникова, 1968) представляют собой естественные выходы напорных восходящих флюидов вместе с участками (местами) расположения этих выходов и с ореолами их влияния на окружающую среду. Это – разнообразные восходящие источники, сипы (seeps), сипажи (seepages), покмарки (rockmarks), высачивания; локализованные (концентрированные, «фокусированные», сосредоточенные) или рассеянные; одиночные или групповые. Группы очагов часто образуют кусты, линии, зоны, а последние – области и пояса.

Наиболее обычные способы разгрузки – изливы, истечения, фонтанирования и т. д., иногда – залповые выбросы и извержения (газовые, нефтяные, гидровулканические, флюидно-грязевые и т. д.). Открытая разгрузка осуществляется на поверхность Земли и на дно водоемов и водотоков, а «скрытая» – в подземных условиях, в виде субтерральных излияний и перетоков.

Для характеристики очагов флюидной разгрузки помимо устьевых частей их выводных каналов (собственно «очагов») большое значение имеют возникающие при разгрузке «ореолы влияния», отвечающие тому пространству бассейновой среды, окружающему устья (а иногда и оторванному от них), в пределах которого проявляется влияние разгрузки.

В субаквальных обстановках в очагах разгрузки и в ореолах их влияния происходит смешение разгружающихся восходящих флюидов с бассейновыми водами (и растворенными в них газами). При этом, благодаря резким различиям их физико-химических характеристик, возникают разнообразные «геохимические барьеры», весьма благоприятные для формирования аномальных типов биохомогенных пород и руд. В частности, им нередко отвечают залежи полезных ископаемых – озокерита, битумов, нефти и газа, серы самородной, некоторых сульфидных руд, туфов, травертина и многих других. А. М. Овчинников как будто первым высказал мысль о том, что некоторые месторождения являются следами древних очагов разгрузки.

Очаги разгрузки и их ореолы представляют собой очень важный элемент инъекционно-седиментационных систем, а для седиментогенеза – важнейший. Они создают принципиально новые (аномальные) условия – флюидогенные фации и микрофации, наложенные на фоновые фациальные обстановки. Эти фации и микрофации (и связанные с ними аномальные биотопы) характеризуются своими (отличными от фоновых) физико-химическими и биогенными показателями, особенностями морфологии, своей структурой, зональностью и т. д.

Текущие породные массы и очаги их разгрузки

Вторую группу инжецируемого материала образуют текущие осадочно-породные массы – пластичные или разжиженные (флюидизированные). Для совместного обозначения различных проявлений всех видов их восходящих перемещений и разгрузок нами был предложен [2] общий термин литокинез [от греч. lithos – камень, kinē – привожу в движение], по аналогии с термином «галокинез», введенным Ф. Трусхеймом [16] применительно к процессам течения соляных масс. Термины «литокинез» и его производные объединяют многообразные процессы движения («течения») породных масс: их перемещение в недрах (где преобладает восходящая, иногда сублатеральная, локально нисходящая направленность) с внедрением в другие осадочные толщи, вынос в бассейны седиментации и растекание вокруг очагов разгрузки. Из перечисленных процессов прямое отношение к седиментогенезу имеют два последних.

Текучесть и способность к инъекциям в одних случаях обусловлена повышенной пластичностью и пониженной вязкостью пород (солей, глин, реже гипсов, опок, диатомитов и др.), т. е. их имманентными – индивидуальными

природными свойствами, нередко резко усиленными действием высоких температур и давлений. Для такого рода масс, участвующих в диапиризме и растекании, может быть использован известный термин «рейдные». В других случаях текучесть вызвана флюидизацией (разжижением, приведением в состояние жидкотекучей массы) в результате смешения с флюидами (газами, нефтями, водами), часто с напорными.

Соответственно, в литокинетической группе могут быть выделены две подгруппы (два вида) текучих масс – пластичные (рейдные) и разжиженные (флюидизированные).

Первый – *рейдный* – вид чаще представляют разнообразные формы диапиризма – соляного, глиняного, гипсового, кремнистого и некоторых других более редких. Роль проявлений диапиризма в седиментогенезе, т. е. вовлечение в аккумулятивные процессы изливающихся на дно водоемов или на поверхность Земли пластичных масс и продуктов их инситу преобразования, по видимому, недооценена. В большей мере она показана лишь для соляных масс [2, 8, и др.], но также пока мало учитывается. Заметим, что в отношении распространенности и масштабов соляного диапиризма и сопряженных процессов разгрузки рассолов в последние десятилетия получены чрезвычайно важные новые данные. Практически вновь открыты целые глобальные пояса их мощнейшего развития – Циркуматлантический, Циркуминдийский и Средиземно-морско-Красноморский – и ряд более мелких. Показано, что объемы соляных масс, участвующих в процессах галокинеза, грандиозны. Так, в восходящем солянокупольном (субвертикальном) состоянии находится не менее 50-60 % всей массы солей мира (а она оценивается величиной порядка 25 млн км³) [2]. Значительная часть этой массы солей сосредоточена в составе куполов-диапиров с «ядрами протыкания», прорывающими надсолевые слои вплоть до выхода на поверхность Земли или в близповерхностную зону, где непосредственно воздействует (или воздействовала) на сферу осадконакопления. Повсеместно с соляными диапирами связана интенсивная восходящая разгрузка высококонцентрированных рассолов, которая осуществляется как в континентальных, так и в морских обстановках, в том числе в глубоководных.

Второй вид литокинеза представляют внедрения *флюидизированных* – вторично разжиженных «грязевых», песчаных масс разнообразного состава и консистенции. Это – проявления грязевого, газового и гидровулканизма, сопровождаемые в субстрате разнообразными проводящими секущими (реже субсогласными) инъекционными телами, а на глубине часто сопряженные с глиняными диапирами.

Флюидизированные породные массы нередко представляют собой промежуточное звено между флюидными и твердопластичными составляющими. Таковым по сути является грязевой вулканизм: переходный вид разгрузки между ее флюидной и рейдной формами с широким спектром соотношений между ними и с разнообразным составом тех и других.

По особенностям состава среди текучих породных масс устанавливаются разновидности, близкие выделенным в составе флюидов, которые в данном слу-

чае можно назвать лито(минерало)-геохимическими. Они отчетливо выражены у представителей обеих подгрупп – и реидных и флюидизированных. «Галофильная» разновидность включает, соответственно, сульфатно-соляные или углеводородно-рассольно-соляные массы, а «галофобная» – глинистые, иногда кремнистые и углеводородно-водно-грязевые массы.

Естественными объектами (очагами) разгрузки пластично-текучих масс служат диапиры, диапироподобные, в меньшей мере трещинные тела, выводящие соляные, глиняные, кремнистые и другие породные массы. Для флюидизированных масс основными очагами разгрузки являются «осадочные вулканы» – грязевые, гидро-, газовые, возможно, рассольно-соляные («галовулканы»).

По способам разгрузки – по характеру выхода инъецируемых породных масс в область разгрузки – для диапиров характерно выдавливание пластичных масс с последующим изливанием и растеканием в областях разгрузки. Для «осадочных вулканов» основным является взрывной (эксплозивный) способ разгрузки: дискретные извержения разжиженных масс типа грязе-, газо- и гидро-вулканических, сопровождаемые их истечениями, а также разными видами флюидных разгрузок. Взрывной характер, по-видимому, могут иметь и внедрения рассольно-соляных масс, обогащенных углеводородными газами – своего рода соляной (гало)вулканизм.

Следует заметить, что два основных способа амагматических разгрузок – диапировый и эксплозивный – принципиально аналогичны двум известным типам магматических извержений алюмосиликатного материала, также различающихся, прежде всего, характером выхода извергаемых масс на поверхность Земли: соответственно, эффузивному (с относительно спокойным выдавливанием и/или изливанием лав) и взрывному (эксплозивному), обусловленному в наибольшей мере, так же как и при амагматических эксплозиях, скоплениями флюидной фазы.

Инъекционные парагенезы и их литогеохимические разновидности

Рассмотренные виды восходящих инъекций – флюидных, флюидизированных и реидных – в природных обстановках отчетливо взаимосвязаны как на путях восходящей миграции, так и в областях разгрузки. Взаимосвязь проявляется в их пространственном совмещении и в совпадении фаз их активности, т. е. в близости их пространственно-временной локализации. При этом флюидные разгрузки представляют собой, по существу, обязательный элемент всех других видов инъекционных внедрений, а зоны и фазы ее максимальной активности, и особенно пароксизмы, отвечают проявлениям активности «осадочного» вулканизма и диапиризма. Общие же пространственные ареалы и временные интервалы интенсивного проявления флюидной активности обычно существенно шире всех других видов инъекционной активности.

Возникновение пространственно-временных сочетаний разгрузок разных групп и подгрупп вполне закономерно, поскольку их инициируют одни и те же либо сходные факторы (и их сочетания), в наибольшей мере сейсмотектониче-

ские напряжения, градиенты давлений, температур, внедрения глубинных флюидов и их декомпрессия и др. Благодаря этому, размещение основных зон инъекционных поступлений контролируется одними и теми же типами геодинамических обстановок с повышенной активностью. Разные аспекты проблемы взаимосвязей проявлений геодинамической и инъекционной активности в настоящее время охарактеризованы в работах многих исследователей (П. Н. Кропоткин, И. Войтов, Д. Г. Осика, Б. Г. Поляк, Н. А. Логачев, А. Е. Гуревич, О. В. Равдоникас, Г. С. Вартанян, К. А. Аникиев, Р. Р. Рахманов, Б. А. Соколов и др.). Применительно к процессам современного и древнего седиментогенеза и галогенеза их анализ был выполнен нами ранее [2, 8].

Пространственные сочетания разных видов литокинетических и флюидных разгрузок образуют своего рода «инъекционные парагенезы». В наиболее полном виде они включают представителей всех видов: диапиры, «осадочные» (грязевые или другие) вулканы, восходящие источники газов, нефтей, подземных вод и их смесей.

Чаще в парагенезах присутствуют представители одной литогеохимической разновидности. В результате наблюдаются также и две разновидности парагенезов. «Галофильные» включают соляные диапиры, углеводородно-рассольно-соляные истечения, восходящие источники рассолов Cl-Sa типа со всем комплексом галофильных микрокомпонентов и высокосернистых углеводородных флюидов. «Галофобные» парагенезы включают глиняные и кремнистые диапиры, углеводородно-гидрогрязевые вулканы и восходящие источники минерализованных вод HCO₃-Na типа и малосернистых углеводородных флюидов. Для «галофильных» парагенезов типоморфно наличие соляных масс, рассолов и высокая сернистость, для «галофобных» – их отсутствие при широком распространении углекислых и кремнистых составляющих. Разгрузка углеводородов, хотя и имеющих существенные геохимические различия, сопровождает обе разновидности, являясь их общим элементом.

Итак, мы попытались систематизировать сведения о разных видах инжецируемого материала, участвующего в восходящих «холодных» амагматических разгрузках в область осадконакопления, а также о типах очагов и способах разгрузки, характерных для каждого их вида. В зависимости от фазово-вещественных и миграционно-реологических особенностей инжецируемого материала выделены две группы (два рода) и ряд подгрупп (видов): 1) флюиды с тремя подгруппами – подземные воды и рассолы, жидкие УВ, газы; 2) текучие (литокинетические) породные массы с двумя подгруппами – флюидизированные (разжиженные) и реидные (пластично-текучие). Разгрузка флюидов осуществляется в основном через разные виды восходящих источников путем изливания, истечений, фонтанирования; флюидизированных породных масс – через «осадочные вулканы» путем взрывных извержений и истечений; пластично-текучих масс – через диапиры и диапироподобные тела путем выдавливания, изливания, растекания. Инъекционные поступления разных групп и подгрупп образуют пространственно-временные сочетания (парагенезы). В наиболее полном виде эти парагенезы включают представителей всех подгрупп: диа-

пиры, «осадочные» (грязевые или другие) вулканы, восходящие источники газов, нефтей, подземных вод и их смесей. В зависимости от минерально-породных и геохимических особенностей инъецируемого материала среди представителей каждой подгруппы (каждого вида) выделены две разновидности – галофильная и галофобная. Как правило, парагенезы образуют представители одной разновидности. Распространенность и масштабы инъекционных разгрузок всех групп, подгрупп и разновидностей весьма значительны; вместе они образуют глобальную сеть, в целом контролирующую современную геодинамическую активность Земли, отражая ее инъекционную активность и общий характер инъекционных поступлений в сферу осадконакопления [2].

4. О седиментационных следствиях современных и былых инъекционных разгрузок

Как уже отмечалось в обзоре новых материалов, к настоящему времени большим количеством исследований установлено отчетливое и разнообразное отражение восходящих разгрузок как в ныне протекающих седиментационных процессах и формируемых ими образованиях, так и в былых – палеоседиментационных, восстанавливаемых при изучении осадочных разрезов. Для современных обстановок имеющиеся данные убедительно свидетельствуют об активном участии в осадконакоплении всех рассмотренных видов инъекционных внедрений и о весьма значительных масштабах такого участия. Можно даже достаточно уверенно заключить, что подавляющее большинство современных активных разгрузок имеет то или иное вполне отчетливое седиментационное отражение. В глобальном масштабе это проявляется в виде систем формирующихся инъекционно-осадочных отложений, контролируемых современными системами активных разгрузок. В разрезах осадочных серий многих регионов также обнаружено и описано широкое распространение седиментационных следствий былых, синхронных палеоседиментогенезу, инъекционных разгрузок – разнообразных инъекционно-осадочных рудно-породных ассоциаций [1, 8 и др.].

Детальное рассмотрение этих и многих других вопросов, касающихся конкретного отражения инъекционных разгрузок в современном и древнем седиментогенезе, будет выполнено в специальной работе. Здесь же подчеркнем лишь ряд положений, которые позволяют считать правомерным предлагаемый ниже вариант расширенной классификации, основанный на согласованном подразделении факторов седиментогенеза и их типов.

Во-первых, выявлены уверенные признаки активного и весьма значимого проявления в современном и былом седиментогенезе всех рассмотренных выше инъекционных факторов, которые вместе обеспечивают формирование широкого спектра инъекционно-осадочных типов седиментогенеза. Во-вторых, отчетливо обозначился факт существования и значительного распространения ряда типов седиментогенеза, обязанных каждому из рассмотренных видов инъекционных разгрузок. В-третьих, для инъекционно-осадочных комплексов харак-

терны лито(минерало)-геохимические разновидности, сопоставимые с разновидностями инъекционных разгрузок.

5. Расширенный вариант классификации типов седиментогенеза

С целью введения рассмотренных новых инъекционных факторов и отвечающих им типов седиментогенеза в единую систему нами была предложена их совместная согласованная классификация [2]. Она приведена в табл. 1, в левой части которой (уже рассмотренной выше) систематизированы факторы, а в правой – типы седиментогенеза. Все типы седиментогенеза подразделены, в зависимости от определяющих их (доминантных) факторов, на два больших класса: климатические и инъекционно-осадочные (тектоногенные, аклиматические). Главным регулирующим фактором для первого класса выступает климат, а для второго – прямо или опосредованно – тектоническая активность, инициирующая инъекционные внедрения. Эти факторы определяют, прежде всего, способности поставки (привноса) материала к местам седиментации, его природу и состав, а также влияют на условия и процессы осадконакопления. Принципиальные различия важнейших параметров двух классов седиментогенеза отражают (и во многом наследуют) рассмотренные выше особенности их доминантных факторов.

Инъекционно-осадочный класс и его типы

Вновь выделенный *инъекционно-осадочный класс* объединяет широкий спектр проявлений седиментогенеза, являющегося инъекционным по способам поступления материала, осадочным – по способам накопления. Его характерные черты определяются дискретными инъекциями (внедрениями) – нисходящими и восходящими, «холодными» и «горячими» – инородного материала, обладающего повышенной текучестью (жидкого, пластичного или разжиженного).

Инъекционно-осадочный класс включает два подкласса с нисходящим и восходящим векторами поступления материала. Различия этих подклассов отражают и наследуют (как и различия классов) отмечавшуюся выше принципиальную разницу формирующих их инъекций.

Подкласс с нисходящей направленностью инъекций представлен *гравитационно-осадочным (гравититовым) типом*, объединяющим суспензионно-поточные, обвально-оползневые, олистостромовые и другие разновидности. Подкласс с восходящей направленностью включает, помимо выделенного Н. М. Страховым вулканогенно-осадочного типа, отвечающего «горячим» разгрузкам, еще два амагматических типа, объединяющих разные виды «холодных» инъекций. Это – флюидно-осадочный тип (главный фактор которого – разгрузка «холодных» флюидов) и литокинетический (обязанный литокинетическим поступлением).

Флюидогенный (флюидно-осадочный) тип седиментогенеза представляет собой важнейшую разновидность инъекционно-осадочного класса, объединяющую комплекс процессов осадконакопления и их результирующие – осадки

и породы, в реализации которых определяющую роль играет разгрузка восходящих флюидов [1, 2, 8]. Осуществляется этот тип как в субаквальных (на дне водоемов), так в субаэральных (на поверхности Земли) обстановках осадконакопления, локализуясь непосредственно в очагах разгрузки и в ореолах их влияния. С проявлениями флюидного седиментогенеза связано накопление многих типов преимущественно биохемогенных пород и руд, образующихся в результате смешения и взаимодействия разгружающихся флюидов с водами и газами зон разгрузки, а также, в разной мере, и с компонентами субстрата. Все процессы осуществляются при активнейшем участии и часто определяющей роли организмов (и, особенно, микроорганизмов), продуктов их метаболизма и других результатов жизнедеятельности. На вещественные и структурно-морфологические особенности отложений влияют состав и физико-химические особенности разгружающихся флюидов, характер вод и газов мест разгрузки и компонентов субстрата, а также – в очень большой мере – качественный и количественный состав организмов и микроорганизмов, участвующих во взаимодействиях.

Литокинетический тип седиментогенеза [2] включает те разновидности инъекционно-осадочного класса, которые обусловлены воздействием на осадконакопление проявлений литокинеза – внедрением пластичных или разжиженных осадочных масс, их включением в осадочный цикл и активным влиянием на него (вещественным, механическим, физико-химическим). Он объединяет два подтипа – *реидно-осадочный* (главный фактор – разгрузка пластично-текучих породных масс) и *флюидизатно-осадочный* (главный фактор – разгрузка флюидизированных масс). Оба подтипа также реализуются и в субаквальных и в субаэральных обстановках.

Процессы первого подтипа тесно сопряжены с проявлениями диапиризма – соляного (галокинеза), глиняного, кремнистого и др. В осадконакоплении участвуют как внедрившиеся и растекающиеся породные массы, так и продукты их растворения, перемыва и ближнего переотложения. С соляными диапирами ассоциируют растекающиеся соляные массы, наддиапировые биохемогенные отложения, связанные с восходящей разгрузкой рассольно-углеводородных флюидов, и разнообразные остаточные (от растворения солей) образования, состоящие из сульфатно-глинисто-карбонатного материала с фрагментами вынесенных солями разноглубинных пород, вмещающих соли и прорываемых диапирами.

Процессы второго подтипа сопряжены с проявлениями «осадочного» вулканизма – грязевого, гидро-, нефтегазового, возможно, углеводородно-рассольно-соляного и т. д. Они формируют комплексы, сложенные кластогенным материалом самих внедрений и продуктов их перемыва, а также широким спектром сопровождающих биохемогенных образований, возникающих под воздействием сопутствующих флюидных разгрузок.

Подчеркнем еще раз, что как инъекционно-осадочный класс в целом, так и все его представители – гравититовый, литокинетический (с двумя подтипами) и флюидогенный типы, как и вулканогенно-осадочный, отвечают приве-

денному выше пониманию типов седиментогенеза Н. М. Страхова, а именно как устойчивых совокупностей процессов и созданных ими ассоциаций осадочных пород, обусловленных доминантными – наиболее значимыми – факторами. Что касается объединения всех перечисленных типов с вулканогенно-осадочным в один подкласс, то оно представляется правомерным и оправданным, поскольку все они иницируются тектоногенными факторами.

О сочетаниях типов седиментогенеза

В конкретных осадочных последовательностях выделение проявлений отдельных генетических типов седиментогенеза достаточно условно: обычно имеют место их комбинации – чаще всего разномасштабные и разноранговые циклические чередования. Так, любые инъекционные поступления, дискретные по своей природе, практически всегда осуществляются на фоне климатических факторов, регулирующих осадконакопление в промежутках между инъекциями. Сами же инъекции проявляются в виде кратковременных (но очень эффективных) внедрений, регулируемых теми или иными тектоногенными, обычно циклическими, факторами. При этом для режима и ритма таких чередований характерна еще одна особенность, очень важная для анализа седиментационных последовательностей: после прекращения инъекционных воздействий, прервавших фоновую седиментацию, каждый раз происходит возврат системы (часто столь же быстрый) в состояние, близкое к исходному. А это как раз и объясняет характерную черту многих инъекционно-осадочных образований: их появление и исчезновение в разрезах без существенных изменений самих вмещающих пород.

Разные (любые) типы дискретных инъекций, регулируемые тектоническими или иными факторами, могут проявляться в разных (любых) фоновых климатических обстановках. Так что само возникновение чередований представителей инъекционных и климатических типов вполне закономерно, а спектр их возможных комбинаций достаточно широк. Для отнесения конкретных породных комплексов к тому или иному из генетических типов важна оценка относительной значимости (вклада в седиментогенез) каждого из них, т. е. определение типоморфных составляющих. Например, для турбидитных комплексов основу образующих их циклов составляет именно закономерное чередование типоморфных для них суспензионно-поточковых отложений, возникающих геологически «мгновенно», но резко преобладающих по мощности, с тонкими слойками и микрослойками, осажденными в ходе длительных периодов медленной фоновой седиментации (любых климатических типов).

Принципиально сходное сочетание типов характеризует и отложения, связанные с восходящей разгрузкой. Так, в подавляющем большинстве современных солеродных бассейнов наблюдается сочетание двух факторов и двух видов процессов солеотложения. Один представляет неравномерная по интенсивности разгрузка высококонцентрированных, нередко пересыщенных восходящих рассолов и их смешение с бассейновыми водами. Второй – выпаривание, обеспечиваемое условиями аридного (с избыточной испаряемостью) климата [8].

Совмещение этих двух факторов и процессов – восходящих инъекционных с климатическими – позволяет считать природу таких соленосных отложений гетерогенной. Наиболее отчетливо такое совмещение прослеживается в условиях континентально-озерного и прибрежно-морского галогенеза аридных областей, где значимость вклада выпаривания достаточно очевидна, а вклад разгрузки установлен в ходе многих исследований. Характерно, что весомость вклада второго фактора – разгрузки рассолов – показана даже для таких «классических» примеров аридного соленакопления, как Кара-Богаз-Гол, Мертвое море, побережье Персидского залива и др. (Н. Ф. Глазовский, Н. М. Джиноридзе, С. Д. Гемп, Г. А. Беленицкая и др.).

Совмещение или чередование инъекционно-осадочных отложений с фоновыми климатическими имеет место и при накоплении многих других флюидно-осадочных и литокинетических комплексов. Существенно, что во всех случаях, даже в тех, когда масштаб (прежде всего мощность) инъекционных образований уступает фоновым (климатическим), первые, как правило, составляют наиболее интересные и минерагенически значимые интервалы разрезов. Одним из ярких и частых проявлений такого рода являются маломощные горизонты флюидогенных высокоуглеродистых металлоносных (часто рудоносных) комплексов, расслаивающие разные типы фоновых терригенно-карбонатных отложений.

Часты также совмещения и внутри инъекционного класса, например, нисходящих суспензионно-поточковых инъекций, формирующих турбидитовые комплексы, с восходящими флюидными, нередко образующими углеродистые металлоносные прослои. Еще более закономерны комбинации из разных типов восходящих инъекций, характерные для отмечавшихся выше инъекционных парагенезов: прежде всего, флюидных с разными представителями литокинетических. С дифференцированным по составу характером флюидной разгрузки в пределах одной их разновидностей может быть связано последовательное возникновение различных типов флюидогенных производных – высокоуглеродистых, доломитных, сульфатных, соляных [8].

Все эти вопросы нуждаются в дополнительном анализе и требуют особого внимания при проведении конкретных региональных интерпретаций, при разделении признаков на определяющие и второстепенные и т. д.

Заключение

В последние десятилетия установлено широкое распространение в современных обстановках и в осадочных разрезах ряда типов седиментогенеза, не учтенных в общепринятой классификации Н. М. Страхова. Определяющими (доминантными) факторами образования этих типов являются дискретные инъекционные нисходящие и восходящие поступления в бассейны осадконакопления флюидов и текучих породных масс (пластичных и флюидизированных) и их включение преимущественно *in situ*, после тех или иных трансформаций, в осадочно-аккумулятивные процессы. Для производных нисходящих инъекций

разжиженного материала, образующих гравититовый тип седиментогенеза, масштабность и широчайшая распространенность в современных и былых условиях по сути доказаны. Для проявлений седиментогенеза, связанного с восходящими авулканогенными инъекциями – флюидными и литокинетическими, – также обнаруживается чрезвычайно широкое развитие в самых разных современных и древних геологических ситуациях. В итоге сфера современного и былого осадконакопления вырисовывается как область конечного восходящего стока из недр заключенных в них подвижно-текучих масс и как глобальная седиментационная ловушка, где происходит «утилизация» и захоронение значительной их части.

Все это определило необходимость расширить используемую ныне базовую генетическую классификацию типов седиментогенеза, введя в нее новые типы. В связи с этим предлагается актуализированный вариант классификации, основанный на согласованной типизации инъекционных поступлений и отвечающих им инъекционно-осадочных типов седиментогенеза.

В классификации все типы седиментогенеза подразделены, в соответствии с принципами Н. М. Страхова, в зависимости от определяющих (доминирующих) факторов, на два класса: климатические и инъекционно-осадочные (тектоногенные), с дальнейшим делением уже внутри классов. Одно из основных различий доминантных факторов этих классов, ответственных за главные различия отвечающих им типов седиментогенеза, состоит в принципиальной разнице способов и режимов поступления материала к местам седиментации – более равномерном и медленном в первом из них и дискретно-импульсном и чрезвычайно быстром – во втором.

Инъекционно-осадочный класс (инъекционный – по способам поступления материала, осадочный – по способам его накопления) объединяет два подкласса, имеющих противоположную – нисходящую и восходящую – направленность векторов поступления материала и комплекс других важнейших для осадконакопления различий: движущие силы (соответственно, гравитационные и напорные), источники поступающего материала (поверхностная лито- и гидросфера в первом случае, подземная лито- и флюидосфера – во втором), физико-химические и структурно-вещественные характеристики этого материала и др.

Подкласс с нисходящей направленностью представлен одним типом – гравититовым, включающим суспензионно-поточные, обвальное-оползневые, олистостромовые и некоторые другие разновидности. В подклассе с восходящей направленностью выделены три типа: флюидогенный (флюидно-осадочный), литокинетический (с двумя подтипами – реидно- и флюидизатно-осадочными) и вулканогенно-осадочный. По лито(минерало)-геохимическим особенностям внутри подкласса в составе комплексов всех типов и подтипов выделены две разновидности: галофильная и галофобная, отвечающие двум разновидностям разгружающегося материала.

Для осадочных разрезов характерны многообразные комбинации проявлений седиментогенеза разных классов и типов, чаще всего их циклические чере-

дования: климатических с инъекционными, инъекционных – разных типов и подтипов – между собой.

В заключение подчеркнем две чрезвычайно важные, связанные между собой особенности инъекционно-осадочных, в наибольшей мере флюидогенных, комплексов, определяющих их значительно более широкое, научное и практическое значение. Во-первых, это – избирательная связь с ними (часто – локализация в них) разных типов синседиментационных биохемогенных руд. Именно рассматриваемые комплексы в осадочных последовательностях являются главными носителями рудных концентраций и геохимических аномалий. Более того, само наличие в осадочных разрезах такого рода концентраций и аномалий может служить показателем вероятности участия в их генезисе инъекционных палеовоздействий, а также предпосылкой наличия и других проявлений таких воздействий. Во-вторых, связь самих комплексов с разномасштабными биотическими и абиотическими «событиями», перестройками и «кризисами». По сути, многие из них являются основным вещественным литолого-минерагеническим («косным») отражением и проявлением биотических «событий». В наибольшей мере это относится к одному из «сквозных» элементов инъекционно-осадочных комплексов – к черносланцевым образованиям, которые ныне достаточно единодушно признаются индикаторами таких «событий».

Предлагаемый расширенный вариант классификации на данном этапе работ мы рассматриваем как предварительный, подлежащий серьезному обсуждению. Вместе с тем уже сейчас очевидна важность и необходимость специальных исследований проблемы воздействия восходящих инъекций не только на седиментогенез, но и на процессы всех других стадий (и зон) литогенеза. В наибольшей мере это относится к воздействию флюидов, которое ярко проявляется на любых стадиях и ведет к возникновению соответствующих типов: флюидно-гипергенных, флюидно-диагенетических, флюидно-катагенетических и др. При этом особо значим характер пространственно-временных и рудно-геохимических взаимосвязей флюидогенных образований разных стадий и зон. Эти вопросы частично затронуты нами в работах [1, 2] и требуют глубокого исследования. В этой связи стоит также отметить, что в последние годы некоторые исследователи (В. Е. Хаин, Б. А. Соколов и др.) обращают внимание на инъекционный характер многих геологических процессов и объектов, на применимость к ним данного термина и, более того, на возможность говорить об инъекционной геологии как одном из перспективных междисциплинарных направлений наук о Земле.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты 03-05-65100а и 07-05-00907а.

Библиографический список

1. **Беленицкая Г. А.** Роль глубинных флюидов в осадочном породо- и рудообразовании. // Вулканогенно-осадочное рудообразование / Науч. ред. В. Е. Попов. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. С. 41–45.

2. **Беленицкая Г. А.** Осадочные бассейны Земли. Соляная тектоника. Литогенез // Энциклопедический справочник «Планета Земля» / Гл. ред. Л. И. Красный. Т. 2. Тектоника и геодинамика. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. С. 189-222, 354-375, 1211-1220.
3. **Блажчишин А. И.** Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море / Под ред. проф. А. А. Гайгаласа. Калининград: Янтар. сказ, 1998. 160 с.
4. **Дегазация Земли:** геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых / Отв. ред. А. Н. Дмитриевский, Б. М. Валяев. М.: ГЕОС, 2006. 320 с.
5. **Иванов М. К.** Потoki углеводородных флюидов на глубоководных окраинах и связанные с ними явления // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2000. №5. С.31-44.
6. **Леин А. Ю., Москалев Л. И., Богданов Ю. А., Сагалевич А. М.** Гидротермальные системы океана и жизнь // Природа. 2000. №5. С. 47-55.
7. **Лисицын А. П.** Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении. М.: Наука, 1988. 308 с.
8. **Литогеодинaмика** и минерaгения осадочных бассейнов / Под ред. А. Д. Щеглова: авт.: Е. А. Басков, Г. А. Беленицкая, С. И. Романовский и др. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. 480 с.
9. **Лукин А. Е.** Литогеодинaмические фaкторы нефтегазонакопления в авлакогенных бассейнах. Киев: Наукова Думка, 1997. 224 с.
10. **Рахманов Р. Р.** Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр. М.: Недра, 1987. 174 с.
11. **Романовский С. И.** Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.
12. **Страхов Н. М.** Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР. Т. I. 1960. 212 с. Т. II. 1962. 575 с. Т. III. 1962. 550 с.
13. **Холодов В. Н.** О роли песчаного диапиризма в трактовке генезиса грязевых вулканов // Литол. и пол. ископ. 1987. № 4. С. 3-11.
14. **Шнюков Е. Ф.** Грязевый вулканизм в Черном море // Геол. журнал. 1999. № 2. С. 38-47.
15. **Shumacher D.** Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments. Hydrocarbon migration and its near-surface expression. AAPG Mem. 1998. Vol. 66. P.71-89.
16. **Trusheim F.** Mechanism of salt migration in Northern Germany. AAPG Bull. 1960. V. 44. P.1519-1540.

Н. К. Фортунатова,

Российский государственный геологоразведочный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАРБОНАТНЫХ КОНУСОВ ВЫНОСА

В последние годы отложения турбидитных систем привлекают внимание многих специалистов, рассматривающих их в качестве нового направления поисковых работ на нефть и газ.

Проведено много исследований строения и морфологии тел, опубликованы примеры условий их накопления, выполнены крупные научные обобщения [3, 4, 5] и многое другое. Большинство работ посвящены изучению терригенного осадконакопления.

В 1993 г. автором была опубликована статья [2] о новых поисковых объектах УВ, связанных с карбонатными турбидитами. Позднее появились также зарубежные статьи, посвященные этой теме. Но только в последние годы это направление стало актуальным, так как поиски месторождений в нефтегазоносных карбонатных комплексах переместились из областей палеошельфов в депрессионные части палеобассейнов.

Необходимость моделирования природных резервуаров этого типа обусловлена чрезвычайно сложным их строением, которое не отражается в сейсмической записи, но играет большую роль в распределении емкостных и фильтрационных параметров резервуара.

Однородный глинисто-карбонатный состав является причиной отсутствия четко выраженных, прослеживающихся отражающих границ. Линзовидная форма тел обломочных карбонатных пород создает волновую картину, сходную с «рифовой». Поэтому карбонатные конусы выноса чаще всего интерпретируются как рифовые тела.

Для резервуаров, связанных с карбонатными конусами выноса, характерна изменчивость емкостных и фильтрационных свойств от высокопористых и проницаемых обломочных известняков и гравелитов до низкопористых плотных шламовых, пелитоморфных и глинистых известняков и практически непроницаемых глин, являющихся внутрирезервуарными крышками.

Сложное строение и морфология осадочных тел создают большие проблемы при прогнозировании, оценке ресурсов УВ, при поисках и эксплуатации месторождений нефти и газа.

Однако нахождение их среди карбонатно-глинистых пород, характеризующихся значительными содержаниями органического вещества, большие площади, занимаемые этими отложениями вдоль бортовых частей палеовпадин, определяют перспективы карбонатных турбидитов и новое направление поисков в нефтегазоносных карбонатных формациях.

С целью повышения эффективности прогноза, поисков месторождений УВ, качества интерпретации геолого-геофизического материала автором проводилось изучение отложений подводных карбонатных конусов выноса и разрабатывались седиментационно-емкостные модели резервуаров этого типа.

Модели конкретных объектов явились основой создания типовых, представляющих собой закономерную формализованную характеристику резервуаров подводных конусов выноса. Типовые седиментационно-емкостные модели являются инструментом, позволяющим оценивать изменчивость емкостных свойств (эффективную мощность, пористость) в межскважинном пространстве как для резервуара в целом, так и для отдельных составляющих его элементов.

Фактическим материалом для разработки моделей резервуаров послужили результаты изучения керна, материалов ГИС, данных сейсморазведки ряда месторождений в юрских отложениях Аму-Дарьинского бассейна, в миоценовых отложениях Бомбейского шельфа, в верхнефранских, фаменских и турнейских отложениях Тимано-Печорской и Волго-Уральской НГП.

В основу моделирования внутрибассейновых карбонатных отложений подводных конусов выноса положены генетический анализ карбонатных пород и известные механизмы седиментации современных их аналогов.

Моделирование фильтрационно-емкостных свойств, геометрии и внутренней структуры осадочных тел осуществлялось на основе технологии СЕМ-ЧВЗ^{*)}, учитывающей данные по пористости и проницаемости по каротажу, лабораторные определения, выполненные на керне, генетическую интерпретацию отложений по результатам изучения керна и ГИС, седиментологическую интерпретацию данных сейсморазведки, изучение строения и корреляцию седиментационных циклитов, тренд пористости и проницаемости, обусловленной седиментационной закономерностью изменения структуры резервуара, а также данные о накопленной добыче в различные интервалы времени.

Проведенные исследования позволили выделить два типа карбонатных турбидитных отложений, соответствующих различным стадиям развития седиментационного бассейна.

Конусы выноса первого типа соответствуют стадии некомпенсированного погружения во впадинах и синхронны с рифообразованием в области шельфа.

Конусы выноса второго типа соответствуют стадии компенсированного погружения во впадине и прерывистому карбонатонакоплению в области шельфа. Эти тела условно (по форме сейсмической записи) названы «глинисто-карбонатными клиноформами».

Главной особенностью карбонатной седиментации, отражающейся в структуре и морфологии осадочных тел, является прерывистость осадконакопления. Иерархии карбонатных тел соответствует иерархия прерывов.

В осадочном чехле древних и молодых платформ выделяются различные типы карбонатных и глинисто-карбонатных формаций, различающиеся не только минералогическим составом, но и организацией их внутренней структуры, а также формой осадочных тел: карбонатные (бентогенные), содержащие рифовые систе-

^{*)} Технология седиментационно-емкостного моделирования и частотно-временных зависимостей [1].

мы и характеризующиеся сохранившейся седиментационной структурой формационного тела, глинисто-карбонатные, обогащенные органическим веществом с первичной седиментационной структурой, «реликтовые» карбонатные формации, в которых первичная структура уничтожена в результате многочисленных перерывов и переотложения материала, характеризующиеся наличием многочисленных внутриформационных размывов, глинисто-карбонатные клиноформенные, образовавшиеся в результате интенсивного выноса карбонатного материала из области шельфа на склоны бассейна.

Перечисленные типы формируют закономерные латеральные ряды, отвечающие стадиям развития палеобассейнов.

Карбонатные конусы выноса первого типа являются составным элементом карбонатной бентогенной формации, накапливаются синхронно с рифообразованием, на склонах палеобассейнов.

В строении конусов выноса, в плане, выделяется три основных элемента (рис. 1):

- осадкосборный конус, обычно совпадающий с системой межрифовых каналов, прорезающих зону развития барьерной рифовой системы;

- транспортное русло, по которому перемещается основной поток обломочного материала;

- аккумулятивный конус, расчлененный на систему распределительных русел и междурусловых валов. В вертикальном разрезе осадочные тела, соответствующие аккумулятивному конусу, имеют форму крупной линзы с различной степенью морфологической выраженности, обладающей волнистой поверхностью.

В строении конусов выноса участвуют органогенно-обломочные карбонаты главным образом трех литогенетических типов: известняки тонкослоистые биоморфно-детритовые, известняки органогенно-обломочные мелкослоистые и известняки органогенно-обломочные микроградационно-слоистые. Для всех трех типов характерен смешанный полифациальный комплекс остатков ископаемых организмов, преобладание детрита иглокожих (наиболее устойчивых карбонатных скелетных остатков организмов, подверженных дальнейшей транспортировке), присутствие оолитов редко составляющих до 30 % породы, обычно до 5-10 %. Наличие единичных оолитов среди обломочного и детритового материала, сочетание их с микрослойками и линзами глин свидетельствуют о переносе их областей мелкого закрытого шельфа, где они формируют оолитовые известняки с содержаниями более 30-50 % оолитов.

Обломочные карбонаты галечной размерности, представленные несортированными обломками биогермных известняков и вмещающим их карбонатным пелитом, глинистым материалом, тонким шламом, развиты только в верхней части транспортных русел.

В результате изучения разновозрастных отложений установлена закономерность в распределении обломочного, глинистого, шламового и детритового материала в различных зонах конуса выноса. Разрезы транспортного русла характеризуются наибольшим содержанием обломочных карбонатов и низкими

значениями коэффициентов глинистости (0,05-0,1)^{*)}.

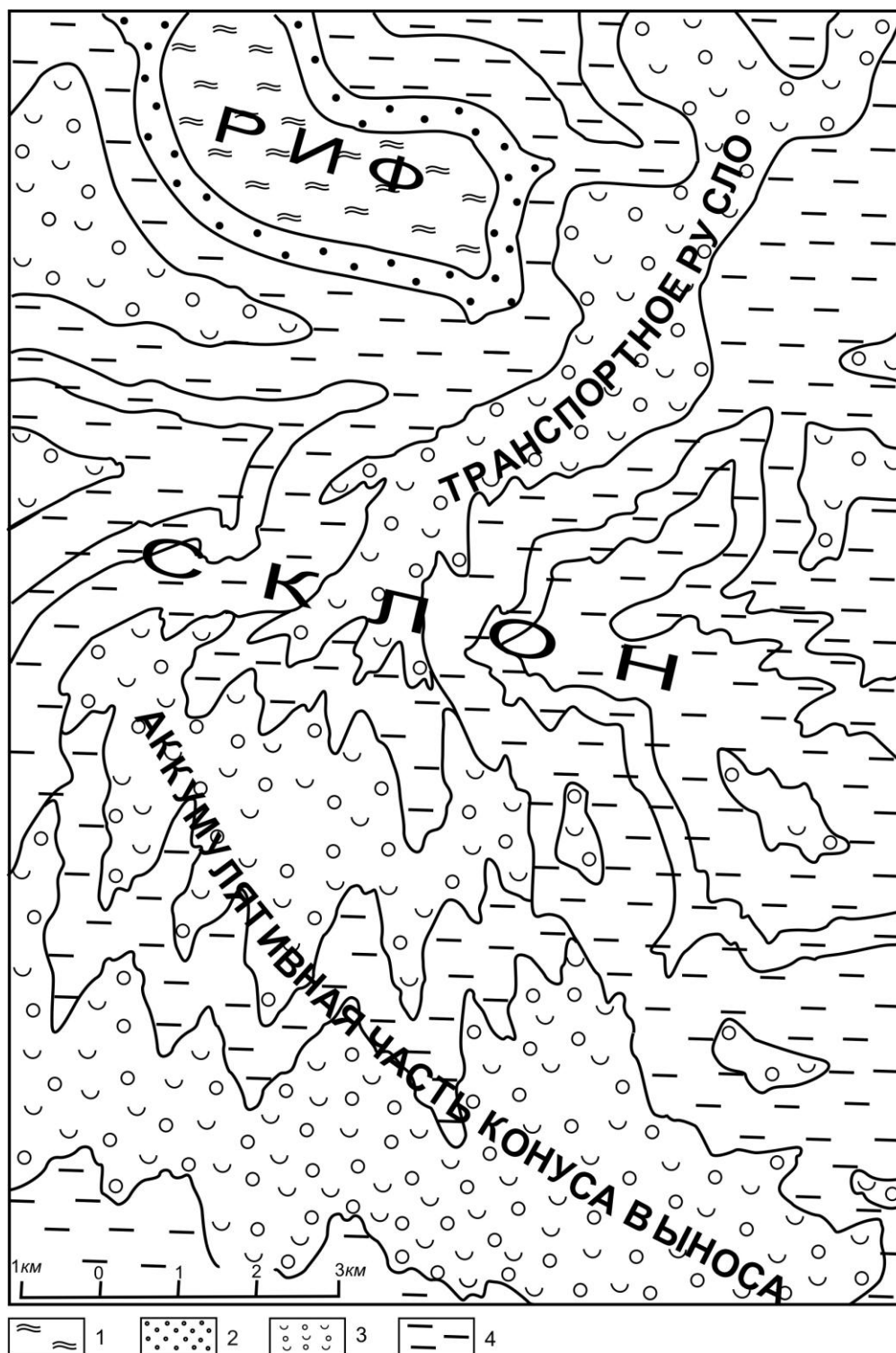


Рис. 1. Модель распределения зон в области развития подводных конусов выноса. Месторождения: Кокдумалак-Бота, Тангикудук (Узбекистан):

1 – биогермные отложения; 2 – шлейфовые отложения; 3 – отложения конусов выноса; 4 – карбонатно-глинистые отложения периферийных частей конуса и склона бассейна

^{*)} Кг – коэффициент глинистости разреза, равный отношению суммарной мощности глин и глинистых известняков к общей мощности карбонатной формации в анализируемом разрезе.

Породы-коллекторы в пределах транспортного русла и аккумулятивной части конуса имеют сложное линзовидное распределение, небольшую мощность, изменяющуюся от сантиметров до десяти метров. В подошве и кровле линз обломочных известняков наблюдаются эрозионные поверхности.

Значения пористости обломочных карбонатов меняются от 8 до 12 %. Содержания пород-коллекторов достигают 30 % в транспортных руслах и всего лишь 5 % – в дистальных частях конуса.

Отложения подводных конусов выноса формировались в пределах террас глубокого шельфа и склона бассейна за счет транспортировки и последующего отложения осадков мутьевыми или суспензионными потоками по системам подводных каньонов. В процессе формирования этих осадочных тел происходило чередование коротких периодов интенсивного поступления материала из более мелководных областей с продолжительными периодами пелагического осадконакопления, включающего и приостановки карбонатной седиментации. Сочетание вышеперечисленных факторов приводило к образованию разнопорядковых циклитов.

При изучении элементарных циклитов карбонатных турбидитов оказалась применима схема строения элементарного циклита Боума [3], предложенная для терригенных отложений.

В карбонатных турбидитах слоям *A*, *B* и *C* соответствуют литотипы: известняки биоморфно-детритовые, горизонтальнослоистые в связи с ориентировкой крупного детрита и целых форм раковин (*A*); известняки обломочные, мелко- и микрокосослойчатые, в которых наблюдается переслаивание карбонатного, обломочного и глинистого материала (*B*), известняки обломочные градиционнослоистые (*C*). Элементы *D* и *E* представлены разными типами глинистых и шламовых известняков. В пределах транспортных русел элементы *D* и *E* обычно уничтожены следующими потоками.

Для междрусловых валов характерно выпадение нижних элементов циклита (*A* и *B*), что приводит к концентрации шламовых и глинистых известняков. Для дистальных частей распределительных русел свойственны полные циклиты сокращенной мощности.

В отложениях подводных конусов выноса элементарная седиментационная цикличность, обусловленная периодическим выносом обломочного материала, сочетается с более крупной эвстатической, контролирующей объемы поступающего обломочного материала, отложение «фоновых» глинистых пластов.

Глинисто-карбонатные клиноформы (подводные конусы выноса второго типа) формируются в регрессивные этапы развития палеобассейнов, компенсируя палеовпадины, и представляют собой самостоятельный формационный тип. Обычно им по времени соответствуют «реликтовые» карбонатные формации, развитые в пределах палеосводов.

Основным отличием глинисто-карбонатных клиноформ является их проградационный характер накопления, приводящий к последовательному заполнению палеовпадин (рис. 2). Карбонатные клиноформы также состоят из трех элементов – осадкосборного конуса, транспортного русла и аккумулятивного

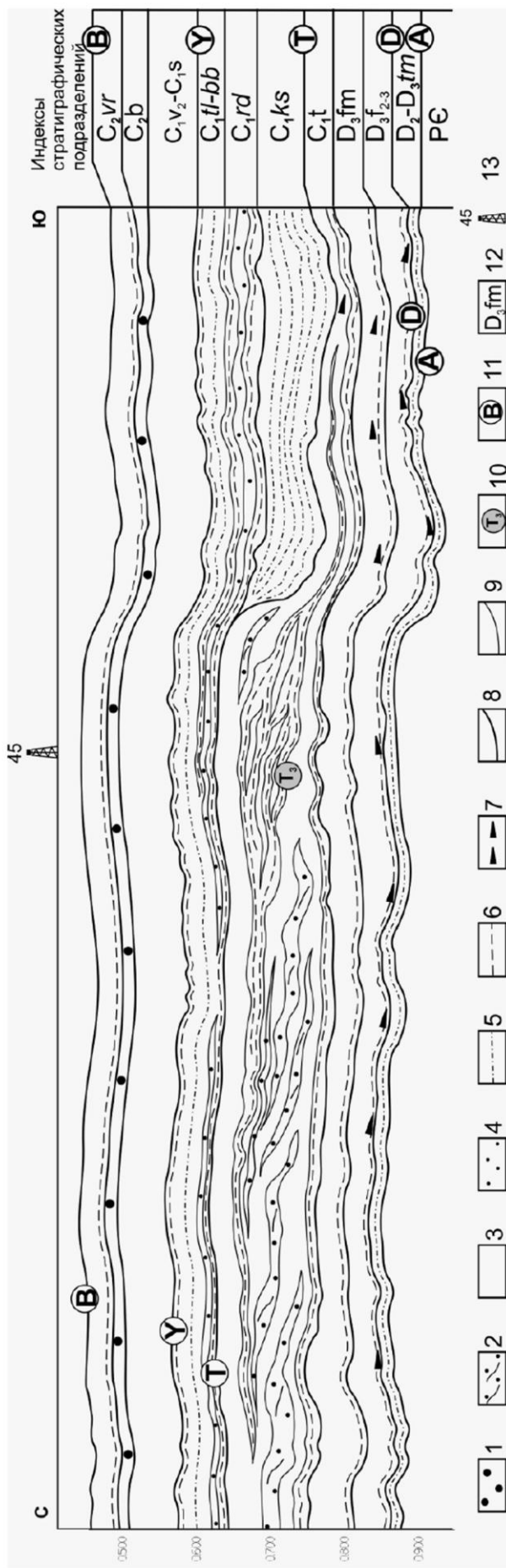


Рис. 2. Модель строения карбонатных клиноформ на Северо-Татарском своде:

1 – обломочные карбонатные породы и горизонты переотложения; 2 – отложения карбонатных конусов выноса; 3 – плотные карбонатные отложения склона и открытого шельфа; 4 – песчаники; 5 – песчаники, глины и алевролиты; 6 – глинистые породы; 7 – глинисто-карбонатные битуминозные отложения; 8 – границы стратиграфических подразделений; 9 – границы геологических тел, отражающие структуру осадочных комплексов; 10 – дополнительные отражающие сейсмические горизонты для картирования клиноформных тел; 11 – отражающие сейсмические горизонты; 12 – индексы стратиграфических подразделений 13 – скважины и их номер

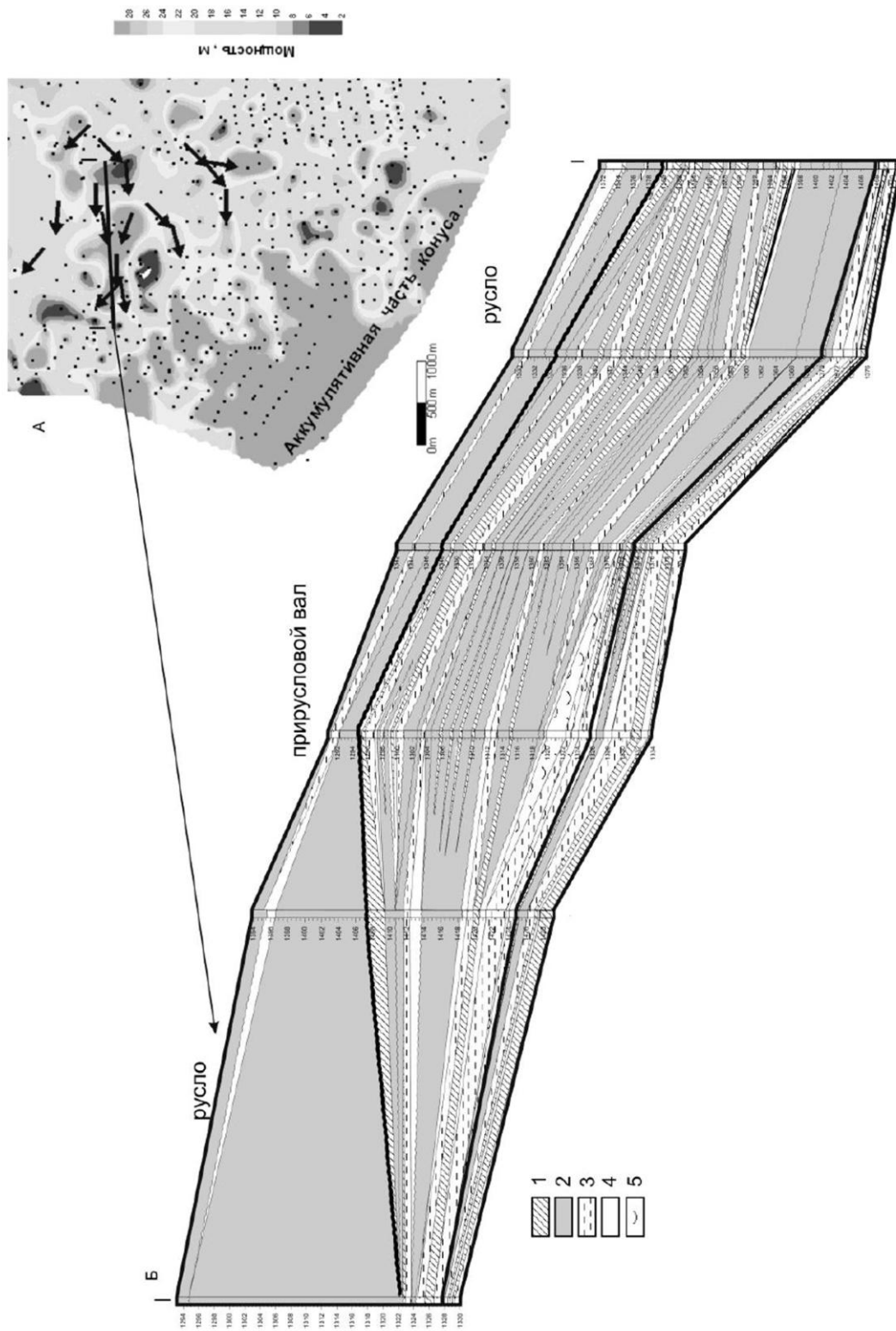


Рис. 3. Модель строения карбонатных и карбонатно-глинистых отложений в русловой части конуса выноса:

A – карта распределения мощности обломочных карбонатов в зонах транспортных русел и аккумулятивного конуса; *B* – распределение основных типов пород по профилю транспортного русла.

1 – глины; 2 – известняк обломочный; 3 – известняк глинистый; 4 – известняк пелитоморфный; 5 – известняк крупнодетритовый

конуса. Они имеют четко выраженную линзовидную форму в разрезе, максимальные мощности отложений соответствуют аккумулятивному конусу.

В строении осадочной формации участвует обычно серия линз обломочных карбонатов, разделенных глинистыми пачками. В плане мощности отложений каждого этапа накопления сильно изменяются (рис. 3). Распределение мощности отложений обусловлено развитием линз обломочных карбонатов.

Коллекторы представлены обломочными карбонатными породами с открытой пористостью 6-12 %. Пласты пород-коллекторов образуют линзовидные тела мощностью от 3-5 до 20-40 м (в русловых частях конуса), чередующиеся в разрезе и по простиранию с пластами и пачками глинистых, пелитоморфных и шламовых известняков.

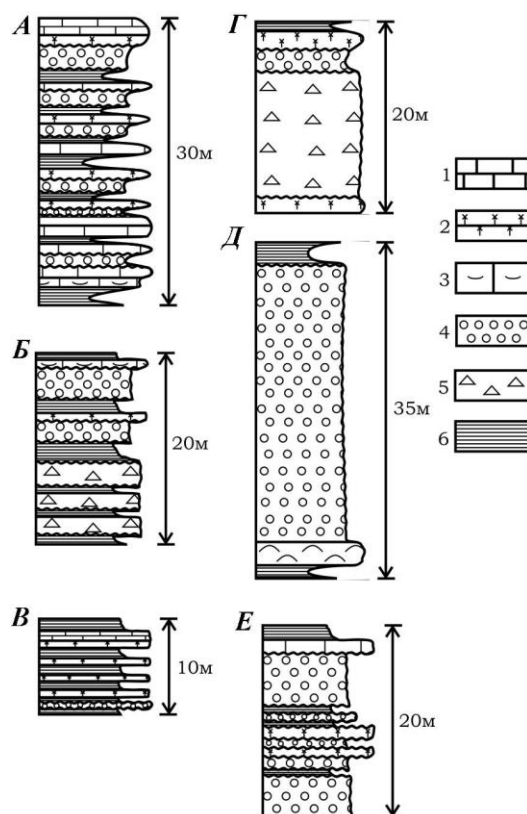
Даже в сечениях тел, ориентированных параллельно распределительному руслу, наблюдается неоднородность строения, обусловленная их ветвлением и изменением строения обломочных серий по направлению от проксимальной к дистальной части конуса (см. рис. 3).

Так же, как и в конусах первого типа, строение карбонатно-глинистых клиноформ обусловлено сочетанием гравитационной и эвстатической цикличности. Эвстатические колебания уровня моря регулируют процесс формирования проградирующих клиноформных тел. Гравитационные процессы обуславливают различное строение карбонатных и глинисто-карбонатных отложений различных элементов клиноформ: транспортных и распределительных русел и межрусловых валов (рис. 4). Циклиты, обусловленные колебаниями уровня моря, являются причиной стратифицированности толщи. Регрессивным циклитам соответствует формирование наиболее мощных линз обломочных карбонатных отложений, в том числе гравелитов и брекчий.

Рис. 4. Схема строения седиментационных циклов карбонатных отложений в различных зонах конусов выноса. Продуктивные каменноугольные отложения. Тимано-Печорская провинция:

А – в дистальной части аккумулятивного конуса; *Б* – в русловой части аккумулятивного конуса; *В* – в межрусловых валах; *Г, Д* – в проксимальной части транспортного русла; *Е* – в дистальной части транспортного русла.

Плотные известняки (1-3): 1 – пелитоморфные; 2 – шламовые; 3 – крупнодетритовые; породы-коллекторы (4-5): 4 – обломочные; 5 – конгломераты и брекчии; 6 – глины и глинистые известняки



Таким образом, новыми перспективными объектами в карбонатных и глинисто-карбонатных формациях являются ловушки УВ в отложениях подводных конусов выноса. Парагенез обломочных пористых карбонатов с глинистыми и карбонатно-глинистыми породами, обогащенными органическим веществом, площади их распространения, а также наличие в них уже выявленных месторождений нефти и газа определяют перспективы поиска этих объектов. Сложное распределение обломочного материала на площади, наличие латеральных экранов (перемычек), сильная изменчивость фильтрационных и емкостных свойств на расстояниях, равных первым десяткам метров, создают большие проблемы при эксплуатации месторождений. В настоящее время требуется разработка методов их поисков, разведки и эксплуатации.

Библиографический список

1. **Седиментологическое** моделирование карбонатных осадочных комплексов / Под редакцией Н. К. Фортунатовой. М.: НИА-Природа, 2000. 249 с.
2. **Фортунатова Н. К.**, Швец-Тэнэта-Гурий А. Г., Воеводина И. Л. Отложения подводных конусов выноса – новый объект поисков залежей нефти и газа в карбонатных формациях // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. № 3, 1993. С. 8-14.
3. **Bouma A. H.** Sedimentation of some flysch deposits: A graphical approach to facies interpretation: New York, Elsevier. 1962. 168 p.
4. **Mutti E.** Turbidite sandstones. Agip. S.p. A.s. Donato Milanese Milan, 1992. P. 275.
5. **Pyrcz M.J.**, Catuneanu O., and Clayton V.D. Stochastic surface – based modeling of turbidite lobes. AAPG Bulletin, v. 89, No 2. 2005. pp. 177-191.

УДК 552.57

А. Е. Веницкий,

Всероссийский научно-исследовательский геологоразведочный институт
угольных месторождений (ВНИГРИуголь)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИЗОНАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОЩНОСТИ ПЛАСТА И ЗОЛЬНОСТИ УГЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Одним из важнейших вопросов методики разведки угольных месторождений, особенно на ее заключительных стадиях, является прогноз внутризональной изменчивости основных геолого-промышленных параметров – мощности угольного пласта и зольности угля в межскважинном пространстве. Выбор

способа прогноза производится в настоящее время не на основе генетических представлений о характере изменчивости этих параметров, а в соответствии со сложившейся традицией или путем подбора по критерию наилучшего соответствия значениям в точках наблюдения либо вообще произвольным образом. Применяются различные методы линейной и нелинейной интерполяции, крайгинг с применением схемы де Вийса, аппроксимации разного вида функциями обычно без какого-либо обоснования.

Системный подход открывает возможности для выявления механизма формирования внутренней структуры угольной залежи и, следовательно, характера изменения мощности пласта и зольности угля в межскважинном пространстве как результата функционирования некоторой локальной системы углеобразования. В качестве такой локальной системы рассматривается система углеобразования в пределах ограниченного бассейна или части бассейна с одинаковым комплексом влияния основных факторов (систем) внешней среды.

Совместное влияние этих факторов обуславливает в каждой точке бассейна торфонакопления параметры среды, в разной степени благоприятствующие или противодействующие функционированию биосистемы растений-углеобразователей, результатом которого является накопление, перераспределение и захоронение органического материала залежи.

Наблюдения над современным торфонакоплением в тропических прибрежно-морских и дельтовых болотах, в болотных системах зоны умеренного климата, а также над легко доступными для изучения торфяными месторождениями показывают, что их пространственная структура имеет так называемый проточно-островной характер. Актуалистический перенос проточно-островной концепции и других закономерностей структуры современных болотных систем на древнее торфонакопление использовался многими исследователями при палеогеографических реконструкциях [4, 9, 10 и др.].

На основе таких наблюдений и реконструкций были сделаны выводы о некоторых закономерностях внутриболотной дифференциации накапливавшегося органического и минерального вещества [3]:

➤ «Отмечается обычное уменьшение мощности торфа вдоль русел ручьев и рек, пересекающих торфяник, и наличие зоны повышенной мощности на некотором удалении от последних... Внутри торфяного массива изменения мощности определяются расположением и характером внутриболотной гидрографической сети ручьев и проточных топей...».

➤ «Дельтовые болота имеют мозаичную структуру, разделяясь речными руслами и береговыми валами. Наибольшей мощности слои торфа достигают вдали от дельтовых проток. По мере приближения к последним мощность торфа сокращается в связи с частыми заносами терригенным материалом».

➤ «Поступление в торфяную залежь минеральных компонентов (в растворенном и взвешенном состоянии) осуществляется постоянными и временными водотоками, вследствие чего зоны максимальной зольности пространственно совмещаются с их берегами. Здесь же создаются наилучшие условия водно-минерального питания для болотной растительности. Однако проточность тор-

фяных вод определяет повышенную аэрируемость торфяного слоя, что приводит к интенсивному разрушению органического вещества. Наконец, на участках с наиболее динамичным гидрологическим режимом вероятнее всего периодический занос торфяника слоями минерального осадка и формирование пластов сложного строения. В результате зоны максимумов зольности, с одной стороны, и мощности – с другой, могут не совпадать в пределах одного торфяного массива, а быть сдвинутыми относительно друг друга более или менее значительно в зависимости от конкретной гидрологической обстановки. В то же время эти зоны стремятся сохранить взаимную параллельность и общую ориентировку с основными топографическими элементами ландшафта. Можно полагать, что эта взаимная ориентированность сохраняется и при переходе торфяников в ископаемое состояние и углефикации».

На достаточно большом удалении от дельтовых проток мощность торфа может уменьшаться. По наблюдениям Дж. А. Р. Андерсона над прибрежными и дельтовыми болотами р. Реджанг на северном побережье Калимантана, где каждый остров в пределах дельты образует отдельную часть болота, ограниченную полосой мангров или прибрежных лесов, от берега каждого острова к его внутренней части наблюдается ухудшение условий для растительности. «Размеры деревьев уменьшаются, и они становятся более редкими. Центральные части острова, расположенные выше над уровнем вод, чем периферические, неблагоприятны для развития леса» [8].

Таким образом, наблюдения над современными процессами торфонакопления показывают довольно сложную картину зависимости мощности накапливающегося торфа и его засоренности минеральным компонентом от геоморфологической структуры бассейна. Поэтому даже при условии полной правомерности переноса вышеописанных соотношений на ископаемые угли не приходится ожидать ясной и однозначной картины зависимости между этими показателями при их картировании по результатам точечного опробования на разведочных площадях. Действительно, сопоставление карт распределения мощности угольных пластов и соответствующих карт зольности угля в геологических отчетах в большинстве случаев не дает возможности выявить какой-либо пространственной зависимости между этими параметрами. Лишь при специальных исследованиях на генерализованных планах больших структурных участков удается выявить локальную приуроченность основных параметров угольных пластов к наиболее крупным геоморфологическим элементам ложа бассейна [3, 4]. Однако детальная структура внутрибассейновой дифференциации органического и минерального вещества по этим данным не выявляется.

Причины этого, по нашему мнению, кроются не только в сложности и неоднозначности пространственных соотношений двух параметров, но и в несовершенстве методических приемов построения карт, используемых для их совместного анализа, а также в недостаточной последовательности в применении принятого методологического подхода. В методическом плане выявление внутрибассейновой структуры локальной системы с помощью совместного анализа карт параметров угольной залежи будет успешным лишь при использовании

современных приемов их создания. Неравномерность, особенно линейный характер размещения скважин в пределах площади исследуемой залежи или ее участка, искажает действительную картину трендов картируемых признаков и может быть компенсирована использованием приемов регуляризации сети («gridding»). Этими приемами также в значительной мере уменьшаются случайные погрешности опробования. В методологическом плане построению и совместному анализу таких карт должен предшествовать детальный ретроспективный анализ внутренней структуры локальной системы с оценкой воздействия различных факторов (подсистем) на ее эффективность в каждой точке площади локализации системы.

В качестве показателя эффективности системы примем накопленную мощность угольных пачек пласта. При этом будем иметь в виду, что параметр «мощность угольных пачек» отражает эффективность не только подсистемы накопления автохтонной органики, но и подсистемы приноса и распределения на площади бассейна аллохтонного органического вещества, а также других подсистем внешней среды, в разной степени формирующих в каждой точке благоприятствующие, противодействующие или нейтральные параметры.

Рассмотрим воздействие основных факторов дифференциации эффективности системы на ее параметры в каждой точке площади локализации бассейна в пределах стратиграфически однородной локальной зоны. В качестве таких факторов были приняты: глубина бассейна, водное питание, подвижность водной среды, минеральное питание, принос аллохтонной органики, минерального балласта и избыточная или неблагоприятная (угнетающая) минерализация.

С целью формализованного учета совокупного влияния этих семи факторов на основную функцию системы в каждой точке пространства ее локализации обозначим благоприятствующее влияние фактора как + 1, противодействующее как – 1 и нейтральное – 0. Алгебраическая сумма баллов по всем семи факторам в каждой точке бассейна торфонакопления будет схематично отражать уровень благоприятствования условий среды для выполнения системой ее основной функции.

Для того чтобы произвести эту оценку, следует структурировать площадь бассейна по зонам с одинаковыми условиями воздействия факторов внутрибассейновой дифференциации. Так как мы приняли в качестве эмпирической модели дифференциации этих условий модель внутрибассейновой сети постоянных и временных водотоков, логично выделить зоны с одинаковыми условиями применительно к разным участкам сети этих питающих залежь артерий.

По критерию однородности условий функционирования локальной системы нами было выделено шесть геоморфологических типов зон проточно-островной дифференциации бассейна торфонакопления:

- I. Наиболее удаленные от русел зоны бассейна.
- II. Руслу и прирусловые зоны сети водотоков в крайних частях бассейна.
- III. Межрусловые зоны в крайних частях бассейна.
- IV. Руслу и прирусловые зоны сети водотоков во внутренних частях бассейна.

V. Зоны замыкания русел сети водотоков (зоны их окончательной разгрузки).

VI. Межрусловые зоны («острова») во внутренних частях бассейна.

Каждая из выделенных структурно-морфологических зон характеризуется своим, присущим только ей сочетанием критериев основных факторов внутрибассейновой дифференциации по степени благоприятствования торфонакоплению. Очевидно также, что это соотношение может различаться в зависимости от типа бассейна: торфонакопление в прибрежно-морских условиях не идентично по скорости накопления, масштабу бассейна, степени внутренней дифференциации условиям внутриконтинентального бассейна. С учетом последнего обстоятельства рассмотрим краткую характеристику выделенных зон.

I. Наиболее удаленные от русел зоны бассейна. Описанный Дж. Андерсоном [8] эффект удаленности от питающих массив водотоков обуславливает отрицательные параметры всех благоприятствующих факторов внутрибассейновой дифференциации. Положительные для основной функции системы параметры неблагоприятных факторов (отсутствие или минимальные количества минерального балласта и избыточной минерализации водной среды) не могут перекрыть отрицательное воздействие малых глубин, недостаточной обводненности, дефицита вследствие этого минерального питания для растений и отсутствия приноса аллохтонной органики. В целом эти зоны наименее благоприятны как для накопления, так и для захоронения органического вещества. Образующиеся здесь маломощные, хотя и малозольные пласты угля обычно составляют площади забалансовых или неподсчитываемых запасов.

II. Русла и прирусловые зоны сети водотоков в окраинных частях бассейна. Расположенные на более возвышенных, по сравнению с внутренними зонами бассейна, участках рельефа, эти зоны при достаточной проточной обводненности в целом неблагоприятны для накопления органики из-за недостаточных глубин ее захоронения, избыточных количеств откладывающегося минерального балласта и смыва органического вещества водными потоками, которые переносят его вместе с приносимой извне аллохтонной органикой в более пониженные участки внутриболотного рельефа. В прибрежно-морских бассейнах при нагонах морских вод здесь, несмотря на значительную удаленность от береговой линии, все же могут создаваться условия неблагоприятной минерализации, питающей растения водной среды.

III. Межрусловые зоны в окраинных частях бассейна. Для внутриконтинентального типа бассейна эти зоны мало отличаются от прирусловых зон в окраинных частях, так как здесь создается достаточная проточная обводненность мелкими и временными потоками, стекающими в бассейн с окружающих возвышенных склонов и несущими минеральное питание и минеральный балласт, поэтому условия для накопления органики несколько более благоприятны. Для прибрежно-морских бассейнов вследствие меньшей контрастности рельефа дна бассейна и окружающей территории имеет место более сглаженная картина, характеризующаяся в целом нейтральными параметрами среды: меньшая обводненность и, соответственно, меньшая обеспеченность растений

минеральным питанием, меньшее количество откладывающегося минерального осадка, зато и некоторое количество откладывающейся аллохтонной органики. Однако из-за малых глубин бассейна условия для накопления органики в целом неблагоприятны. В бассейнах современного торфонакопления этим зонам можно поставить в соответствие зоны накопления верховых торфяников относительно небольшой мощности, малозольных и малосернистых в прибрежно-морских бассейнах и более высокозольных во внутриконтинентальных бассейнах.

IV. Русла и прирусловые зоны сети водотоков во внутренних частях бассейна. Эти вытянутые зоны в целом определяют внутреннюю структуру торфяной залежи. Благоприятные значения параметров глубины бассейна, водного и минерального питания растений в значительной мере нейтрализуются неблагоприятными условиями по факторам аллохтонной органики, минерального балласта, а для прибрежно-морского типа бассейна - и периодическим возникновением неблагоприятной минерализации водной среды вследствие прорывов морских вод. В целом условия накопления органики можно признать сравнительно благоприятными для бассейнов внутриконтинентального типа и нейтральными для прибрежно-морских бассейнов.

V. Зоны замыкания русел системы водотоков (зоны их окончательной разгрузки). Это зоны с наибольшими глубинами болотного массива, где происходит окончательная разгрузка и осаждение мелкодисперсной и гелевидной аллохтонной органики, за счет чего, особенно во внутриконтинентальных бассейнах, создаются наибольшие мощности торфяного слоя. В то же время это зоны с малоподвижной водной средой, где возможно возникновение дефицита минерального питания для растений, что отрицательно сказывается на количестве автохтонной составляющей накапливающейся органики. Однако возможные неблагоприятные или нейтральные значения этого фактора с лихвой перекрываются благоприятными параметрами остальных факторов, и в целом зоны замыкания русел являются весьма благоприятными для основной функции системы.

VI. Межрусловые зоны («острова») внутренних частей бассейна. В отличие от предыдущих зон имеют более изометричную форму и являются весьма благоприятными для торфонакопления. В прибрежно-морских бассейнах при малой обводненности в центральных частях наиболее крупных островов возможно уменьшение мощности торфа по сравнению с более близкими к проточным зонам участками как за счет ухудшения водно-минерального питания растений, так и за счет уменьшенного приноса аллохтонной органики.

Формализованная (балльная) оценка структурно-геоморфологических зон бассейна отдельно для прибрежно-морского и внутриконтинентального типов торфонакопления приводится в таблице. Приведенные в ней баллы для разных структурно-геоморфологических зон получены как средние показатели благоприятствования при экспертной оценке. Для обоих типов бассейна упорядочение структурно-геоморфологических зон по суммарному баллу получилось одинаковым, хотя контрастность ряда по этому показателю для внутриконтинентального типа оказалась выше за счет более высоких положительных баллов

Оценка структурно-геоморфологических зон бассейна торфонакопления по степени благоприятствования основной функции системы, баллы

Факторы внутрибассейновой дифференциации	Структурно-геоморфологические зоны бассейна					
	1. Удаленные от русел зоны бассейна	II. Руслу и прирусловые зоны водотоков в окраинных частях бассейна	III. Межрусловые зоны в окраинных частях бассейна	IV. Руслу и прирусловые зоны сети водотоков во внутренних частях бассейна	V. Зоны замыкания русел системы водотоков (зоны окончательной разгрузки)	VI. Межрусловые зоны внутренних частей бассейна
<i>А. Прибрежно-морской тип бассейна</i>						
Глубина бассейна	-1	0	-1	+1	+1	0
Водное питание	-1	+1	0	+1	+1	+1
Подвижность водной среды	-1	-1	0	0	0	+1
Минеральное питание	-1	+1	0	+1	-1	+1
Аллохтонная органика	-1	-1	0	-1	+1	+1
Минеральный балласт	+1	-1	0	-1	+1	+1
Избыточная или неблагоприятная минерализация	+1	-1	0	-1	-1	-1
Суммарный балл по степени благоприятствования	-3	-2	-1	0	+2	+4
<i>Б. Внутриконтинентальный тип бассейна</i>						
Глубина бассейна	-1	-1	-1	+1	+1	+1
Водное питание	-1	+1	+1	+1	+1	+1
Подвижность водной среды	-1	-1	0	0	0	+1
Минеральное питание	-1	+1	+1	+1	+1	+1
Аллохтонная органика	-1	-1	-1	-1	+1	+1
Минеральный балласт	+1	-1	0	-1	+1	0
Избыточная или неблагоприятная минерализация	+1	0	0	0	0	0
Суммарный балл по степени благоприятствования	-3	-2	0	+1	+5	+5

по наиболее благоприятным зонам внутренних частей бассейна. Это согласуется с генетически обусловленными особенностями распределения мощности пластов во внутриплатформенных болотных массивах – их гораздо большими значениями в центральных частях по сравнению с прибрежно-морскими торфяниками.

Представленная модель структурно-геоморфологической дифференциации вещества в пределах локальной системы отражает описанные исследователями особенности современного торфонакопления [3, 5, 8, 9]. Это дает право распространить ее и на бассейны древнего торфонакопления, чтобы использовать для реконструкции их внутренней структуры путем совместного анализа карт мощности угольного пласта и зольности угля.

Основой для реконструкции системы внутренних питающих водотоков бассейна торфонакопления служит карта распределения зольности угольных пачек пласта. Дополнительным материалом служат построенная при тех же параметрах карта мощности угольных пачек и, в случае малого влияния постгенетической тектоники, карта гипсометрии почвы пласта.

Наиболее показательным для изучения закономерностей внутризонального распределения вещества в локальной угольной залежи представляется тип внутриконтинентального угленакопления вследствие в целом большей контрастности внутренней структуры бассейна по сравнению с прибрежно-морским типом.

На рис. 1, 2 представлена реконструкция системы водотоков бассейна торфонакопления для пласта II Рыжановского бурогоугольного месторождения в Днепровском бассейне. Отсутствие сколько-нибудь значительных постгенетических изменений формы и структуры залежи дает возможность проследить генетически обусловленные взаимосвязи между тремя основными параметрами месторождения: мощностью пласта, зольностью угля и глубиной почвы пласта.

На карте распределения зольности угольных пачек (см. рис.1, а) утолщенной линией выделена изолиния, соответствующая значению средней зольности. По ее конфигурации отчетливо вырисовывается вытянутый характер зон повышенного содержания минерального компонента в угле. Эти зоны в соответствии с приведенным выше анализом можно отождествить с руслами внутренних водотоков, по которым приносилось в бассейн и распределялось с водами пресноводных стоков минеральное и органическое вещество. Прерывистыми (штриховыми) линиями на карте выполнена трассировка этих русел.

Хорошо видно, что материал поступал в замкнутый бассейн с разных сторон, однако все-таки в большей степени с юга и с запада. По мере продвижения к центральной части торфяного болота скорость водотоков падала, они начинали ветвиться. В краевых частях бассейна происходила разгрузка большей (крупнозернистой) части минерального стока. Поэтому по периферийной части залежи локализуются изолинии 40-50 %-ной зольности угля. Во внутренних частях болота при падении скорости водотоков происходила последовательно разгрузка мелкозернистого, суспензированного минерального вещества. В более застойные центральные зоны минеральное вещество доставлялось водами «процеженным» через заросли в растворенном виде. Здесь существовали

наиболее благоприятные условия для водного и минерального питания торфообразующих растений, а также происходила разгрузка более легкой разложившейся (гелеобразной) и полуразложившейся органики, сносимой водотоками с окружающих водораздельных пространств.

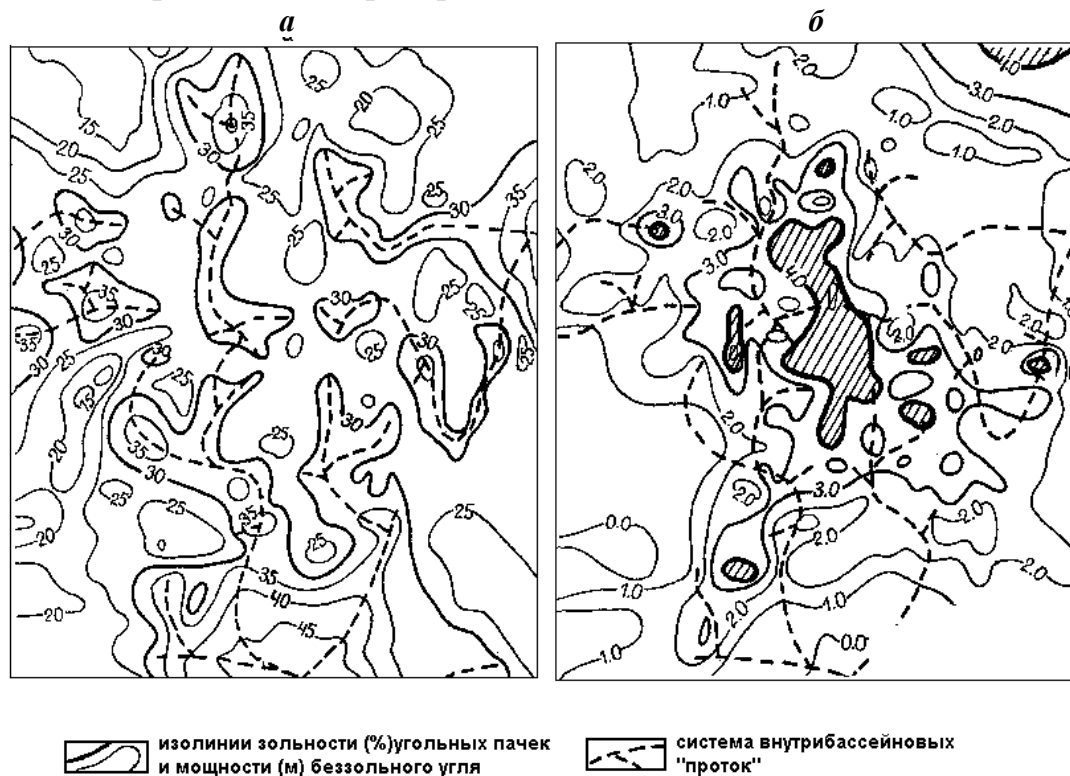


Рис. 1. Схема распределения зольности угля (а) и мощности (б) угольного пласта II в пределах Рыжановского месторождения Днепропетровского бассейна.

Заштрихованы площади с мощностью пласта > 4 м

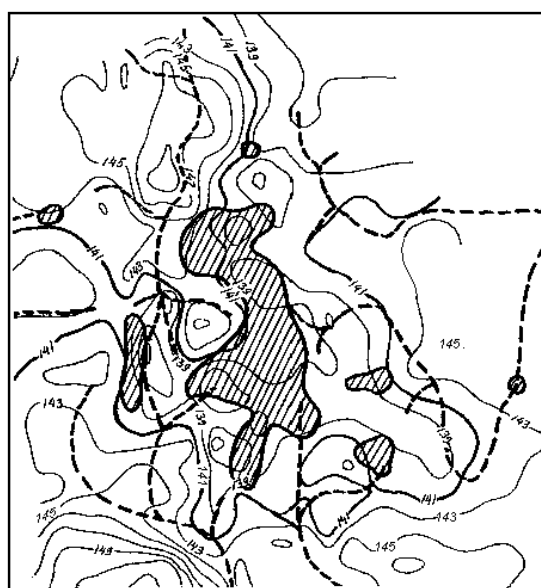


Рис. 2. Гипсометрический план почвы пласта II на Рыжановском месторождении (условные обозначения см. на рис. 1)

Таким образом, наиболее благоприятные условия для накопления органического вещества складывались там, где заканчивались русла водотоков, в центральных частях болота. Это легко увидеть, если реконструированную систему внутриболотных водотоков перенести на карту изолиний мощности угольного пласта (см. рис. 1, б). Очевидна также приуроченность окончаний трасс русел водотоков к наиболее пониженным участкам дна бассейна (см. рис. 2). Наибольшие мощности угольного пласта в пределах залежи с реконструированной системой внутриболотных водотоков наблюдаются там, где сходятся окончания нескольких ру-

сел. Это хорошо видно на рисунке, где зоны, оконтуренные изопахитой 4 м, не только в центральной, но и в периферийных частях залежи с разных сторон «подпитываются» завершениями русел водотоков.

Такие же закономерности внутрибассейновой локализации органического и минерального вещества подтвердились и при реконструкции внутренней структуры локальных бассейнов для других угольных залежей, образовавшихся во внутриконтинентальных условиях.

Угленакопление в прибрежно-морском бассейне, подчиняясь тем же закономерностям проточно-островной генетической модели, отличается некоторыми существенными особенностями по сравнению с бассейном внутриконтинентального типа. Растительная биосистема заболоченной прибрежно-морской равнины с малыми перепадами отметок, с широкой полосой торфонакопления и сравнительно невысокой скоростью прерывистого погружения субстрата, генерировала органическое вещество относительно равномерно по площади, вероятно, с большим участием фактора аллохтонного перераспределения при отмирании и захоронении растительности. Это обусловило гораздо более сглаженную по сравнению с внутриконтинентальным типом картину дифференциации органического и минерального компонентов в пределах однородных по условиям торфонакопления зон на больших площадях. Другой особенностью торфонакопления в прибрежно-морском бассейне являлось периодическое влияние нагонов морских вод, обусловившее зональность и также более сглаженную картину распределения минерального компонента на площади распространения торфяного массива.

Особенности картирования структуры внутрибассейновой дифференциации локального бассейна в прибрежно-морских условиях углеобразования были рассмотрены нами на примере реконструкции внутриболотной сети водотоков палеобассейна торфонакопления одного из пластов свиты C_2^5 в Шахтинско-Несветаевском районе Донбасса [1]. Карты-схемы распределения зольности угольных пачек и мощности беззольного угля (мощности пласта, уменьшенной на величину доли минеральной составляющей) пласта k_2^4 в пределах площади с однородным стратиграфическим объемом пласта показали практически полную сходимость в расположении «островов» и «протоков».

Сложная пространственная морфологическая структура угольных залежей в прибрежно-морских бассейнах неоднократно делала их объектами апробации различных генетических концепций. В 60-70-е годы среди геологов получили распространение представления о сложнопериодическом (волновом) характере площадных изменений мощности угольных пластов. М. И. Ритенберг (1965) на основе эмпирически установленных закономерностей волнообразного изменения параметров угольных пластов выполнила прогнозное картирование мощности ряда пластов в Донецком бассейне. В. Н. Волков (1971, 1973), основываясь на теоретических взглядах Ю. А. Жемчужникова, Г. А. Иванова и А. В. Македонова о связи волнообразных изменений мощности с волновым характером тектонических движений, выделил три компоненты изменчивости мощности угольных пластов и дал им генетическую интерпретацию. Детальное изуче-

ние изменчивости пластов с расчленением на компоненты проводилось В. Н. Волковым по профилям, построенным по данным горных работ, для нескольких пластов Центрального Донбасса.

Большая работа по расшифровке региональной геоморфологической структуры бассейна торфонакопления ряда пластов Восточного и Центрального Донбасса была выполнена Л. Я. Кизильштейном и др. [3, 4]. При этом использовались не только данные исследования морфологии пластов и зольности угля, но и результаты изучения распределения серы, редких и рассеянных элементов, степени восстановленности угля, фациального состава вмещающих пород. Все они оказались коррелятивно связанными с конфигурацией гидрографической сети и региональной геоморфологической зональностью прибрежно-морской равнины. Оказалось, что региональная гидрографическая сеть бассейна углеобразования практически полностью унаследует сеть аллювиальных водотоков, существовавших в предшествовавший торфонакоплению период. Это свидетельствует о долговременной преемственности общего геоморфологического плана территории. Ниже нами будет показано, что эта преемственность сохраняется и на локальном уровне исследования дифференциации бассейна - трассировка основных внутриболотных водотоков унаследует в смежных выше лежащих угольных пластах.

Своеобразную систему взглядов на морфоструктуру угольных залежей разработал Т. А. Ягубянец [7]. Основой ее является положение о дискретном характере вертикальной и латеральной структуры угольного пласта, конструируемой из различных сочетаний элементарных морфоструктурных единиц – «антраколитовых слоев» (линз), которые ассоциируются в геологические тела более высоких уровней организации. Характерно, что картирование «антраколитовых» линз одного стратиграфического уровня, разделяемых узкими безугольными зонами, показывает мозаичную структуру, характерную для проточно-островной модели.

Несмотря на различие генетических концепций, разные авторы идентично представляют процесс формирования пласта [2, 6, 7].

Для первой стадии, при образовании нижних горизонтов пласта, характерны: пространственно отделенные друг от друга «антраколитовые» линзы (Т. А. Ягубянец), торфяники на ограниченных «островных» площадях (А. В. Македонов), угольные (торфяные) слои в виде отдельных линз (В. Н. Волков).

Для второй стадии характерно: увеличение площадных размеров средних «антраколитовых» линз (Т. А. Ягубянец), накопление основных (средних или средних и верхних) частей разреза - крупных участков сплошного торфяника с относительно небольшой долей прорезающих его перемычек (В. Н. Волков), слияние «островов» в более обширные поля прибрежных торфяников (А. В. Македонов). На третьей стадии отмечается уменьшение площади верхних «антраколитовых» линз, частичное уничтожение их эрозионными размывами (Т. А. Ягубянец), неодновременность окончания накопления верхних, обычно мало мощных угольных слоев с участием последующего размыва верхних горизонтов залежи (В. Н. Волков).

Изучение В. В. Кирюковым и Г. Ф. Кузьминым закономерностей современного прибрежного и внутриконтинентального торфонакопления Северо-Запада России [5] показывает ту же последовательность процесса: заболачивание и заторфовывание пространственно отделенных суходолов и мелководных бассейнов, слияние их на площади при разрастании с заполнением всей депрессии или части прибрежной равнины и объединение в мегасистему, рост новых вершин и усложнение более крупной болотной системы с волнисто-выпуклой поверхностью торфяников.

Как видим, проточно-островная дифференциация бассейна торфонакопления не являлась постоянной, не изменяющейся на протяжении времени функционирования системы, а менялась, сохраняя, тем не менее, унаследованность основной картины локализации органического и минерального материала. На первом этапе имело место торфонакопление в разрозненных пониженных участках рельефа бассейна. На втором этапе, в основное время формирования залежи, происходило укрупнение «островов» вплоть до полного слияния по сравнению с начальным периодом существования болотной системы. На заключительном этапе существования болотного массива происходило уменьшение их размеров за счет расширения сети «проток». В результате такой последовательности процесса создавалась многопорядковая неоднородность морфологической структуры с более изометричными участками повышенного накопления малозольных разностей, фрактально ассоциирующимися в более крупные подобные им зоны, и более узкими разделяющими их более зольными и маломощными «протоками» также разных порядков.

Адекватность проточно-островной модели подтверждается и выполненным нами совместным анализом модифицированных карт мощности угля и зольности угольных пачек по месторождениям не только Донбасса, но и других бассейнов прибрежно-морского типа. При этом часто отмечается характерная близость размещения основных «проток» и «островов» на картах, построенных для смежных угольных пластов. На рис. 2 и 3 приведены реконструкции размещения основных внутренних водотоков бассейнов древнего торфонакопления пластов k_{13} и k_{14} на Саранском участке Карагандинского бассейна. Локализация трасс водотоков на обоих участках вполне сопоставима. Узнаваемой остается реконструированная структура бассейна и в вышележащих пластах. Однако чем дальше по разрезу друг от друга располагаются сопоставленные пласты, тем менее узнаваемой становится их рисовка, что свидетельствует о постепенном временном преобразовании морфоструктуры бассейна.

Таким образом, выявляется свойство гомеостаза системы – сохранения унаследованности ее структуры не только в течение времени формирования одного угольного пласта, но и во время образования угольных пластов последующих циклов угленакопления, с постепенной трансформацией конфигурации сети в каждом из следующих по времени образования угольных пластов.

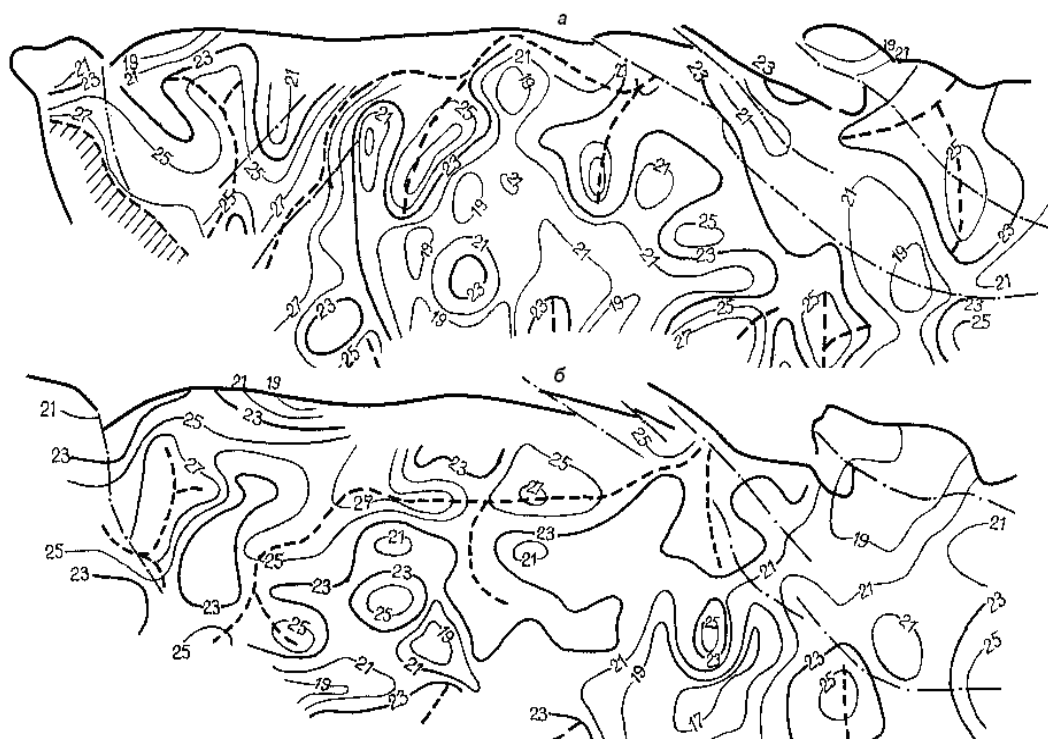


Рис. 3. Схема распределения зольности угля пластов k_{14} (а) и k_{13} (б) Саранского участка в Карагандинском бассейне (обозначения см. на рис. 1)

Таким образом, выявляется свойство гомеостаза системы – сохранения унаследованности ее структуры не только в течение времени формирования одного угольного пласта, но и во время образования угольных пластов последующих циклов угленакопления, с постепенной трансформацией конфигурации сети в каждом из следующих по времени образования угольных пластов.

Выполненный анализ структуры локальной динамической системы углеобразования приводит к заключению о взаимообусловленности пространственного распределения геолого-промышленных параметров пласта – его мощности и зольности угля - в границах однородных в структурном и морфологическом отношении участков. Внутрizonальная изменчивость этих двух главных геолого-промышленных параметров вполне поддается объективному изучению и прогнозу на основе многокомпонентно-волновой модели. Это позволит более обоснованно подходить к выбору параметров рабочих органов современных добычных комплексов при проектировании технологии отработки угольных пластов.

Библиографический список

1. Богачева Л. Д., Веницкий А. Е. Взаимосвязь зольности угля и мощности угольных пластов в Шахтинско-Несветаевском районе // Советская геология. 1977. № 3. С. 144-147.
2. Волков В. Н. Генетические основы морфологии угольных пластов. М.: Недра, 1973. 186 с.

3. Кизильштейн Л. Я. Генезис серы в углях. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1975. 198 с.

4. Кизильштейн Л. Я., Серебрякова И. Т. Реконструкция условий древнего торфонакопления на основании изучения морфологии и вещества угольных пластов // Литология и полезные ископаемые. 1973. № 4. С. 78-85.

5. Кирюков В. В., Кузьмин Г. Ф. Торфяные месторождения Северо-Запада России (Опыт исследования начальной стадии твердых горючих ископаемых на рубеже XXI века) // Изучение, воспроизводство, ресурсы и охрана, 27-30 сентября 1999 г. Всероссийское угольное совещание, г. Ростов-на-Дону: Тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 1999 г. С.84-85.

6. Македонов А. В. Закономерности современного потенциального углеобразования и парагенезис фаций современных аналогов угленосных формаций // Основные закономерности строения и образования угленосных формаций и методы прогноза угленосности. Л.: Недра, 1985. С. 105-123.

7. Морфоструктурный анализ угольных залежей / Мин-во геол. СССР, Всесоюзн. науч.-исслед. геол. развед. ин-т угольных м-ний / Составитель Т. А. Ягубянец. М.: Недра, 1988. 126 с.

8. Anderson I. A. The Flora of the Peat Swamp Forests of Sarawak and Brunei, including a catalogue all recorded species of flowering plants, ferus and ferns allies, Gardens' Bull/ Singapore. 20, 131-288, 1963.

9. Cohon A.D., Stach E.M. Some obserwations regalding the potential effects of tropical peat deposits on the composition of coal// Int. J. Coal Geol. - 1996.- 29, № 1-3. 39-65.

10. Teichmuller R. Über Küstenmoore den Legenwart und die Moore des Ruhrcarbons/ Geologisches Jahrbuch/ Bd. 71, 1956. S.145-170.

УДК 581.526.33+551.312.2+552.577+551.48:551.481.2

Г. Л. Макаренко,

Тверской гос. технический университет

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Более 1/5 территории России – оторфованные площади с общим количеством выявленных торфяных месторождений более 65 тысяч, на которых сосредоточены запасы торфа в количестве 186 млрд тонн (около 37 % от мировых запасов торфа) на общей площади в 80,5 млн га (данные на 1.01.98 г.) (рис. 1).

С одной стороны, болото представляет собой биологический ресурс в живом естественном состоянии (растительный покров и его обитатели, поддержи-

вающий саморазвитие болотной экосистемы), с другой – природное полезное ископаемое – образование в форме геологического тела (торфяное месторождение).

Биогенное осадконакопление избыточно увлажненных участков суши связано с развитием болотообразовательного процесса и процесса торфонакопления. Известный исследователь болот А. Д. Дубах (1936, 1944) первый обратил внимание на особенности болота как природного образования, отличного и от суши, и от водоемов. Впервые взгляд на болото как на природное единство, закономерно складывающийся и живущий географический ландшафт, или эпипитип, был высказан Р. И. Аболиным [1]. Несколько позднее В. Н. Сукачев рассматривал болото «как определенный тип земной поверхности, где факторы литосферы, педосферы, атмосферы и биосферы в своем взаимодействии создают одно целое, один определенный ландшафт» [9, с. 6]. К настоящему времени существует множество определений болота, даваемые в разные годы известными болотоведами [Р. И. Аболин, 1914; В. С. Доктуровский, 1922, [2]; И. Д. Богдановская-Гиенев, 1946; Н. Н. Ниценко, 1967; А. А. Ниценко, 1967; В. В. Мазинг, 1974; С. Н. Тюремнов, 1976; М. С. Боч, В. В. Мазинг, 1979; Н. И. Пьявченко, 1980, 1985; Г. А. Елина, 1981; В. Д. Лопатин, 1985; Н. А. Березина, О. Л. Лисс, С. Самсонов, 1989; И. И. Дедю, 1990; А. М. Владимиров, Ю. И. Ляхин, Л. Т. Матвеев и др., 1991].

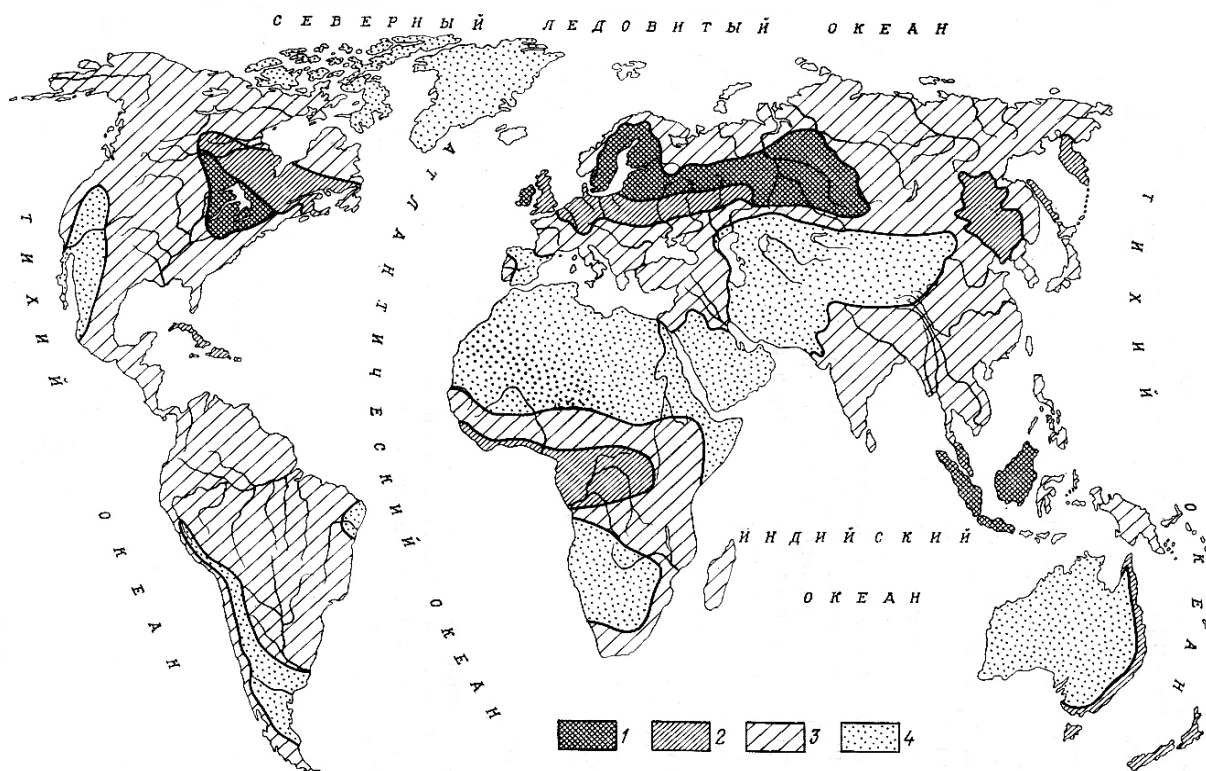


Рис. 1. Схема распределения запасов торфа в мире:

1 – высокая степень концентрации (более 30 тыс. т на 1 км²); 2 – средняя (от 10 тыс. т на 1 км² до 30 тыс. т на 1 км²); 3 – низкая (менее 10 тыс. т на 1 км²); 4 – незаторфованные площади [10]

На современном этапе развития исследований, с учетом ранее данных определений, болото рассматривается как географический ландшафт, который возникает и развивается под влиянием факторов среды и растительности, характеризуется постоянной или периодической избыточной влажностью, гидрофильностью надпочвенного растительного покрова, особым типом почвообразовательного процесса, накоплением торфа не менее 30 см в неосушенном состоянии и 20 см – в осушенном виде. Болота – сложная развивающаяся экосистема, участвующая в гидрологическом и биологическом балансе территории; особый тип биома, промежуточный между сушей и водоемом [8].

Лес, болото, озеро – это прежде всего генетически целостная система (в виде природно-территориальных комплексов – геосистем), представляющая сложное и динамичное единство живой и неживой материи, находящееся в состоянии разнообразных взаимодействий и взаимоотношений, составляющих содержание процессов их жизни (биогеоценотические системы) [6]. Это разнообразие сводится к трем основным группам факторов: биологическим свойствам древесных пород, болотных растений и гидробионтов (естественная составляющая); соотношению мощностей почвенного слоя, составу и природным свойствам его отложений (ископаемая составляющая – минеральная почва, торфяные отложения, сапропелевые отложения); условиям среды их существования при определяющем значении последнего. Эти биогеоценотические системы находятся в непрерывном развитии, изменении, источником которых являются противоречия, возникающие между различными средами, растительными организмами и средой (рис. 2).

Начиная с XIX столетия было предложено немало типологических схем и классификаций болот. По Н. И. Пьявченко [7], одни из них базировались на степени обводнения (Л. Лескере), вторые – на форме поверхности и местоположении в рельефе (К. Вебер), третьи – на характере водного питания, растительном покрове и некоторых других признаках (Г. И. Танфильев), четвертые – на эколого-фитоценотических признаках (В. Н. Сукачев, Р. И. Аболин), пятые – на географо-фитоценотических (Ю. Д. Цизерлинг, Н. Я. Кац), шестые – на ландшафтно-географических признаках (Е.А. Галкина и др.). Почти в каждой схеме и классификации авторы стремились охватить и подчеркнуть главнейшие признаки болота как единого комплекса. В соответствии с ландшафтно-морфологическими условиями количественные и качественные характеристики болотных ландшафтов формируются в условиях сложного взаимодействия самых различных по происхождению факторов. Даже болотные биогеоценотические системы, расположенные в одинаковых климатических условиях, но имеющие разные характеристики геолого-геоморфологического строения минерального субстрата, его генезиса, местоположения в рельефе, характера водно-минерального питания, типа болотного почвообразования, могут отличаться не только развитием болотообразовательного процесса, но и условиями торфо-накопления.

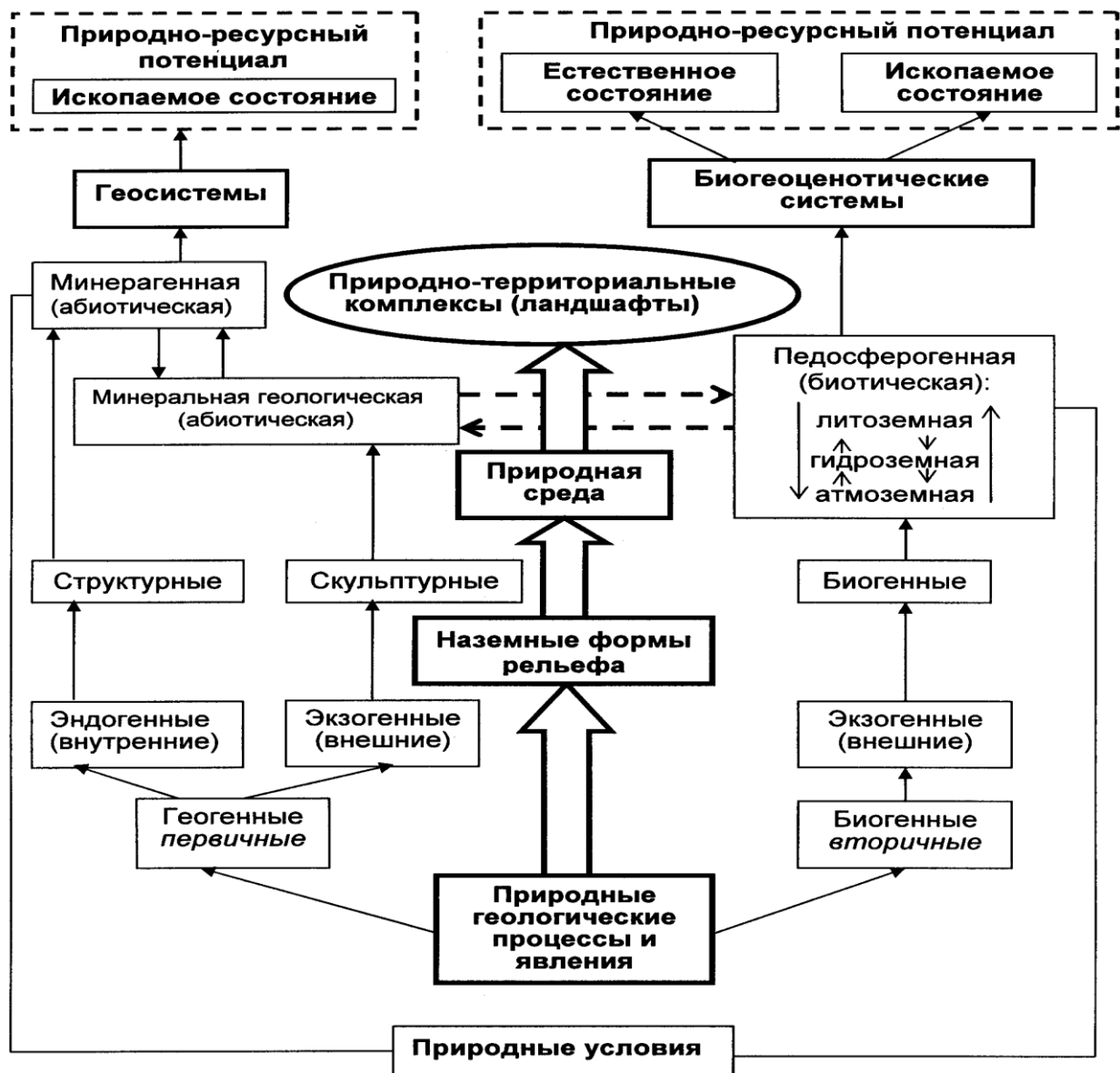


Рис. 2. Основные пути и этапы развития наземных природно-территориальных комплексов

По Н. Я. Кац, распределение современного растительного покрова болот земного шара подчинено периодическому закону географической зональности [3]. Однако отсутствует анализ распределения характеристик ископаемой составляющей болот. В процессе исследований показано, что вся ритмика территориального размещения болотных биогеоценозов на поверхности суши Земли по запасам торфа и заторфованности территории адекватна ритмике тепла и увлажнения и также подчинена периодическому закону географической зональности (рис. 3). Это прежде всего следует связывать с единством среды произрастания подземных органов растительного покрова болот со средой частичного разложения отмершей растительной массы в ДЧЗ залежного слоя болота.

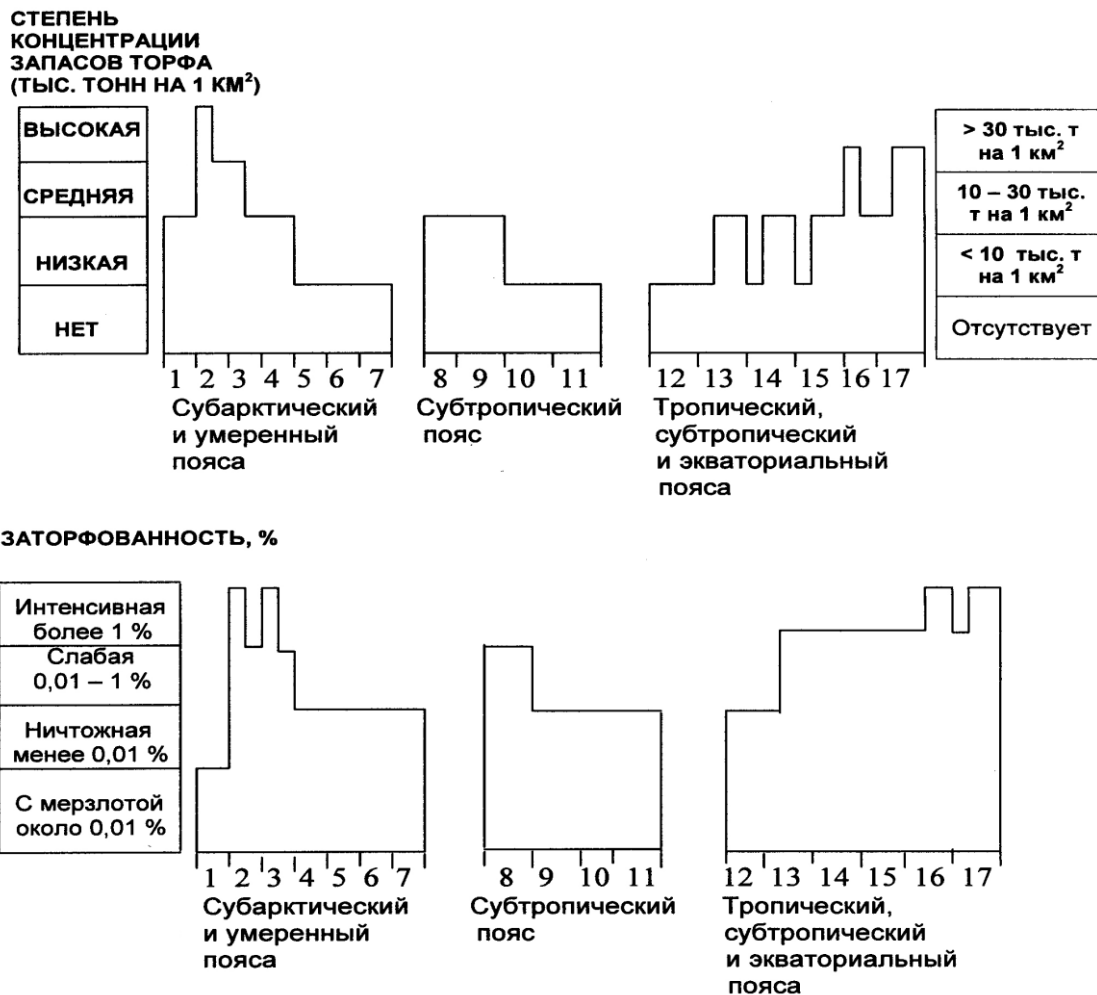


Рис. 3. Географическая зональность ресурсной составляющей торфяных месторождений [4]:

1- тундра; 2 – тайга; 3 – смешанные и широколиственные леса; 4 – лесостепи; 5 – степи; 6 – полупустыни; 7 – пустыни умеренного пояса; 8 – вечнозеленые леса; 9 – субтропические степи; 10 – субтропические полупустыни; 11 – субтропические пустыни; 12 – тропические пустыни; 13 – опустыненные саванны; 14 – кустарниковые саванны; 15 – саванновые леса; 16 – субэкваториальные леса; 17 – экваториальные леса (гилеи)

Минеральная геологическая среда как водопроницаемая капиллярно-пористая система изначально является средой формирования и закономерностей последующего развития болотного биогеоценоза (биогенное осадконакопление – болотообразовательный процесс и процесс торфонакопления) на поверхности суши Земли, где в последующем имели место природные геологические процессы и явления как результат прямого соприкосновения и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы при последующей максимальной насыщенности органической жизнью в условиях избыточного увлажнения территории за счет наличия горизонта подвижной капиллярной каймы. По мнению автора, по данной проблеме в этом направлении существовал разрыв. В процессе системного анализа выяснилось, что минеральная геологическая среда, независимо от генезиса, по фракционному составу представляет собой раздробленный обломочный раздельнозернистый или трещиноватый ма-

териал. Как энергетически ослабленная зона изначально является субстратом наземных форм жизни на суше и областью минерального питания болотных растений [5]. Несмотря на то, что область питания грунтовой воды совпадает с областью ее распространения, болото- и торфообразовательный процесс на поверхности суши получает развитие только там, где присутствует горизонт подвижной капиллярной каймы. В совокупности с другими общепринятыми элементами экотопа минеральная геологическая среда является материально-энергетической базой по поставке веществ и энергии, на основе которых работает живая часть биогеоценотической системы – биотоп и его элементы. Поэтому при разработке классификации болотных биогеоценозов в качестве физической основы была принята минеральная геологическая среда, в итоге определившая обстановку и условия возникновения и развития болотообразовательного процесса и процесса торфонакопления. В соответствии с классификацией болотные биогеоценозы, занимающие различные участки поверхности суши, подразделены на три основные группы – региональные, локальные и линейные [4].

Региональные болотные биогеоценозы приурочены к геологическим средам, имеющим площадное распространение. Локальные болотные биогеоценозы имеют ограниченное распространение и развиты на локализованных геологических средах, занимающих небольшие по площади участки поверхности суши. Линейные болотные биогеоценозы характерны для геологических сред, образующих разветвленную сеть на поверхности суши. Такой подход к построению классификации позволяет рассматривать болота как некую природную систему (экосистему), которая определяет новые закономерности территориального размещения, генезиса, условий залегания, стратиграфии отложений залежного слоя и дает возможность их районирования на основе выделения природных границ.

Избыточную увлажненность поверхности суши, развитие болото- и торфообразовательного процесса в наземных условиях определяет наличие вблизи поверхности подвижного горизонта капиллярной каймы (ПГКК) [4, 5]. Капиллярные силы практически не меняют структуры воды, и поэтому капиллярная вода по своим физическим свойствам практически не отличается от свободной и удерживается в горной породе силами поверхностного натяжения, образующимися на границе фаз вода – воздух – твердая поверхность. Каждая из разновидностей сред ПГКК минеральной геологической среды или динамической части залежи болота (ДЧЗ), исходя из особенностей их водно-физических свойств, обуславливает вполне конкретную гидродинамическую и гидрохимическую обстановку, условия как питания подземных органов живых растений, так и условия разложения отмершей растительной массы (рис. 4, поз. 2, 3, 4). Кроме этого, по мнению автора, с этим могут быть связаны развитие и рост определенных растительных группировок и формирование определенных форм микрорельефа поверхности болота (рис. 5, 6). В ДЧЗ помимо условий и среды прорастания болотных растений-торфообразователей (подземные органы), при действии тесно взаимосвязанных природных факторов (физического, биологического и химического), е д и н о в р е м е н н о идет активный и сложный процесс их

неполного разложения в отмершем состоянии и превращения в торфяные отложения, закладывающий основу развития и увеличения мощности СЗС [4]. Процесс биогенного образования микрорельефа сфагновых болот определенным образом связан с поведением ПГКК. Участки наиболее высокого поднятия капиллярной воды образуют локальные области разгрузки, характеризую местное фильтрационное стекание атмосферных вод (см. рис. 5, 6). В этих условиях независимо от степени трофности болотной среды формируются положительные формы микрорельефа (кочки, повышения, гряды) с характерными особенностями анатомического строения листьев кочковых сфагновых мхов, отличающихся крупными капиллярными порами (см. рис. 5). Напротив, участки низкого поднятия капиллярной воды образуют транзитно-аккумулятивную сеть горизонтально-беспорядочного или ориентированного многопоточного передвижения болотной воды с формированием отрицательных форм микрорельефа (понижения, мочажины) и характерными особенностями анатомического строения листьев сфагновых мхов, отличающихся мелкими капиллярными порами (см. рис. 6).

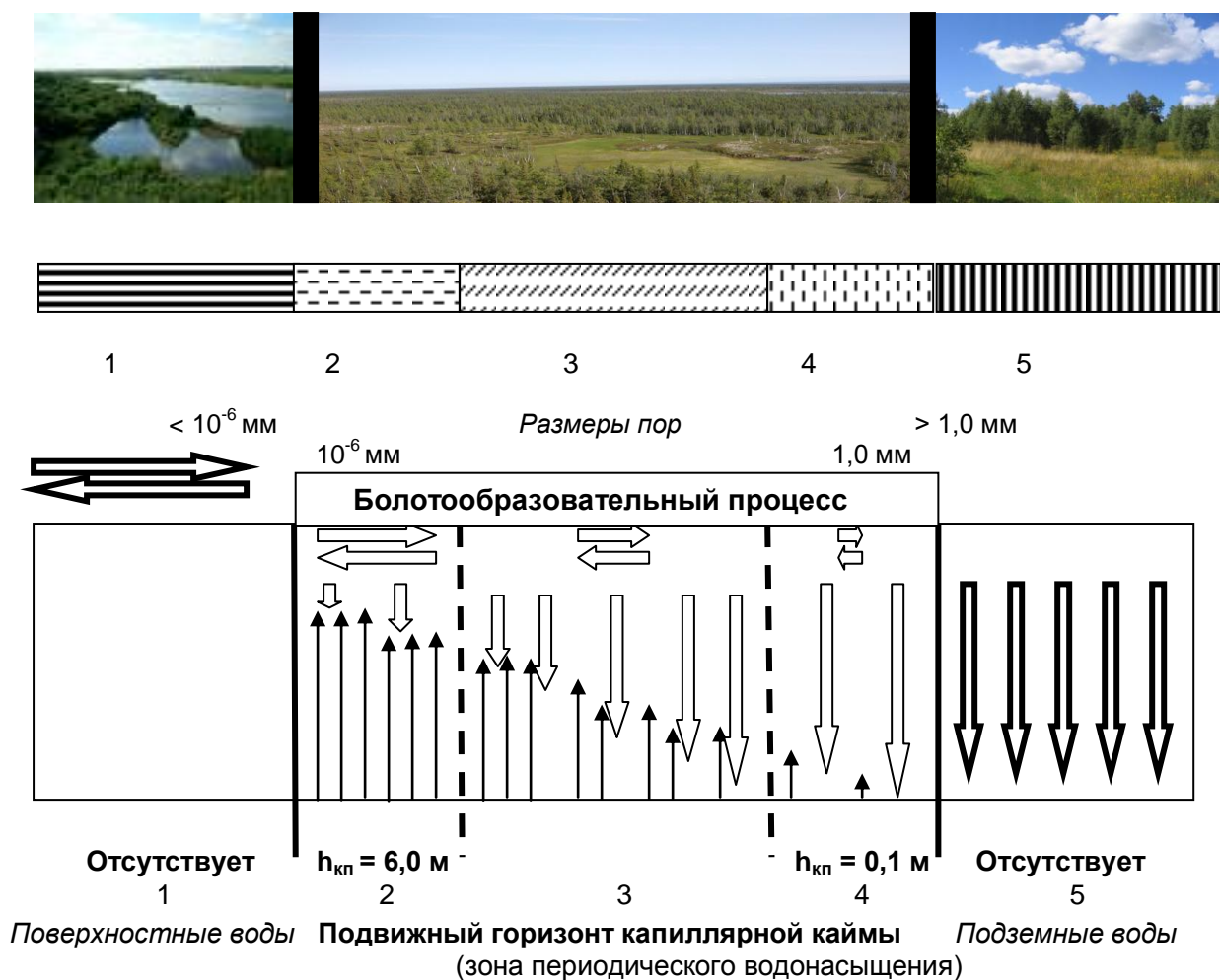


Рис. 4. Обобщенная модель водно-физических свойств минеральной геологической среды поверхности суши:

наименование сред: 1 – микропористая (водоупор), 2 – высококапиллярно-пористая, 3 – среднекапиллярно-пористая, 4 – низкокапиллярно-пористая, 5 – макропористая; $h_{кп}$ – высота капиллярного поднятия. Стрелки указывают основные направления передвижения природной воды

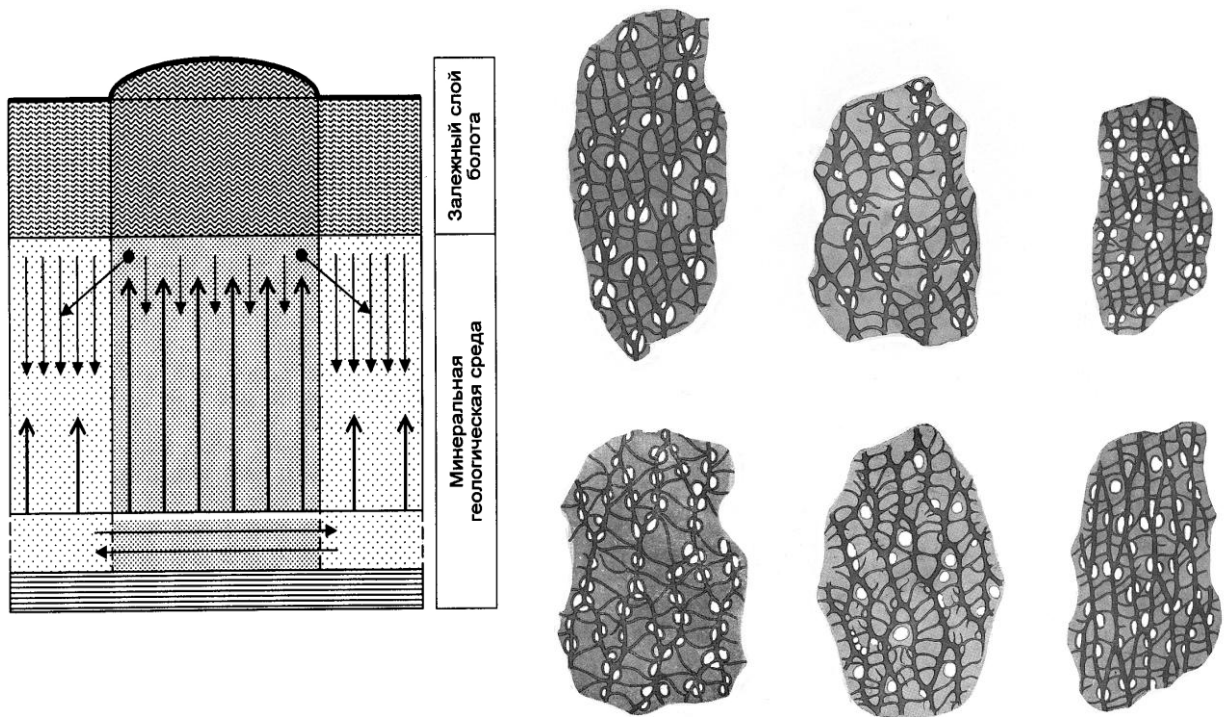


Рис. 5. Гидрогеологическая модель формирования и развития положительных форм микрорельефа болот на основе ПГКК минеральной геологической среды и отличительные признаки анатомического строения остатков листьев кочковых сфагновых мхов (*Sphagnales*) в торфяных отложениях

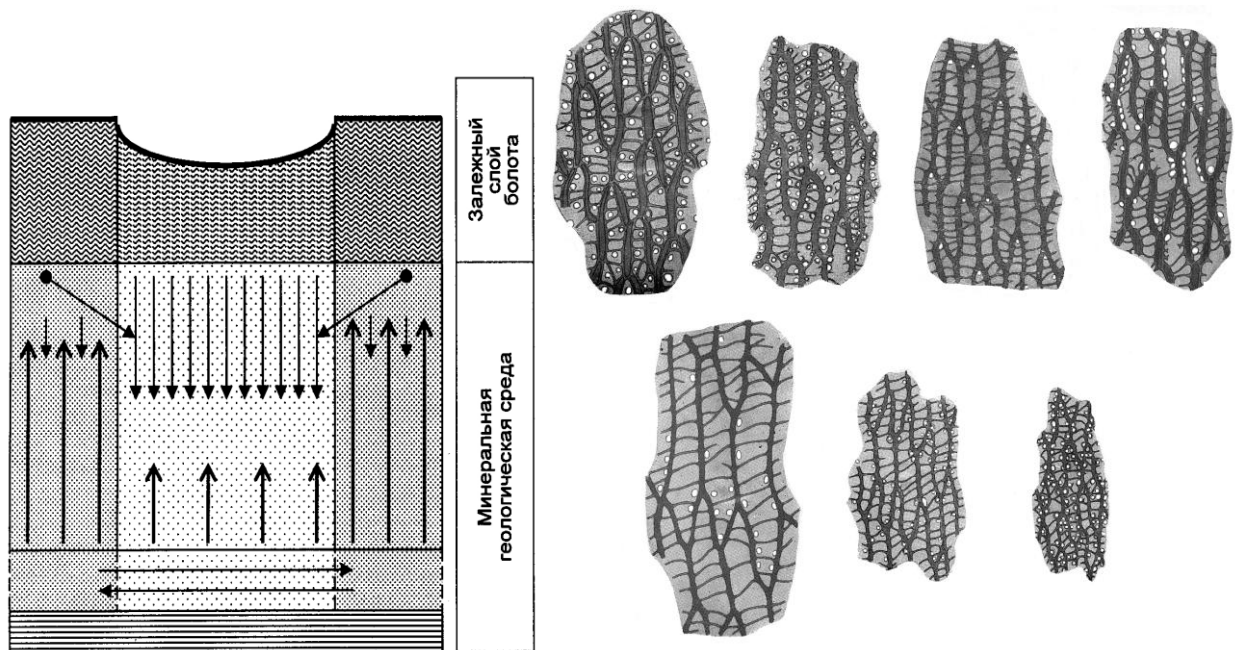


Рис. 6. Гидрогеологическая модель формирования и развития отрицательных форм микрорельефа болот на основе ПГКК минеральной геологической среды и отличительные признаки анатомического строения остатков листьев топяных сфагновых мхов (*Sphagnales*) в торфяных отложениях

Степень трофности среды торфонакопления в растительном покрове болот определяют эвтрофный и олиготрофный типы болотных растений-торфообразователей и трехкомпонентный состав торфяных отложений, куда входят: фактическое процентное содержание эвтрофных и олиготрофных растительных остатков, степень разложения. По степени трофности среды торфонакопления разработаны: обобщенная модель развития залежного слоя болот, генетическая классификация торфяных отложений и генетическая классификация торфяных залежей. Выявлены закономерности условий залегания, состава и природных свойств торфяных отложений (рис. 7) [5].

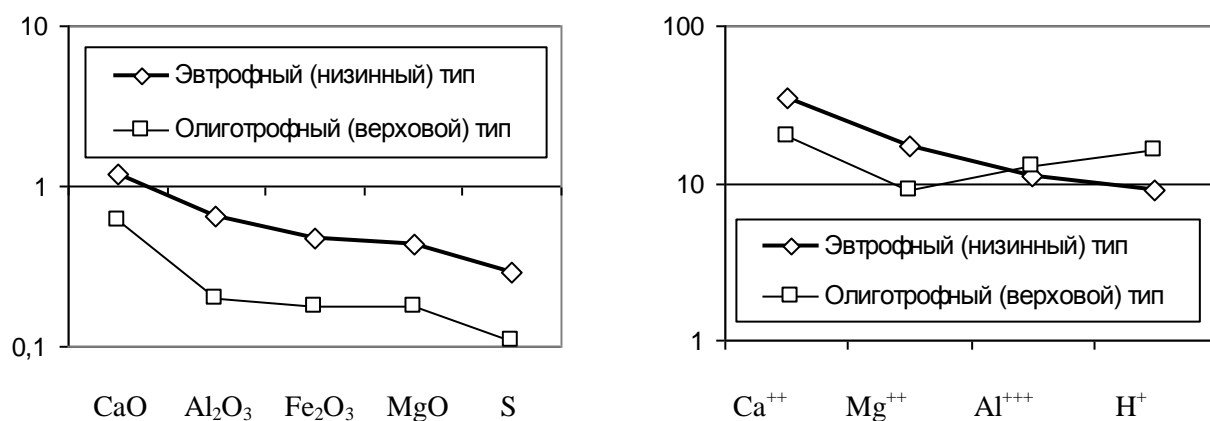


Рис. 7. Средние значения показателей агрохимических (%) и физико-химических свойств (мг-экв/100 г) типовых разновидностей генетической классификации торфяных отложений на основе их компонентного состава

В общем виде формирование и развитие залежного слоя болота разбивается на две стадии развития – эвтрофную и олиготрофную, каждая из которых делится на два этапа. Торфяные отложения первого этапа эвтрофной стадии полностью состоят из эвтрофных растительных остатков ($\text{Э} = 100\%$). Для торфяных отложений второго этапа эвтрофной стадии характерно преобладание эвтрофных растительных остатков над олиготрофными ($\text{Э} > \text{О}$). Торфяные отложения первого этапа олиготрофной стадии полностью состоят из олиготрофных растительных остатков ($\text{О} = 100\%$). Для торфяных отложений второго этапа олиготрофной стадии характерно преобладание олиготрофных растительных остатков над эвтрофными ($\text{О} > \text{Э}$). При переходе залежного слоя из эвтрофной стадии развития в олиготрофную выделяются три группы контактов. Для первой группы в нижней части контакта характерно присутствие эвтрофного гумифицированного торфа Э_R , для второй – смешанного эвтрофного $\text{СМ}_\text{Э}$ и для третьей – эвтрофного Э . Выявлено, что болотообразовательный процесс и процесс торфонакопления могут начинаться на любом этапе и стадии развития [5].

Установлено процентное соотношение подвижных форм катионов по концентрации С (по Л. А. Карпачевскому) и активности во внутриводном растворе $\lambda_{\text{с}} = \lambda_{\infty} \cdot \text{С}$, которое для торфяных отложений выразилось в следующих пропорци-

ях (%): торфяные отложения, полностью сложенные эвтрофными растительными остатками, или последние преобладают над олиготрофными (обогащенный водно-минеральный режим торфонакопления) – $C(71Ca^{++}:15Mg^{++}:7Al^{+++}:7H^+)$; $\lambda_c(55Ca^{++}:32H^+:9Mg^{++}:4Al^{+++})$; торфяные отложения, полностью сложенные олиготрофными растительными остатками, или последние преобладают над эвтрофными (обедненный водно-минеральный режим торфонакопления) – $C(47H^+:28Ca^{++}:15Al^{+++}:10Mg^{++})$; $\lambda_c(84H^+:8Ca^{++}:5Al^{+++}:3Mg^{++})$. Это подтверждают и результаты исследований гидрохимического состава болотных вод торфяников Западной Европы [11].

Для ДЧЗ болота предложена структурная модель водного режима, который определяют два основных вида – гидростатический пассивный и гидродинамический активный (рис. 8).

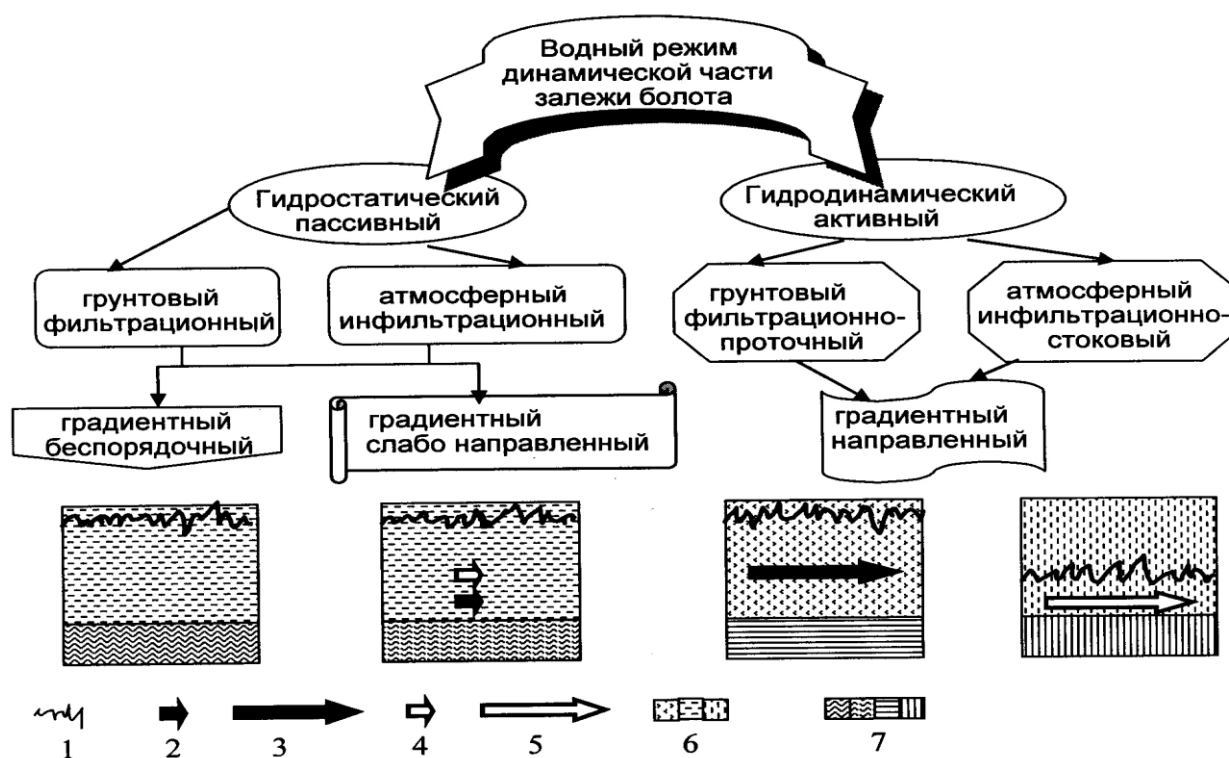


Рис. 8. Структурная модель водного режима динамической части залежи болота:

1 – капиллярная кайма; характер водного режима: 2 – обогащенный замедленный, 3 – обогащенный активный, 4 – обедненный замедленный, 5 – обедненный активный, 6 – динамическая часть залежи (ДЧЗ), 7 – собственно залежный слой (СЗС)

Независимо от водно-минерального питания гидростатический пассивный режим может быть обусловлен ПГКК горизонтальной поверхности болота или ее слабым уклоном при высоком положении болотных вод и доминирующем развитии смешанного состава моховых и травяных группировок растительности, при минимальной встречаемости лесных растительных группировок.

Гидродинамический активный режим в условиях обогащенного водно-минерального питания может быть обусловлен грунтовым фильтрационно-проточным режимом при достаточно высоком положении болотных вод в ДЧЗ.

Гидродинамический активный режим в условиях обедненного водно-минерального питания может быть обусловлен атмосферным инфильтрационно-стоковым режимом при пониженном уровне болотных вод в ДЧЗ. В обоих случаях в развитии растительного покрова болота доминирует смешанный состав лесных и топяных группировок, соотношение которых может меняться в ту или иную сторону. Все эти особенности отражаются впоследствии и в ботаническом составе формирующихся торфяных отложений.

Геосистемный подход изучения торфяных месторождений раскрывает новые закономерности биогенного осадконакопления в условиях избыточного увлажнения суши. В составе многих регионов РФ торфяные месторождения составляют местную сырьевую базу для создания, развития и совершенствования производственного потенциала и являются неотъемлемой составной частью системы использования того или иного вида сырья по целому ряду приоритетных направлений хозяйственной, рекреационной и природоохранной деятельности.

Библиографический список

1. **Аболин Р. И.** Опыт эпигенологической классификации болот // Болотоведение. 1914. №3. С. 3-55.
2. **Доктуровский В. С.** Торфяные болота. Происхождение, природа и особенности болот СССР. М.-Л.: ОНТИ, 1935. 224 с.
3. **Кац Н. Я.** Болота земного шара. М.: Наука, 1971. 295 с.
4. **Макаренко Г. Л., Шадрин Н. И.** Основы биогеоценологии болот (геологический аспект): Учебное пособие. Тверь: ТГТУ, 1999. 162 с.
5. **Макаренко Г. Л.** Изучение геологической природы торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. М.: РГГРУ, 2006. № 4. С.35-39.
6. **Макаренко Г.Л.** О геосистемном принципе изучения торфяных и сапропелевых месторождений // Вестник ТГУ. Тверь: ТГУ, 2006. С. 134-144.
7. **Пьявченко Н. И.** Об изучении болотных биогеоценозов // Основные принципы изучения болотных биогеоценозов. Л.: Наука, 1972. С. 5-13.
8. **Россия: водно-ресурсный потенциал** / Под науч. ред. А. М. Черняева; РосНИИВХ. Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 1998. 342 с.
9. **Сукачев В. Н.** Болота, их образование, развитие и свойства. Изд. 3-е, доп. Л.: Изд-во лесного ин-та, 1926. 162 с.
10. **World Peat Resources: Reference book** / V. D. Markov, A. S. Olenin, L. A. Ospennikova etc. Moscow: Nedra, 1988. 383 p.
11. **Waugman G. I., Bellamy D. J.** The distribution of major elements between some ecosystem components in different peat land Zones // V11 International Peat Congress. Dublin, 1984. P. 32-48.

Раздел II. НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 551.735:(552.143:56.074.6)](477.83)

*Посвящается светлой памяти
выдающегося палеоэколога
Романа Федоровича Геккера*

В. Ф. Шульга¹, В. В. Огарь²,

¹ Институт геологических наук НАН Украины

² Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко

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

Статья 1. Методика исследования. Анализ карбонатных толщ с органогенными постройками

Известно, что основные положения методики комплексных палеоэкологических и литологических исследований осадочных образований были разработаны Р. Ф. Геккером в 30-х годах прошлого столетия при изучении каменноугольных отложений Московской синеклизы и девонских – Главного девонского поля [3]. При этом основная цель литолого-палеоэкологического анализа – реконструкция образа жизни вымерших организмов (животных и растений), а также условий их обитания – определяется посредством совместных наблюдений над органическими остатками и содержащими их породами. Как точно отметила Е. А. Иванова, «...основная особенность направления Р. Ф. Геккера – это комплексное палеоэколого-литологическое изучение. Такое направление диктует проводить совместно палеонтологам и литологам детальное изучение стратиграфии, разрезов, сбор остатков организмов и образцов пород. Личный сбор окаменелостей вместе с полевыми наблюдениями особенностей их распространения и захоронения – основа палеоэкологического изучения... Палеоэкологическое направление Р. Ф. Геккера отличалось с самого начала изучением тесной связи распределения организмов со средой» [8, с. 13].

Палеоэкологические исследования, начатые Р. Ф. Геккером в Ленинграде, были продолжены в Москве в Палеонтологическом институте АН СССР. Проведенное им совместно с его учениками и последователями изучение юрских отложений хребта Каратау, палеогеновых – Ферганы, силурийских, девонских и каменноугольных – Московской синеклизы, девонских – Кузнецкой котловины, верхнепалеозойских – Урала, позднемеловых – Юга Русской платформы, а также других регионов бывшего СССР определило

дальнейшее совершенствование методики литолого-палеоэкологических исследований, широкое ее использование научными и производственными организациями [15].

Популяризации литолого-палеоэкологического анализа, расширению комплексного палеоэкологического и литологического изучения осадочных толщ способствовало чтение Р. Ф. Геккером курса лекций по палеоэкологии в Московском университете, Китае; проведение под его кураторством выездных палеоэколого-литологических сессий в Прибалтике, Приуралье, Крыму, Молдове, Средней Азии; издание всемирно известной монографии «Введение в палеоэкологию», а также ряда сборников, статей, освещающих различные аспекты палеоэкологических исследований [4, 9, 14]. Расширение и уточнение методики комплексных палеонтологических и литологических наблюдений всегда оставалось в поле зрения Р.Ф. Геккера, о чем свидетельствуют его последние публикации [5, 6, 16].

Достигнутые в настоящее время успехи в области генетического анализа осадочных образований, содержащих органические остатки, являются основанием для определения комплексных палеоэкологических и литологических наблюдений как фациально-палеоэкологических [17]. Они успешно используются для изучения различных по возрасту и генезису осадочных толщ, в т.ч. и угленосных. Несмотря на это, фациально-палеоэкологический анализ в угольной геологии еще не получил достаточного развития. В то же время применение генетического направления при изучении угленосных толщ, присутствие во многих из них многочисленных остатков флоры, фауны, биогенных текстур являются благоприятными предпосылками для расширения области использования фациально-палеоэкологических исследований при формационном анализе угленосных отложений.

Объект и методика исследования, фактический материал

В настоящей статье отражены некоторые аспекты фациально-палеоэкологического анализа карбоновой угленосной формации Львовского палеозойского прогиба (ЛПП) – крупной отрицательной тектонической структуры, расположенной на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы на стыке ее с молодой Западно-Европейской платформой. В западной части ЛПП, характеризующейся широким развитием угленосных отложений нижнего и среднего карбона, находится Львовско-Волынский каменноугольный бассейн (ЛВБ). Он является юго-восточным продолжением Люблинского бассейна, расположенного на территории Польши.

Отложения каменноугольной системы ЛПП с перерывом залегают на терригенно-эвапоритово-карбонатной формации среднего и верхнего девона. В основании карбона располагается терригенно-карбонатная формация турне-верхнего визе (хоревская, куличковская и олесковская свиты) мощностью до 120 м. Выше залегают угленосная формация (владимирская, устилужская, порицкая, иваничская, лишнянская, бужанская, морозовичская, паромовская,

крчевская свиты) верхнего визе-нижнего башкира мощностью до 1500 м, на которой со значительным перерывом располагается терригенная пестроцветная и эвапорито-карбонатная формации верхней юры.

Параличская угленосная формация характеризуется циклическим строением и представлена переслаиванием полифациальных песчаников, алевролитов и аргиллитов, содержание которых составляет соответственно 19, 39 и 30 %. Подчиненное распространение имеют угли (1,4 %) и известняки (10 %). Последние в основном располагаются в нижней части угленосного разреза.

В последние годы на территории ЛПП был осуществлен формационный анализ карбоновых угленосных отложений ЛВБ [19]. Была проведена корреляция и стратификация угленосных формаций ЛВБ и прилегающего к нему с запада Люблинского бассейна, установлены особенности вещественного состава, строения, угленосных отложений, перспективы угленосности и основные направления разработки угольных месторождений пограничной польско-украинской части Львовско-Люблинского бассейна.

Многоплановый характер осуществленного проекта определил необходимость применения многочисленных методов исследования (литолого-фациального, фациально-циклического, фациально-геохимического, минералогического, конкреционного, палеотектонического, палеопотамического и др.), среди которых важнейшим явился фациально-палеоэкологический. При этом в соответствии с общими установками, изложенными в работах Р. Ф. Геккера и его последователей, в поле одновременно осуществлялись литологические (фациальные) и палеоэкологические исследования.

ЛВБ относится к угольным бассейнам закрытого типа. В связи с отсутствием обнажений фациально-палеоэкологические наблюдения проводились по керну разведочных скважин. На основании комплекса первичных генетических признаков (цвет, структура, текстура, флора, фауна, минеральные включения и др.) осуществлялось послойное выделение литогенетических типов, в т. ч. вмещающих органические остатки. Керн описывался детально, что практически исключало пропуски как литогенетических типов, так и слоев, содержащих фауну, флору, а также следы жизнедеятельности организмов. При наблюдениях над остатками организмов отмечались систематический состав окаменелостей, их количество, форма, размер, сохранность, ориентировка, характер захоронения, положение в слое; мощность слоя, содержащего органические остатки и др. Тщательно изучались также следы жизнедеятельности организмов («следы жизни»). Описывались их форма, количество, размер, ориентировка и соотношение с вмещающими породами; структура, текстура, цвет пород, выполняющих ходы, норки и др.; положение в слое; мощность слоя со «следами жизни» организмов.

Литогенетическое описание разрезов, палеоэкологические и тафономические наблюдения сопровождалось массовым сбором образцов с органическими остатками и биогенными текстурами. В лабораторных условиях сборы были определены, а полевые палеоэкологические и тафономические наблю-

дения в значительной степени дополнены и откорректированы. Одновременно по всем описанным разрезам были составлены крупномасштабные литологические, литогенетические и фациальные разрезы, на которые в дальнейшем были нанесены результаты палеоэкологических наблюдений. Указанные разрезы явились основой для последующего построения фациально-палеоэкологических профилей, увязавших между собой все изученные разрезы как вкрест, так и по простиранию угленосной формации. Данные наблюдений над органическими остатками с фациально-палеоэкологических профилей переносились на крупномасштабные палеогеографические карты, построенные для времени формирования регрессивной (подугольной) и трансгрессивной (надугольной) частей литоциклов первого порядка, имеющих мощность 3 – 5 м. Благодаря этому, были установлены особенности распределения систематических и экологических групп организмов на площади и связь их с определенными литогенетическими типами, фациями, а также с палеогеографическими обстановками. Для брахиопод и двустворок определены типы биоценозов, палеоэкологические комплексы и характер их изменения в направлении от суши к центральной части моря. Для макрофлоры были выявлены типы фитоориктоценозов и установлены особенности их распространения в осадках разного генезиса.

При полевом сборе фактического материала и в дальнейшем при его лабораторной обработке было установлено, что макрофауна в основном встречается в аргиллитах; различная степень сохранности связана преимущественно с раздавливанием раковин организмов в местах их обитания и захоронения, а не с переносом. Это дает основание полагать, что комплексы обнаруженной и изученной в том или ином слое фауны в значительной степени соответствуют существовавшим ранее биоценозам. Напротив, среди растительных остатков преобладают аллохтонные и гипоаллохтонные ориктоценозы.

Общая оценка содержания животных и растительных остатков, биогенных текстур определялась количеством слоев (из которых каждый является литогенетическим типом), в которых они были обнаружены. Вертикальное распространение скелетных остатков и следов жизнедеятельности организмов определялось построением графиков, на которых показывалось процентное содержание слоев с окаменелостями в литоциклах третьего порядка или встречаемость органических остатков, определяемая количеством вмещающих их слоев на 25 м вертикального разреза.

Комплексные литолого-фациальные и палеоэкологические наблюдения были осуществлены при описании более 100 разрезов (около 40000 погонных метров), относительно равномерно расположенных на площади ЛВБ. В сочетании с высоким выходом керна (в среднем 84 %) это позволило произвести своеобразное «палеонтологическое опробование» угленосной формации.

При осуществлении экспедиционных работ было отобрано свыше 15000 образцов для фотографирования различных аспектов литолого-фациальных наблюдений, а также определения органических остатков и «следов жизни» в лабораторных условиях. Брахиоподы были определены

В. И. Полетаевым (Киев), двустворчатые моллюски – М. Т. Сергеевой (Киев), амmonoидеи – М. Ф. Богословской, С. В. Николаевой (Москва), кораллы – Н. П. Василюк (Донецк) и В. В. Огарем (Киев), криноидеи – Г. А. Стукалиной (Санкт-Петербург), мшанки – И. П. Морозовой (Москва), гастроподы – Н. В. Зернецкой (Киев) и П. Е. Морозовым (Москва), рыбы – Д. П. Есиным (Москва), наутилоидеи – В. Н. Шиманским (Москва), флора – А. Котасовой, А. Котасом (Сосновец, Польша) и А. А. Ищенко (Киев).

Основные результаты и их обсуждение

Карбонатные толщи, являющиеся непосредственным объектом нашего исследования, располагаются в нижней части отложений карбона ЛПП. В стратиграфическом разрезе выделяются (снизу вверх) две толщи: олесковская и устилужская свиты позднего визе. Из-за ограниченного количества скважин, вскрывших олесковскую свиту, фациально-палеоэкологический анализ оказалось возможным осуществить лишь вышележащей устилужской свиты. Она представлена толщей известняков (15 – 40 м) с пластами преимущественно известковых аргиллитов и крайне редко – тонких прослоев алевролитов и углей. В результате макро- и микроскопического изучения в толще установлены известняки: с массовым скоплением раковин брахиопод (брахиоподовые банки), органогенно-детритовые (преимущественно криноидные), коралловые, желваковидные (комковатые), детритово-биоклатовые, микрозернистые с биокластами, микрозернистые с детритом, микрозернистые с обильными сине-зелеными водорослями, водорослево-детритовые, детрито-фораминиферовые с сине-зелеными водорослями, полидетритовые. Наиболее мелководные нижняя и верхняя части свиты (мощностью до 5 – 8 м) слагаются преимущественно органогенно-детритовыми глинистыми известняками, известковыми аргиллитами, содержащими многочисленную морскую фауну плохой сохранности, в которой преобладают криноидеи. Средняя часть устилужской свиты в основном представлена более глубоководными известняками с ограниченным содержанием терригенного материала. Глинистые органогенно-детритовые, желваковидные известняки имеют подчиненное значение. Трехчленное строение свиты прослеживается по всей территории ЛПП (рис. 1). На крайнем севере прогиба в разрезе преобладают мелководные отложения нижней части свиты, а на юго-западе – средней (более глубоководной) ее части.

Известняки устилужской свиты содержат обильную и разнообразную морскую микро- и макрофауну (фораминиферы, брахиоподы, двустворки, криноидеи, кораллы, мшанки, гастроподы и др.), а также водоросли. В данной статье рассматриваются результаты фациально-палеоэкологического анализа значительно распространенной, но плохо изученной фаунистической группы – колониальных четырехлучевых кораллов.

Обработка коллекции, а также анализ немногочисленных опубликованных источников [1, 2, 7] показали, что в карбоне ЛПП колониальные рогозы

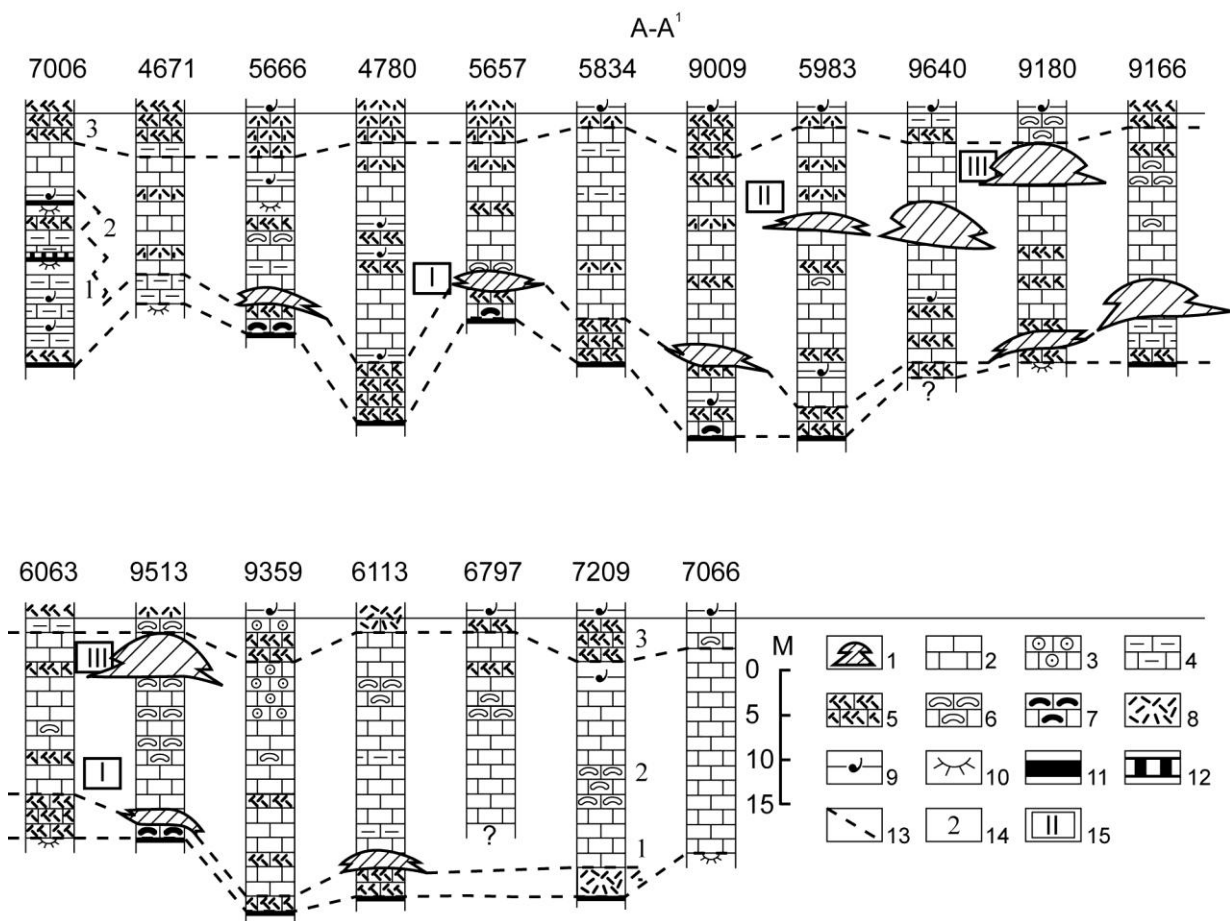


Рис. 1. Корреляция разрезов устилузской свиты и положение построек колониальных рогов:

1 – коралловые постройки (биостромы, биогермы); известняки: 2 – преимущественно биоморфные с небольшой примесью терригенного материала, 3 – криноидные, 4 – глинистые, 5 – глинистые органогенно-детритовые, 6 – желваковидные, 7 – углистые; *аргиллиты*: 8 – известковые с органогенным детритом, 9 – с морской фауной, 10 – со следами роста растений, 11 – уголь, 12 – углистый аргиллит; 13 – границы частей разреза свиты; 14 – части разреза свиты; 15 – коралловые горизонты. Расположение изученных разрезов см. на рис. 4

имеют значительное развитие, составляя более половины коралловой фауны карбона прогиба. При этом было установлено, что большинство колониальных четырехлучевых кораллов принадлежат к семейству *Lithostrotionidae* d'Orbigni, 1851 (*Siphonodendron* M'Cooy, 1849; *Lithostrotion* Fleming, 1828; *Diphyphyllum* Lonsdale, 1845; *Orionastraea* Smith, 1916). Небольшое количество экземпляров относится к семейству *Aulophyllidae* Dybowski, 1873 (*Corwenia* Smith et Ryder, 1926) и всего несколько экземпляров – к семейству *Lonsdaleiidae* Chapman, 1893 (*Lonsdaleia* M'Cooy, 1849). Более половины коллекции принадлежит к виду ветвистых литостроционид *Siphonodendron junceum* (Fleming). Это наиболее часто встречающийся таксон, в строении которого имеется типичный для литостроционид центральный пластинчатый столбик,

но полностью отсутствует пузырчатая ткань (диссепиментариум). Другие виды литостроционид, обладающие диссепиментариумом и иногда встречающиеся в ассоциации с *Siphonodendron junceum*, не так многочисленны. Среди них наиболее обычны *S. caespitosum* (Martin), *S. irregulare* (Phillips). Всего несколькими экземплярами представлены сифонодендроны видов: *S. affine* (Fleming), *S. volkovaе* Dobrolyubova, *S. asiatica* (Yabe et Hayasaka), *S. amplexicariniaformis* (Abashkina), *S. rossicum* (Stuckenberg), *S. longiseptum* (Vassiljuk), *S. dobrolyubovae* Nguyen duc Khoa; дифифиллумы: *Diphyphyllum simplex* (Thomson), *D. lateseptatum* M'Coу, *D. vermiculare* (Stuckenberg); корвении – *Corwenia vaga* Smith et Ryder. Колониальные ругозы с массивной формой колонии очень редки. Наибольшее число экземпляров этой морфологической группы относятся к виду *Lithostrotion m'coyanum* Edwards et Haime. Кроме того, определены *Lithostrotion m'coyanum donbassica* Vassiljuk, *L. portlocki* Edwards et Haime. Другие виды массивных ругоз найдены в одном–двух экземплярах. Это *Orionastraea placenta* (M'Coу) и *Lonsdaleia multiseptata* Dobrolyubova.

Колониальные ругозы встречаются в нижней части разреза карбона (верхневизейский подъярус) ЛПП: олесковская, владимирская, устилужская и низы порицкой свиты. Единичные находки связаны с верхней частью порицкой, а также с иваничской свитой – низы серпуховского яруса. Однако четырехлучевые колониальные кораллы наиболее многочисленны в устилужской свите. В новой стратиграфической схеме В. Ф. Шульги и А. Здановски [18] отложения указанных свит рассматриваются в составе нижней части новой – тягловской свиты.

Тафономическими наблюдениями по более чем двадцати изученным разрезам устилужской свиты установлено три основных типа ориктоценозов колониальных ругоз (рис. 2): I – вертикально или слегка наклонно расположенные колонии хорошей сохранности нередко со следами прирастаний; II – неориентированные крупные опрокинутые и поврежденные фрагменты разрушенных колоний, а также массовые скопления кораллитов обычно хорошей сохранности; III – мелкие обломки колоний, обрывки отдельных разобщенных кораллитов. Первый тип характеризует прижизненное положение кораллов. Второй и третий типы ориктоценозов указывают на переотложенный характер фауны колониальных ругоз и степень ее переноса. Нередко продукты разрушения образуют скопления фрагментов колоний разных видов. Колонии ругоз и их обломки наиболее часто расположены в глинистых известняках и известковых аргиллитах.

В разрезе устилужской свиты указанные выше ориктоценозы образуют три коралловых горизонта (КГ1, КГ2, КГ3) (см. рис. 1). Первый горизонт расположен на границе нижней и средней частей устилужской свиты, характеристика которых была приведена выше. Коралловые известняки образуют прерывистую цепочку линзовидных органогенных образований (коралловых построек) мощностью 1,3–3,0 м. В средней части свиты в 12 – 18 м выше выделяется КГ2. По сравнению с предыдущим колониальные ругозы второго горизонта слагают основную часть более мощных (до 5 м) тел (рис. 3). В 5 – 8 м

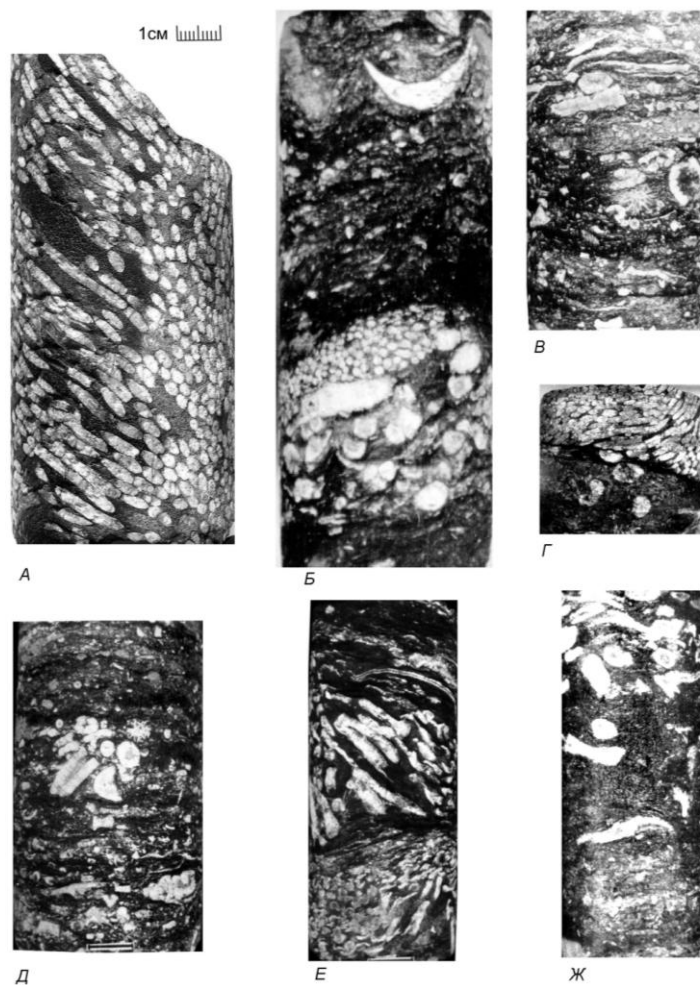


Рис. 2. Форма нахождения колониальных ругоз:

А – ветвистая колония *Siphonodendron junceum* (Fleming) в прижизненном положении. I тип ориктоценозов. Ядро биогерма. Скв. 9640. Гл. 996,1-996,6 м;

Б – обломки известняка с колонией *Siphonodendron junceum* (Fleming), *Siphonodendron caespitosum* (Martin), обломком одиночного *Dibunophyllum* sp., раковиной брахиоподы, мелкими члениками криноидей в глинистом брекчированном органогенно-детритовом известняке с косою однонаправленной слоистостью, подчеркнутой распределением остатков фауны. III тип ориктоценозов. Шлейф биоострома. Скв. 5657. Гл. 1085,5-1086,5 м;

В, Д – многочисленные обрывки переотложенных кораллитов в сильно глинистом криноидном известняке с колонией фавозитид *Sutherlandia* sp., фрагментами раковин брахиопод. Местами криноидеи образуют гнездовидные скопления. Органические остатки подчеркивают прерывистую горизонтальную, линзовидную, мелкую пологую косою слоистость. III тип ориктоценозов. Подножье шлейфа биоострома. Скв. 9359. Гл. 820,0–820,5 м;

Г – послойное скопление разрозненных кораллитов *Siphonodendron caespitosum* (Martin) – внизу (II тип ориктоценозов); выше – с резким неровным контактом размыва ветвистая колония *Siphonodendron junceum* (Fleming.) в прижизненном положении (I тип ориктоценозов). Ядро биоострома. Скв. 6113. Гл. 626,3-627,5 м;

Е – переотложенные и перенесенные на небольшое расстояние фрагменты ветвистой колонии *Siphonodendron junceum* (Fleming) (внизу) и *Siphonodendron* sp. (вверху) в глинистом органогенно-детритовом известняке. II тип ориктоценозов. Ядро биоострома. Скв. 9513. Гл. 699,5-699,9 м;

Ж – обрывки переотложенных кораллитов ветвистой колонии *Siphonodendron* cf. *dobrolyubova* Nguyen Duc Khoa, беспорядочно расположенные в сильно глинистом органогенно-детритовом известняке. III тип ориктоценозов. Шлейф биогерма. Скв. 9513. Гл. 699,5–699,9 м

выше по разрезу на границе средней и верхней части устилуужской свиты фиксируются коралловые образования КГЗ. Их мощность достигает 6 м.

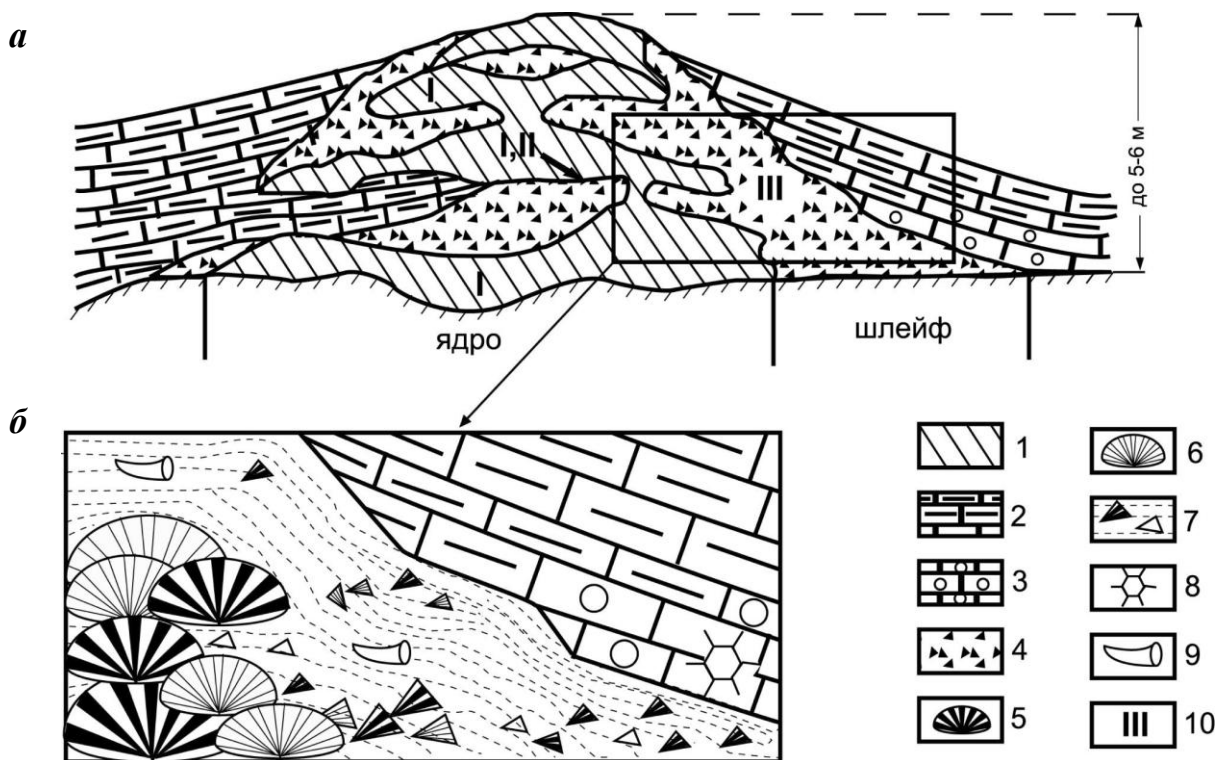


Рис. 3. Строение кораллового биогерма:

а – общий вид; *б* – реконструкция части биогерма: 1 – 3 – известняки: 1 – биогермные, 2 – органогенно-детритовые глинистые, 3 – криноидные; 4 – известняки обломочные глинистые, аргиллиты известковые с переотложенными фрагментами колониальных кораллов, криноидей, одиночных кораллов, брахиопод, 5 – колонии *Siphonodendron caespitosum* (Martin), 6 – колонии *Siphonodendron junceum* (Fleming), 7 – обломки колоний ругоз в известковых аргиллитах, 8 – остатки фавозитид *Sutherlandia* sp., 9 – одиночные ругозы, 10 – тип кораллового ориктоценоза

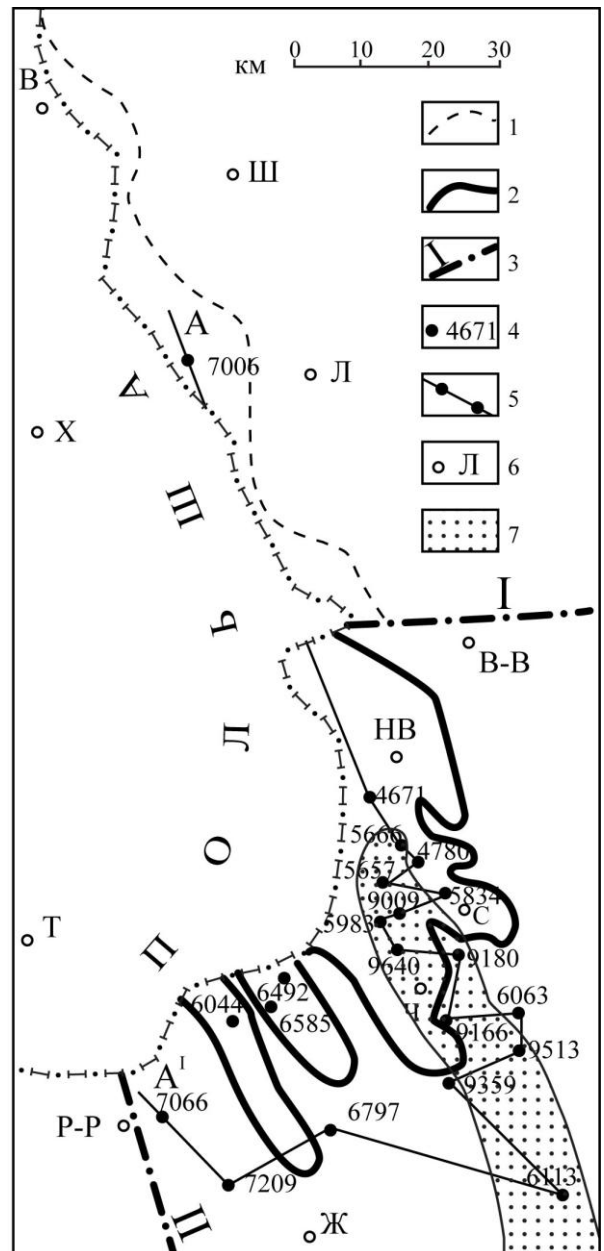
Сравнительный анализ установленных коралловых образований показал большое сходство их состава и внутреннего строения. В первую очередь, оно заключается в том, что наряду с коралловыми известняками, состоящими из колоний ругоз, находящихся в прижизненном положении (I тип ориктоценозов), чрезвычайно широко распространены разрушенные и опрокинутые колонии, сцементированные глинистым известковым материалом (II тип ориктоценозов). Таким образом, коралловые постройки состоят не только из колоний, находящихся *in situ*, но в значительной степени также из продуктов их разрушения. Второй характерной чертой является большая сложность их внутреннего строения. Она определяется сменой одних поселений кораллов другими, происходящей от нижней части постройки к ее вершине. Обычно в таких случаях в основании колоний наблюдается неровная поверхность размыва. Выше располагаются горизонтально лежащие крупные кораллиты или

колонии *Siphonodendron caespitosum*, являющиеся основанием для роста последующей колонии *Siphonodendron junceum* (см. рис. 2, Г). Мощность таких отдельных коралловых поселений достигает 40 см. Очень часто между ними располагаются прослои известковых аргиллитов с многочисленными члениками криноидей, остатками брахиопод, одиночными кораллами, обрывками кораллитов. Верхняя часть коралловых построек обычно носит следы разрушений и в основном представлена брекчиями известняков, известковыми аргиллитами с обломками колоний ругоз и отдельных кораллитов. Количество смен поселений колоний кораллов в наиболее мощных постройках достигает четырех (см. рис. 3).

Изучение особенностей площадного распространения описанных коралловых построек показало, что они сосредоточены в центральной части ЛВБ в пределах узкой (10 – 12 км) полосовидной площади, протягивающейся в северо-западном направлении на расстояние более 70 км (рис. 4).

Рис. 4. Расположение изученных разрезов устилужской свиты и коралловых построек:

1 – контур угленосных обложений карбона северного продолжения Львовско-Волынского бассейна; 2 – контур промышленной угленосности; 3 – тектонические нарушения (разломы): I – Владимир-Волынский (Северный), II – Рава-Русский; 4 – буровая скважина с изученным разрезом и ее номер; 5 – направление корреляции разрезов свиты; 6 – населенные пункты: Ш – Шацк, Л – Любомль, В-В – Владимир-Волынский, НВ – Нововолынь, С – Сокаль, Ч – Червоноград, Ж – Жовква, Р-Р – Рава-Русская, В – Влодава, Х – Хелм, Т – Томашув; 7 – площадь распространения коралловых построек



Изложенные материалы убеждают нас в том, что рассматриваемые в данной статье органогенные образования являются результатом жизнедеятельности колониальных четырехлучевых кораллов. Учитывая морфологические особенности и условия залегания, маломощные линзовидные коралловые постройки КГ1 относятся нами к биоостромам, а вышележащих горизонтов – к биогермам.

В поздневизейское время территория ЛВБ находилась в пределах Вестфальской (Еврамерийской) зоны с ее климатом, сходным с современным климатом влажных тропиков и субтропиков [11]. Помимо высокой температуры воды, устилужское море было мелководным, о чем, прежде всего, свидетельствует широкое развитие органогенно-детритовых, брекчиевидных известняков, водорослей, криноидей, кораллов. Море трансгрессировало с юго-запада на северо-восток, где в это время в области Украинского щита располагалась суша, и откуда в бассейн в большом объеме сносился обломочный материал. С этим связаны изложенные ранее латеральные изменения литолого-фациального состава и строения устилужской свиты с преобладанием более глубоководных морских обстановок на юге ЛВБ и наиболее мелководных – на северной его окраине. Наиболее благоприятные для обитания кораллов условия морского мелководья существовали в центральной части ЛВБ, расположенной в переходной зоне между указанными обширными палеогеографическими областями. Локализация коралловых построек в пределах области, имеющей форму узкой полосы, по-видимому, определялась тектоническим фактором. Соответствие простираения указанной полосы структурному плану Львовского палеозойского прогиба в карбоне, а также ее совпадение с зоной древнего Добротворского разлома, установленного Т. А. Знаменской, и с зонами Забугского, Сокальского и Красноградского сбросов указывает на унаследованную тектоническую активность данной территории. В результате конседиментационных дифференцированных подвижек на дне моря возникли локальные положительные формы рельефа, а также оптимальные для образования коралловых построек соотношения между скоростью погружения дна бассейна и таковой роста кораллов. Периодический характер проявления тектонических подвижек обусловил ярусное расположение построек ругоз. Для времени образования устилужских известняков была характерна трансгрессивная направленность осадконакопления. Происходившая при этом миграция зон морского мелководья на северо-восток обусловила смещение в указанном направлении площади расположения биогермов КГ3 по сравнению с коралловыми образованиями КГ2.

В период образования устилужской свиты постройки ругоз формировались в мелководной, хорошо аэрируемой морской среде на положительных формах рельефа при нормальной солености вод. Необычайно большое количество глинистого материала в коралловых горизонтах указывает на их формирование в водоемах, характеризующихся слабой подвижностью и большой мутностью водной среды. В таких неблагоприятных для большинства видов колониальных ругоз условиях обитали преимущественно ветвистые колонии

Siphonodendron junceum (с которыми наиболее часто ассоциируют *Siphonodendron caespitosum*), выступавшие в роли каркасных организмов органических построек. Остальные виды как колониальных ветвистых, так и колониальных массивных ругоз, а также одиночных ругоз, хететид и табулят играли подчиненную роль. Очевидно, что именно указанные два вида были наиболее приспособленными к обитанию в мутных водах. Указанный фактор (мутность вод), возможно, приводил к уменьшению глубины проникновения солнечного света, что, в свою очередь, обусловило более мелководный по сравнению с другими регионами характер коралловых построек. Поверхность биогермов и биостромов часто возвышалась над уровнем моря и колонии ругоз подвергались разрушению, особенно сильному во время штормов. В таких случаях особи новой колонии прикреплялись либо к скалистым участкам нижележащих построек, либо селились на переотложенных, разрушенных колониях. В основании нового поселения обычно располагались колонии *Siphonodendron caespitosum* с крупными кораллитами, на которых затем селились колонии *Siphonodendron junceum* с мелкими густо расположенными кораллитами.

Несмотря на относительно небольшую высоту построек, на их склонах и у основания накапливались шлейфовые образования, представленные обломочными известняками, известковыми аргиллитами, содержащими переотложенные, поврежденные фрагменты колоний кораллов, многочисленные обрывки разобщенных кораллитов (II и III типы ориктоценозов), членики криноидей, одиночные кораллы, целые раковины, а также обломки брахиопод (см. рис. 2, Б, В, Д). Иногда в отложениях склонов биогермов наблюдается косая, очень крутая (наклон слоев достигает 60–70°) слоистость, подчеркнутая распределением органических остатков и сохранившаяся вероятно в результате быстрого захоронения (см. рис. 2, Б). Отмечаются случаи непосредственного примыкания к биогерму криноидных известняков с мелкими колониями фавозитид *Sutherlandia* sp., происхождение которых связано с густыми зарослями морских лилий (криноидные луга), обитавших под защитой коралловых построек и использовавших поверхность последних в качестве субстрата для прикрепления. Кроме криноидей, биогермолюбами являлись одиночные кораллы и брахиоподы.

Поступление большого количества терригенного материала в прибрежные участки бассейна седиментации в начале трансгрессии устилужского моря, по-видимому, являлось основной причиной отсутствия построек колониальных ругоз в период формирования нижней части устилужской свиты. В связи с дальнейшим расширением морского бассейна, удалением изученной территории от области сноса принос обломочного материала уменьшился и в начале образования верхней части устилужской свиты возникли условия для жизнедеятельности ругоз. Отсутствие коралловых биостромов и биогермов в верхней части свиты, так же, как и в нижней, было связано с подавлением жизнедеятельности ругоз, большим количеством терригенного материала, поступающего в бассейн в регрессивную фазу его развития.

Выводы

В позднем визе на территории ЛПП существовали многочисленные биостромы и биогермы, возникшие благодаря жизнедеятельности колониальных четырехлучевых кораллов. Органогенные постройки располагались в пределах узкой полосы, протягивавшейся на значительное расстояние. В сочетании с изолированным характером биостромов и биогермов указанная полосовидная область распространения коралловых построек рассматривается нами как «лоскутный» или «пятнистый» прибрежный риф, располагавшийся параллельно береговой линии поздневизейского моря. Открытие коралловых биостромов и биогермов является основанием для отнесения отложений устилужской свиты к «толщам с органогенными постройками». Как отмечают И. К. Королюк и др. [10], они обычно представлены слоистыми органогенными известняками, распространенными на большой площади и содержащими мелкие и крупные биогермы, биостромы, частично сконцентрированные в полосы и приуроченные к нескольким стратиграфическим уровням. Хотя общий объем известняков органогенных построек очень мал, биостромы и биогермы являются наиболее примечательной особенностью указанных толщ.

В строении коралловых сооружений доминируют ветвистые литостроциониды двух видов – *Siphonodendron junceum* (Fleming) и *S. caespitosum* (Martin). Среди факторов, лимитировавших развитие других видов колониальных ругоз, наиболее существенным, по-видимому, являлись мутность вод, связанная с наличием в них большого количества глинистой взвеси, и как следствие – уменьшение глубины проникновения солнечного света. *Siphonodendron junceum* (Fleming) и *S. caespitosum* (Martin) оказались наиболее приспособленными к выживанию в такой обстановке.

В результате осуществленных фациально-палеоэкологических исследований на мировой карте местонахождения раннекарбонных органогенных построек появилась еще одна точка, являющаяся связующим звеном между постройками Западной Европы, Донбасса, Прикаспийской впадины и Урала. Тем самым подтвердились представления о широком географическом распространении и значительном участии поздневизейских колониальных ругоз в формировании рифов. Подобные коралловые сооружения особенно детально изучены в Западной Европе (Бельгия, Великобритания и Ирландия, Южная Франция, Испания), а также на Урале, Новой Земле, Прикаспии, Японии, Австралии [20, 21]. Описанные в данной статье устилужские коралловые биостромы и биогермы ЛПП дополняют этот перечень, а также свидетельствуют об обоснованности выделения самостоятельного поздневизейско-серпуховского этапа палеозойского рифообразования [12]. Материалы статьи представляют интерес для межрегиональной корреляции раннекаменноугольных отложений, палеогеографических реконструкций, познания особенностей экологии поздневизейских коралловых сообществ в других регионах.

Устилужская свита располагается в нижней части угленосного разреза ЛПП. Поэтому открытие в ней коралловых построек и их изучение имеет значение для характеристики начального этапа образования угленосной формации ЛВБ. Так, фациально-палеоэкологический анализ колониальных ругоз, тафономические наблюдения подтвердили существование в позднем визе на территории ЛВБ теплого климата, благоприятствующего процессам углеобразования. Более четко определилась палеотектоническая и палеогеографическая зональность территории с северо-западным простирианием границ между зонами, расположением суши в области Украинского щита и преобладающим направлением морских трансгрессий в северо-восточном направлении. Специфические особенности роста коралловых сооружений, их полосовидное распространение на площади, а также приуроченность к разрывным нарушениям указывают на многократное проявление в позднем визе унаследованных дифференцированных тектонических движений. Этот вывод представляет особый интерес, поскольку в карбонатных толщах их выявление связано с большими трудностями.

В заключение отметим большой вклад Р. Ф. Геккера в исследование карбонатных толщ с органогенными постройками. Им изучались пермские рифы Приуралья; проводились палеоэколого-литологические сессии, посвященные изучению рифов Урала, Молдавии, Крыма. Как справедливо подчеркнул В.Г. Кузнецов [12], им было заложено целое направление изучения ископаемых рифогенных образований. Осуществленное нами открытие биостромов и биогермов и фациально-палеоэкологический анализ угленосного карбона ЛПП мы рассматриваем как дальнейшее развитие направления изучения карбонатных толщ с органогенными постройками, заложенного выдающимся палеоэкологом современности Романом Федоровичем Геккером.

Библиографический список

1. **Василюк Н. П.** Нижньокам'яновугільні корали Львівської мульди // Геол. журн. 1964. Т. 24, № 5. С. 74–76.
2. **Василюк Н. П., Шульга В. Ф., Огарь В. В.** Новые данные о распространении кораллов в карбоновой угленосной формации Львовско-Волынского бассейна // Геологія і геохімія горючих копалин. 1993. № 2-3 (83-84). С. 110-115.
3. **Геккер Р. Ф.** Положение и инструкция для исследований по палеоэкологии. М.: ГОНТИ, 1933. 40 с.
4. **Геккер Р. Ф.** Введение в палеоэкологию. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 83 с.
5. **Геккер Р. Ф.** Следы беспозвоночных и стигмарины в морских отложениях нижнего карбона Московской синеклизы. М.: Наука, 1980. 89 с.
6. **Геккер Р. Ф.** Тафономические и экологические особенности фауны и флоры Главного девонского поля. М.: Наука, 1983. 144 с.

7. **Гинда В. П., Стасив В. П.** Новые находки кораллов в нижнем карбоне Львовско-Волынского угольного бассейна // Палеонтол. сб. 1970. Вып. 7. № 1. С. 34–38.
8. **Иванова Е. А.** Методы палеоэкологического анализа морских бентосных сообществ палеозоя // Проблемы экологии фауны и флоры древних водоемов. М.: Наука, 1983. С. 11-25.
9. **Ископаемые рифы** и методика их изучения. Свердловск: Изд-во Уральск. филиала АН СССР, 1968. 231 с.
10. **Королюк И. К., Михайлова М. В., Равикович А. И. и др.** Ископаемые органогенные постройки, рифы, методы их изучения и нефтегазонасность. М.: Наука, 1975. 236 с.
11. **Криштофович А. Н.** Палеоботаника. Л.: Гостопиздат, 1957. 630 с.
12. **Кузнецов В. Г.** Мой учитель Роман Федорович Геккер // Бюл. МО-ИП, отд. геол. 2002. Вып. 3. С. 75-78.
13. **Кузнецов В. Г., Антошкина А. И.** Поздневизейско-серпуховский этап палеозойского рифообразования // Стратиграфия и геол. корреляция. 2005. № 4. С. 61-77.
14. **Организм и среда** в геологическом прошлом. М.: Наука, 1966. 268 с.
15. **Осипова А. И.** Из истории отечественной палеоэкологии. М.: Наука, 1980. 65 с.
16. **Осипова А. И., Геккер Р. Ф.** Смена условий существования и захоронения прибрежных обитателей на примере Андаракского берега эоценового моря (Фергана) // Среда и жизнь в геологическом прошлом: Аспекты эволюции организмов и среды. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. С. 101-112.
17. **Ошуркова М. В.** Фациально-палеоэкологический подход к изучению фоссилизированных остатков растений // Палеонтологический журнал, 1974. № 3. С. 87-96.
18. **Шульга В., Здановски А.** О литостратиграфическом расчленении угленосных отложений Львовско-Волынского бассейна // Геол. журнал. 2003. № 4. С. 65-77.
19. **Шульга В., Здановски А. Зайцева Л. Б. и др.** Корреляция карбонных угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Логос. 2007. 425 с.
20. **Aretz M., Webb G. E.** Western European and eastern Australian Mississippian shallow water reefs: a comparasion // Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy. Amsterdam, 2007. P. 433-442.
21. **Somerville, I. D.** Rugose coral faunas from Upper Viséan (Asbian-Brigantian) buildups and adjacent platform limestones, Kingscourt, Ireland // Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.) T. 92 (1-4). 1997. P. 35-47.

А. Л. Бейзель, П. А. Ян, Л. Г. Вакуленко, О. В. Бурлева,
Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,
Новосибирский государственный университет

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИМПУЛЬСНОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ВАСЮГАНСКОГО ГОРИЗОНТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Введение

Глинисто-терригенный васюганский горизонт (верхний бат-оксфорд) Западной Сибири является одним из лучших объектов для разработки геологических моделей формирования толщ комплексного состава и строения. Он распространен почти на всей территории Западно-Сибирского осадочного бассейна и практически везде хорошо диагностируется по геофизическим, литологическим и биостратиграфическим данным. Формирование горизонта происходило в последовательном ряду обстановок, отражающих переход от континентальных фаций на юго-востоке до относительно глубоководных морских фаций в центральной части бассейна. Изучение горизонта имеет также большое практическое значение, так как он регионально нефтегазоносен, и перспективы открытия в нем новых залежей весьма высоки. Наконец, для настоящего исследования имеет значение и то, что васюганский горизонт - единственный из юрских горизонтов Западной Сибири, который обладает двучленным строением, включая в себя одновременно глинистую и песчаную толщи.

Васюганский горизонт состоит из латерального ряда свит, каждая из которых представляет собой особый комплекс фаций: тяжинская (типично континентальная), наунакская (континентальная и переходная от континентальных к морским), васюганская (прибрежно- и мелководно-морская) и нижняя подсвита абалакской свиты (мелководно- и относительно глубоководная морская) (рис. 1).

В отношении васюганского горизонта Западной Сибири среди специалистов сложились вполне определенные представления о трансгрессивно-регрессивной истории его развития. Подстилающие отложения тюменской свиты рассматриваются как регрессивные, а вышележащий васюганский горизонт сформировался в результате обширной бореальной трансгрессии, начавшейся во второй половине позднего бата [6]. Трансгрессивной пачкой считается пласт Ю₂⁰, обладающий рядом характерных свойств и охватывающий возрастной интервал до трех подъярусов. В составе верхневасюганской подсвиты установлены подугольная регрессивная и надугольная трансгрессивная толщи. Перекрывающие осадки георгиевской свиты сформировались в результате новой обширной трансгрессии.

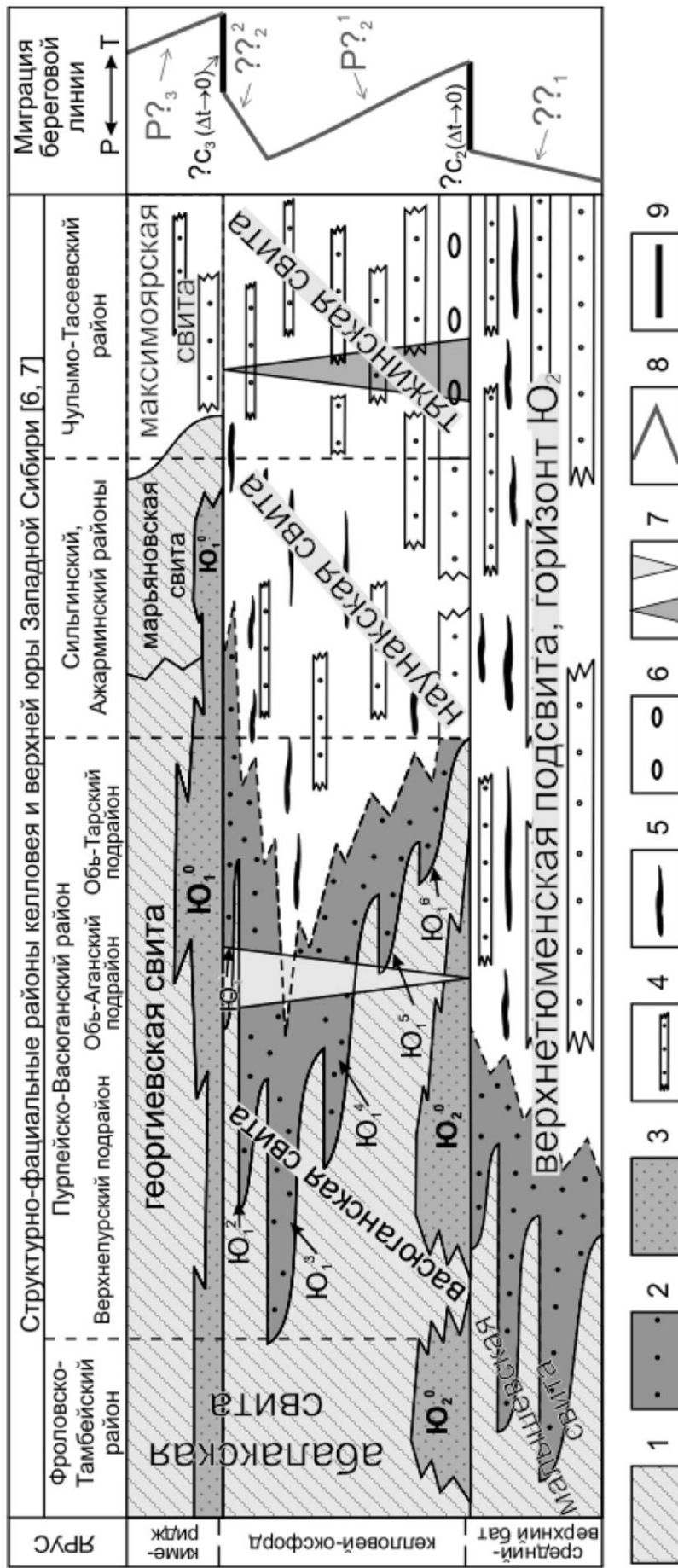


Рис. 1. Схема строения баг-верхнеюрских отложений в центральных и южных районах Западно-Сибирского бассейна.

Условные обозначение: 1 - морские глинистые отложения; 2 - регрессивные морские алеврито-песчаные отложения; 3 - базальные пахомовская и барабинская пачки; 4 - континентальные алеврито-глинистые и алеврито-песчаные отложения; 5 - угли; 6 - грубообломочные отложения; 7 - четко выраженная цикличность строения горизонта: прямая (тяжинская свита) и обратная (васюганская свита). Миграция береговой линии: 8 - миграционные (постепенные) регрессии-трансгрессии; 9 - событийные трансгрессии (резкие, "одномоментные"); Т - трансгрессия; Р - регрессия; Тм1 - позднедомоленская миграционная трансгрессия, Рм21 - ранневасюганская миграционная регрессия, Тм22 - поздневасюганская миграционная трансгрессия, Рм3 - георгиевская миграционная регрессия, Тс2 и Тс3 - келловейская и кимериджская событийные трансгрессии

Вместе с тем в сложившихся построениях имеется ряд скрытых противоречий, которым уделяется мало внимания. Прежде всего, не совсем ясным остается последовательность трансгрессий и регрессий в интервале васюганского горизонта вместе с непосредственно подстилающими и перекрывающими его отложениями. Новейшими исследованиями [5] установлено, что верхняя часть тюменской свиты не является регрессивной (см. рис. 1, 2). Здесь имела место трансгрессия, аналогичная надугольной в составе васюганского горизонта. Таким образом, васюганская трансгрессия развивалась непосредственно после поздне тюменской. Аналогичная ситуация складывалась и на верхней границе горизонта, где вслед за надугольной трансгрессией следовала георгиевская. Получается так, что при переходе от одного горизонта к другому одна трансгрессия развивалась вслед за другой, являясь как бы ее продолжением. С этой точки зрения становится непонятным происхождение регионально выдержанных границ горизонтов.

Кроме того, «трансгрессивная» фаза в основании васюганского горизонта фиксируется только в вертикальном ряду фаций (пахомовская пачка). Нет никаких свидетельств площадной миграции береговой линии, т. е. возрастного скольжения (омоложения) подошвы горизонта. Это отражено в Региональных стратиграфических схемах [6], где границы васюганского горизонта показаны горизонтальными линиями.

В литературе обойден вниманием также тот факт, что пласт Ю₂⁰, обладающий набором специфических лито- и биофациальных особенностей, фиксируется только в нижней части горизонта, являясь, по существу, его базальным пластом. Он не повторяется в верхней части васюганской трансгрессивно-регрессивной серии в «отраженном» виде, как этого можно было бы ожидать, исходя из модели простого цикла колебаний уровня моря. Вместе с тем надугольная трансгрессивная серия в верхней части васюганской свиты характеризуется обратным соотношением: латеральное скольжение пластов имеет место, а слои, подобные Ю₂⁰, здесь отсутствуют.

Не находит объяснения с точки зрения традиционных представлений и тот факт, что континентальные разрезы васюганского горизонта представлены прогрессивным осадочным циклом (песчаники внизу, а глины вверху), а морские – регрессивным (глины внизу, песчаники вверху), и они должны каким-то образом переходить друг в друга по простиранию. Латеральное сопоставление данных разновозрастных циклитов было показано в работе [4], однако объяснения этому феномену предложено не было. Иногда смена в разрезе глинистых отложений нижневасюганской подсвиты на песчаные верхней интерпретируется как результат активизации процессов эрозии в области сноса, однако это объяснение неправомерно, поскольку континентальные фации показывают непрерывное сокращение сноса в течение всего цикла.

Перечисленные факты, которые рассматриваются нами как скрытые противоречия существующей региональной модели формирования васюганского горизонта, настоятельно требуют разработки нового подхода для своего объяснения.

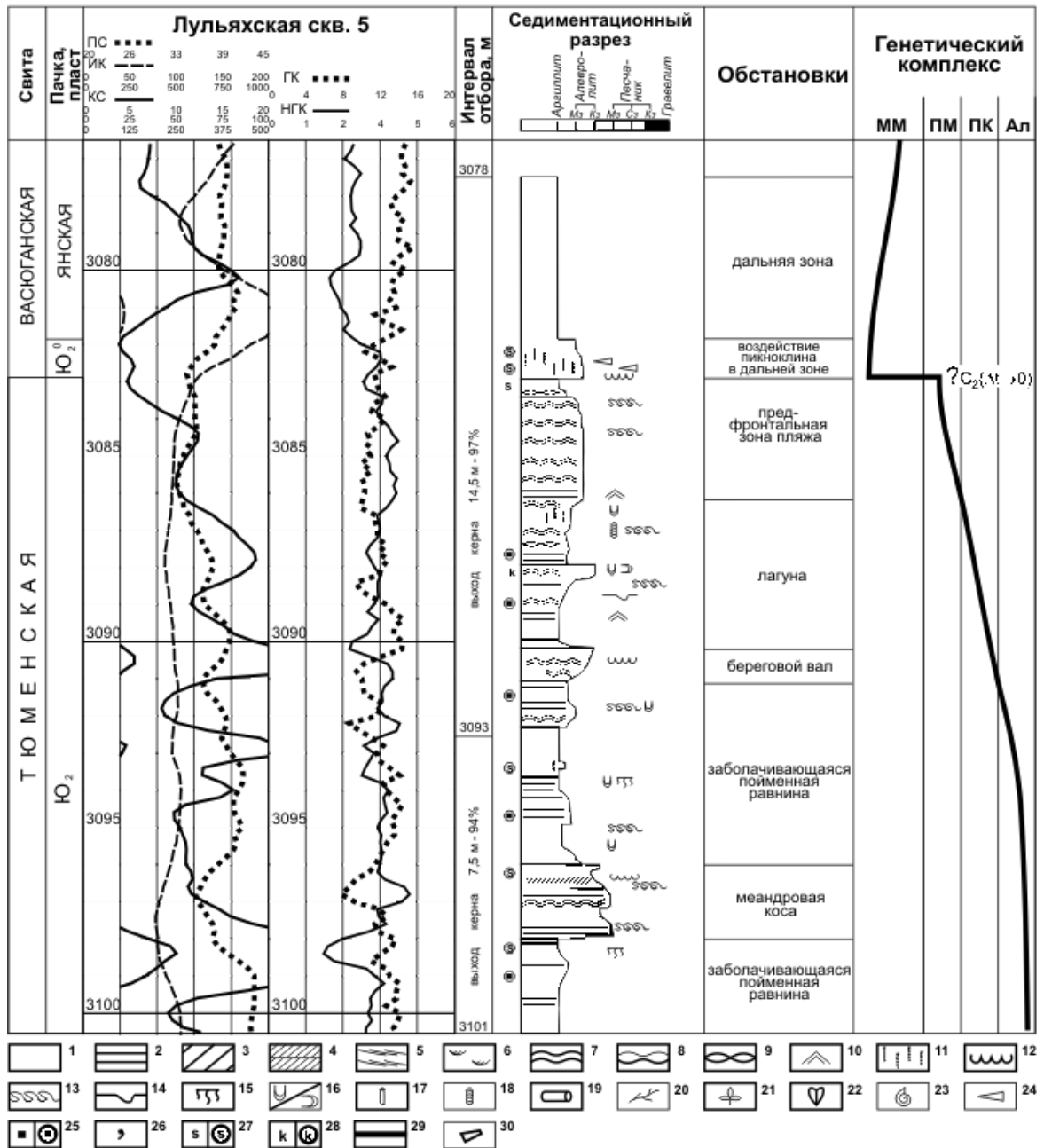


Рис. 2. Седиментационный разрез бат-келловейских отложений; вскрытых Лულიхской скв. 5. Условные обозначения: 1 – массивная текстура; 2 – горизонтальная слоистость; 3 – крупная таблитчатая косая слоистость; 4 – мелкая таблитчатая косая слоистость; 5 – пологая косая слоистость; 6 – троговая мелкая косая слоистость; 7 – волнистая слоистость; 8 – волнистолинзовидная слоистость; 9 – линзовидная слоистость; 10 – знаки ряби; 11 – деформативная биотурбация; 12 – следы размыва; 13 – следы конседиментационного смятия; 14 – следы внедрения; 15 – ризоиды; 16 – неидентифицированные следы жизнедеятельности (вертикальные/горизонтальные); 17-Skolithos; 18-Teichichnus; 19 – Palaeorhynchus; 20 – углефицированный растительный детрит; 21 – отпечатки флоры; 22 – двустворки; 23 – аммониты; 24 – белемниты; 25 – пирит/конкреции пирита; 26 – глауконит; 27 – сидерит/конкреции сидерита; 28 – кальцит/конкреции кальцита; 29 – угли; 30 – алевроито-глинистые интракласты. Генетические комплексы: ММ – мелководно-морской; ПМ – прибрежно-морской; ПК – прибрежно-континентальный; Ал – аллювиальный

Отдельно стоит вопрос о поведении нижней и верхней границ васюганского горизонта в стратиграфическом пространстве. Несмотря на то, что в Региональных стратиграфических схемах они показаны горизонтальными линиями, в литературе эти поверхности называют в лучшем случае «квази-синхронными». Проблема изохронности границ связана с двумя поставленными выше вопросами: являются ли пласты Ю₂⁰ и Ю₁⁰ трансгрессивными системными трактами, а также какова природа разделяющих горизонты границ?

Строение и состав васюганского горизонта

В составе васюганского горизонта наиболее изученными являются васюганская и наунакская свиты. Это связано с тем, что в них находятся коллектора и ловушки, содержащие залежи углеводородов. Наименее изучена тяжинская свита, находящаяся на периферии осадочного чехла. Абалакская свита, имеющая глинистый состав, изучается главным образом в целях биостратиграфии. Поэтому в настоящей работе основное внимание уделено характеристике васюганской и наунакской свит.

Васюганская свита делится на две подсвиты. Нижняя подсвита, мощностью 10-70 м, имеет трехчленное строение (рис. 3). В основании залегает весьма специфический песчано-алевритовый пласт Ю₂⁰ (пахомовская пачка). Подробнее он будет рассмотрен ниже. Средняя часть подсвиты (янская пачка) представлена тонкоотмученными аргиллитами преимущественно массивными, с многочисленными конкрециями пирита, с повышенным содержанием органического углерода (3-4,2 %). Формирование этой пачки происходило в низкоэнергетических условиях - в обстановках сублиторали, ниже базиса штормовых волн (дальняя зона). В верхней части подсвиты происходит постепенное увеличение алевритовой примеси до алевро-аргиллитов и мелкозернистых глинистых алевролитов, появляется градационная слоистость, ихнофоссилии *Chondrites*, количество пирита и морской фауны значительно уменьшается. Образование этих отложений происходило в дальней зоне, куда начали проникать дистальные штормовые отложения, и переходной зоне.

В стратотипической области развития васюганской свиты (Обь-Тарский и Обь-Аганский фациальный подрайоны [7]) наблюдается «вклинивание» в среднюю часть ее верхней подсвиты, так называемой межугольной толщи, имеющей континентальный и переходный генезис. Эта толща разделяет верхневасюганскую подсвиту на подугольную регрессивную и надугольную трансгрессивную толщи [2]. На территориях, где межугольная толща начинает занимать полный стратиграфический объем васюганского горизонта, выделяется наунакская свита. В северном и западном направлениях наблюдается выклинивание и замещение алевропесчаных пластов горизонта Ю₁, и васюганская свита переходит в существенно глинистую нижнюю подсвиту абалакской свиты.

В подугольной толще выделяются песчаные пласты Ю₁³⁻⁴, иногда разделенные алеврито-глинистой пачкой. Пласты сложены алевритопесчаными

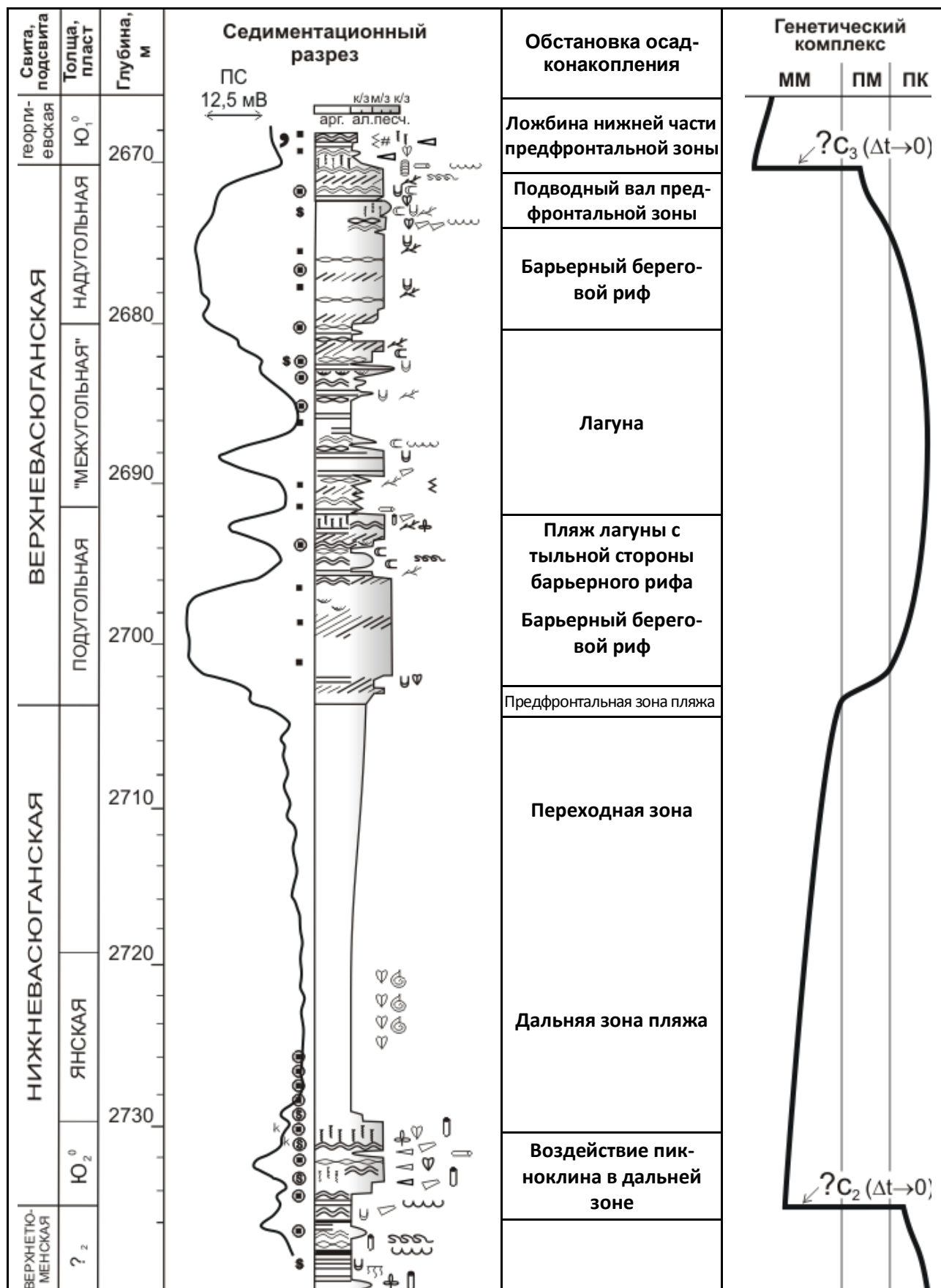


Рис. 3. Седиментационный разрез васюганской свиты; вскрытой Западно-Сороминской скв. № 16. Условные обозначения см. на рис. 1, 2

породами преимущественно полевошпатово-литокластито-кварцевого состава, умеренно плотными, местами слабопористыми. Породы массивные, косо-, волнисто-, реже горизонтальнослоистые. Обычно снизу вверх по разрезу в гранулометрическом составе обломочного материала наблюдается рост содержания более крупных фракций. Формирование отложений происходило в широком диапазоне обстановок: от предфронтальной зоны пляжа, нижнего пляжа и барьерного бара, отделяющего лагуну от моря, до устьевых бара фронта дельты. Содержание бора в глинистых породах составляет 75-100 г/т, что характерно для нормально-морских и солоноватоводных отложений. Граница между подугольной и межугольной толщами часто резкая эрозионная: на песчаниках подугольных пластов залегает уголь с пиритизированными остатками растений. Межугольная толща имеет очень пестрый литологический состав (неравномерное чередование алевролитов, аргиллитов, песчаников и углей) и генетически неоднородна. Она представлена русловыми, пойменными, озерно-болотными, дельтовыми и прибрежно-континентальными литофациями. Для пород характерно наличие большого количества углефицированного растительного детрита, отпечатков растений разного размера и сохранности, ризоидов, редких ихнофоссилий, пирита. Надугольная толща, включающая пласты Ю₁² и Ю₁¹, иногда разделенные алеврито-глинистой пачкой, сформировалась в основном в обстановках прибрежно-морского комплекса. Пласты представлены песчаниками мелко-, реже среднезернистыми, литокластито-полевошпатово-кварцевыми, массивными и с мелкой и тонкой волнистой, волнисто-линзовидной, косой слоистостью и слойчатостью. Для пласта Ю₁¹ характерна биотурбация, формирующая уровни с деформативной мелкопятнистой текстурой. Кроме того, пласт часто содержит многочисленные раковины скафопод и реофильных двустворок. Содержание бора в аргиллитах надугольной толщи составляет 98-110 г/т, что характерно для нормально-морских отложений. Пласты Ю₁¹ и Ю₁² формировались преимущественно в обстановках нижнего пляжа и подводных валов и отмелей предфронтальной зоны пляжа.

В наукаской свите по особенностям строения было выделено два основных типа разрезов. Первый сложен чередованием алевритовых и глинистых пачек с маломощными прослоями мелкозернистых песчаников (от первых сантиметров до 2 м). Сортировка пород средняя и плохая. Горизонтальная, волнистая и косая слоистость подчеркнута рассортировкой материала по крупности, тонким растительным детритом, фрагментами растений плохой сохранности. В подошве свиты в аргиллитах обнаружен детрит двустворок, единичный глауконит. Отложения формировались в обстановках дельтового комплекса (внутридельтового залива, малого устьевых бара, канала промоины, маршей). Во втором типе (вскрытом в основном на Парабельском и Пыль-Караминском мегавалах) в основании свиты залегает пласт песчаников полевошпатово-кварцево-литокластитовых массивных и косослоистых (6-8 м), образовавшийся в обстановке русла реки. Песчаники перекрываются аргиллитами, часто углистыми, с редкими прослоями алевролитов и углей. Харак-

терны обильные отпечатки стеблей растений и листьев папоротника. Формирование отложений происходило в обстановках пойменной равнины. В верхней части разреза наунакской свиты на углисто-глинистых отложениях залегают аргиллиты и песчаники мелкозернистые горизонтально- и волнисто-линзовиднослоистые с редким углефицированным растительным детритом, многочисленными конкрециями пирита. Содержание бора в аргиллитах на Толпаровской площади составляет 91 г/т, что характерно для обстановок с нормально-морской соленостью вод. Осадки формировались в прибрежно-континентальных и прибрежно-морских обстановках.

Нижняя подсвита абалакской свиты имеет преимущественно глинистый состав. В ее основании часто выделяется маломощный (до 2 м) песчано-алевритовый пласт Ю₂⁰, выше которого залегают однородные массивные тонкоотмученные аргиллиты с обильной морской фауной, пиритом, участками биотурбированные (ихнофоссилии *Chondrites*), сформированные в относительно глубоководных обстановках (дальняя зона) при очень низкой гидродинамике среды. Вверх по разрезу часто фиксируется постепенное увеличение в аргиллитах мелкоалевритовой примеси, появляется тонкая волнистая, волнисто-линзовидная градационная слойчатость, мелкая деформативная биотурбация. Формирование этих отложений происходило в дальней зоне при воздействии дистальных штормовых турбидитов, привнесивших в бассейн алевритовый материал и обогащавших придонные слои воды кислородом.

Импульс сноса материала – основа модели развития васюганского горизонта

В основу сценария формирования васюганского горизонта нами положены представления о том, что все основные «горизонтообразующие» события произошли в самом его начале, т. е. на рубеже малышевского и васюганского времени. В этот момент осадочная система была выведена из равновесия за счет поступления мощного импульса энергии извне, а в течение всего остального времени происходила релаксация системы, возврат ее в равновесное состояние в новых изменившихся условиях.

Прежде всего, на рубеже горизонтов произошли крупные региональные и межрегиональные перестройки структурного плана территории, обусловленные быстрыми тектоническими движениями – поднятиями в области сноса на юге Сибирской платформы и опусканиями в Западно-Сибирском осадочном бассейне. Эти движения можно рассматривать как взаимно компенсационные. «Омоложение» рельефа и возникновение новых барьеров на континенте привело к увеличению количества атмосферных осадков и водности рек. Совместное действие тектонического и климатического факторов привело к возникновению импульса водного и твердого стоков. Импульс имеет асимметричный характер: вначале сток резко возрастает, затем постепенно сокращается в течение всего цикла. Механизм образования импульсов стока в общем виде рассмотрен в работе [1].

Анализ последовательности событий ведется с конца малышевского времени. Этот этап характеризовался набором признаков, свойственных финальной стадии формирования осадочного цикла, – выравнивание рельефа в области сноса, дефицитный баланс материала в береговой зоне и как следствие развитие постепенной (миграционной) трансгрессии. Тем не менее морские фации в конце тюменского времени далеко не достигали тех пределов, с которых началось затем накопление морских осадков нижневасюганской подсвиты.

Исходя из изложенного, мы приходим к выводу, что на рубеже малышевского и васюганского горизонтов произошла «скачкообразная» трансгрессия, которую в масштабе геологического времени можно считать мгновенной. Ее причиной, как указано выше, было быстрое погружение территории Западно-Сибирского бассейна, происходившее одновременно с поднятиями в области сноса.

Интенсификация сноса осадков послужила причиной начала формирования васюганского горизонта и выразилась в отложении пачки конгломератов в основании тяжинской свиты. Продолжением этой пачки на аллювиальной равнине является песчаный пласт в основании наунакской свиты. На площади этот пласт не имеет сплошного распространения, что объясняется меандрированием рек.

При впадении рек в морской бассейн происходило торможение флювиальных потоков, твердые частицы в массовом количестве осаждались в устьевых зонах речных систем. При этом тонкий глинистый материал очень быстро усваивался бассейном и перераспределялся по всему шельфу. Песчано-алевритовый осадок накапливался вдоль береговой линии, формируя под воздействием приливно-отливных и волновых процессов пляжи, баровые постройки и другие прибрежно-морские геоморфологические единицы.

Вследствие избытка поступающего материала в береговой зоне сложился положительный баланс осадков, т. е. приход их с речным стоком в начале васюганского времени был больше расхода на перераспределение по бассейну. Поэтому береговые алевритопесчаные фации начали свое продвижение в сторону бассейна, что выразилось в формировании регрессивной подугольной, а затем прибрежно-континентальной и континентальной межугольной толщи.

В течение всего осадочного цикла снос осадков постепенно сокращался, и в определенный момент (по завершении формирования пласта Ю₁³) в береговой зоне произошла смена баланса с положительного на отрицательный. Расходная составляющая превысила приходную. В результате береговые фации стали отступать обратно, что отразилось в разрезе в виде трансгрессивной надугольной пачки. Следует отметить, что смена баланса произошла не на всей площади бассейна. На северо-востоке Западной Сибири поступление осадков оставалось доминирующим до самого конца васюганского времени. Это было связано с «работой» мощного источника сноса в северо-западной части Сибирской платформы.

На рубеже васюганского и георгиевского горизонтов события повторяются практически в той же последовательности. Трансгрессивная надугольная пачка перекрывается базальным пластом Ю₁⁰. Имеются некоторые отличия от малышевско-васюганского события качественного характера. Континентальные фации георгиевского горизонта практически не известны, и асимметрия его мощностей выражена гораздо сильнее, чем васюганского горизонта.

Образованные в результате келловейского и кимериджского трансгрессивных событий и залегающие в основании морских отложений васюганского и георгиевского горизонтов базальные пахомовская и барабинская пачки (пласты Ю₂⁰ и Ю₁⁰) имеют ряд литофациальных особенностей. Для них характерно чрезвычайно широкое латеральное распространение при весьма небольших толщинах (от <1 до 2-3 м). В керне пачки хорошо распознаются, принципиально отличаясь от подстилающих и перекрывающих отложений. Они представлены плохо сортированными глинистыми песчаниками и алевролитами, часто биотурбированными, с многочисленными рострами белемитов, раковинами морских двустворок и фораминифер. Породы часто кальцитизированы, имеют повышенное содержание фосфатов, насыщены диагенетическими минералами железа (пирит, сидерит, глауконит). Причем для пахомовской пачки характерна интенсивная сидеритизация, обуславливающая желтовато-буроватый цвет пород, часто присутствуют карбонатные оолиты. Барабинская пачка имеет темно-зеленый оттенок за счет породообразующего глауконита. На подстилающих отложениях указанные пачки часто залегают с видимыми следами размывов. Появление в разрезе столь специфических образований интерпретируется нами как следствие развития пикноклина. В современной океанологии под этим термином понимается скачок плотности воды, обусловленный изменениями температуры и/или солености морских вод. Из изложенного выше сценария развития васюганского горизонта естественным образом следует, что в начале васюганского осадочного цикла в полузамкнутый бассейн (каким и являлось позднеюрское Западно-Сибирское море) поступало большое количество речного стока. В таких условиях образование пикноклина неизбежно.

В интервале глубин, отвечающих скачку плотности воды, происходит много характерных явлений [3]. Слой пикноклина обладает рядом свойств, которые могут иметь важное геологическое значение. Прежде всего, в этом слое резко возрастает биопродуктивность, поскольку оседающие сверху частицы планктона «плавают» на нем. Планктон привлекает остальных обитателей моря (рыб и т. д. – полная трофическая цепь). В тех участках, где пикноклин выходит на морское дно, во-первых, происходит расцвет бентосных организмов, а во-вторых, формируются своеобразные аутигенные компоненты донных осадков (глауконит, фосфоритовые конкреции и т.д.). Наконец, на поверхности раздела слоев воды с разной плотностью образуются внутренние волны, что в местах выхода пикноклина на дно приводит к размыву донных осадков вплоть до полной их эрозии. Это выражается в соответствующем

щих седиментологических признаках. Иными словами, формируется полный комплекс свойств осадков и биоценозов, характерный для ультрамелководных фаций, но на существенных глубинах. Мы можем убедиться, что полный набор таких признаков характерен для пластов Ю₂⁰ и Ю₁⁰. Принципиально важно, что сочетание подобных условий возникает только на начальном этапе формирования осадочного цикла. При постепенном сокращении речного стока пикноклин сначала поднимается, а затем разрушается полностью. Это объясняет, почему пласт Ю₂⁰ развит только в нижней части васюганской свиты, а на регрессивном этапе он не возвращается.

Заключение

Таким образом, приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Механизм формирования отложений васюганского горизонта определялся импульсом сноса материала – резким возрастанием объемов сноса в начале и постепенным его сокращением в течение всего цикла.

2. Трансгрессии и регрессии разделяются на два типа – событийные и миграционные. Ряд трансгрессивно-регрессивных событий обоих типов в интервале конец мальшевского – начало георгиевского времени представляется в такой последовательности: (1) миграционная трансгрессия в конце формирования тюменской свиты, (2) событийная трансгрессия на рубеже мальшевского и васюганского горизонтов, (3) подугольная миграционная регрессия, (4) надугольная миграционная трансгрессия, (5) событийная трансгрессия на рубеже васюганского и георгиевского горизонтов, (6) миграционная регрессия в начале формирования георгиевской свиты.

3. Васюганский горизонт сверху и снизу ограничен изохронными событийными уровнями. Их изохронность определяется тектоно-климатической природой событий на рубежах горизонтов. Тектонический аспект заключался в быстрых поднятиях в области сноса и компенсационных опусканиях в погружающемся бассейне. Климатические перестройки выражались в резком увеличении водного стока в самом начале васюганского времени и постепенном его сокращении в течение всего цикла.

Библиографический список

1. **Бейзель А. Л.** Изменения интенсивности сноса осадков – основной фактор образования осадочных комплексов (на материале юры Западной Сибири) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 5-6. С. 34-44.

2. **Белозеров В. Б., Даненберг Е. Е., Огарков А. М.** Особенности строения васюганской свиты в связи с поиском залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Тр. СНИИГГИМС, вып. 275, 1980. С. 92-100.

3. **Емельянов Е. М.** Барьерные зоны в океане. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.

4. **Карогодин Ю. Н., Гайдебурова Е. А.** Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). Новосибирск: Наука, 1985. 112 с.

5. **Конторович А. Э., Казаненков В. А., Вакуленко Л. Г., Топешко В. А., Саенко Л. С., Николенко О. Д., Миткарев В. А.** Палеогеография центральных и южных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна в батское время // Материалы Первого Всероссийского совещания «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». М.: ГИС РАН, 2005. С. 141-143.

6. **Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири.** Новосибирск, 2003 г. Новосибирск, 2004. 115 с.

7. **Ян П. А., Вакуленко Л. Г., Бурлева О. В., Аксенова Т. П., Микуленко И. К.** Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных зонах Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 11-12. С. 1897-1907.

УДК.552.578.2.061.4 + 553.068.3 (571)

**В. И. Русский¹, Ю. Н. Федоров², В. Г. Криночкин²,
М. Ф. Печеркин², С. А. Коротков¹**

¹Уральский гос. горный университет, ²ТФ ООО «КогалымНИПИнефть»

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И СТРОЕНИИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ПОРОД ДОЮРСКОГО ОСНОВАНИЯ ШАИМСКОГО НГР ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НГП

В последние годы образование кор выветривания (КВ) пород фундамента Западно-Сибирской плиты как перспективный объект для поиска УВ вызывает большой интерес у геологов [1, 8, 9, 14 и др.]. В настоящей статье приводятся новые данные о составе и строении КВ пород доюрского основания Шаимского НГР. Объектом исследования явились образцы КВ, отобранные по керну 8 скважин: Кетлохского (скв. 10905р), Сыморьяхского (скв. 7919, 7939, 7266), Восточно-Лазаревского (скв. 10690р, 10682), Яхлинского (скв. 10670) и Тальникового (скв. 6825) месторождений. Из образцов в шлифовальной мастерской ИГГ УрО РАН изготовлены и на кафедре ЛГГИ УГГУ изучены прозрачные шлифы. Ниже дается обобщенная характеристика КВ, вскрытых выше названными скважинами. Приведены (табл. 1) и использованы также результаты исследований рентгенофазовым и термическим методами 20

Таблица 1

**Фазо-минеральный состав (%) образцов КВ пород доюрского основания Шаимского НПР
(по Т. Я. Гуляевой и В. Г. Петрищевой, с добавлениями и изменениями)**

Место-рождение	Скважина; глубина, м (номер образца)	Название породы	Исходных пород										Минералы						
			полевой шпат	пироксен	амфибол	хлорит	слюда (серпент)	гидрослюда	каолинит	монтмориллонит	кварц	кальцит	халцедон	сидерит	пирит	шамозит			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Кетловское	10905р	КВ-каолинит-сидерит-гидрослюдистого состава	5-10		5-7		До 40	15**	5-10					20					
	10905р	КВ кварц-каолинит-гидрослюдистого состава	Сл				35-40	15	10		10		До 20-25?	7					
	10905р	КВ кварц-гидрослюда-каолинит-сидеритового состава				5	Сл	10	30		10			35					
	2163,0	КВ халцедон-гидрослюда-каолинитового состава	До 10	До 15			20	40-45	10										
	10905р																		
	2166,0																		
Сьморьяхское	7919	КВ каолинитового состава	5-7						85		5			5					
	2124,7																		
	7919	КВ сидерит-каолинитового состава	До 5						65					30					
	2128,0																		
	7919	КВ каолинит-сидеритового состава	5-10						40		5			45					
	2132,0																		
	7939	КВ монтмориллонит-плагиоклаз-сидеритового состава	20-25			5				15-20	5			40	5				
	2113,5																		
	7939	КВ плагиоклаз-монтмориллонит-сидеритового состава	До 20*				Сл	10	5	20-25	5			35					
	2115,0																		
	7939	КВ сидерит-монтмориллонит-плагиоклазового состава	40-45*						5	20-25	5	7-8		15					
	2116,0																		
	7939	КВ сидерит-монтмориллонит-плагиоклазового состава	До 35*						5-10	10	5	8		20					
	2119,0																		
7266	КВ каолинит-полевой-шпат-карбонатного состава	До 10*				Сл	До 5	10		5	11-12	До 15?	35	5-10	Сл				
2113,5																			
7266	КВ монтмориллонит-каолинит-сидеритового состава							15-20	10		3		65	До 2	Сл?				
2117,0																			

Продолжение таблицы 1

Место-рождение	Скважина, глубина, м (номер образца)	Название породы	Минералы																
			исходных пород								коры выветривания								наложенные
			полевой шпат	пироксен	амфибол	хлорит	слюда (серпикит)	гидрослюда	каолинит	монтмо-рилонит	кварц	кальцит	халцедон	сидерит	пирит	шамозит			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Восточно-Лазаревское	10682	КВ гидрослюдисто-кварц-каолинитового состава КВ кварц-сидерит-каолинитового состава КВ кварц-каолинитового состава	Сл					До 10	70		15			До 5					
	2191,7																		
	10682								60		15				20				
	2193,5																		
	10690p								5	50		До 40			До 5				
	2153,5																		
Яхлинское	10690p	КВ кварц-гидрослюдисто-каолинитового состава	До 10*				Сл	10	70		10								
	2155,0																		
Тальниковое	10670	КВ кварц-каолинит-сидеритового состава							10		10			До 80	1-2				
	2345,9																		
Тальниковое	6825	КВ каолинит-кварцевого состава	До 15						25-30		45			10					
	1782,5																		
	6825								До 5	20		50			До 25?				
	1784,5																		

Примечания. * плагиоклаз; ** каолинит + хлорит.

Аналитики: с.н.с., к.г.-м.н. Т. Я. Гуляева (рентгенофазовый анализ), н.с. В. Г. Петрищева (термический анализ); ИГГ Уро РАН, г. Екатеринбург.

образцов КВ (аналитики: с.н.с., к.г.-м.н. Т. Я. Гуляева и н.с. В. Г. Петрищева, ИГГ УрО РАН).

Рентгенофазовые исследования порошковых проб проводились на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 при ускоряющем напряжении 35 кВ и токе 25 мА в фильтрованном медном излучении, скорость съемки 1 °/мин. Запись спектра (дифрактограммы) велась в области углов 3 – 70 ° на мониторе ПЭВМ, состыкованном с дифрактометром. Пробы, содержащие монтмориллонит, исследовались в четырех состояниях: исходный образец, исходный ориентированный, насыщенный этиленгликолем и отожженный до 600 °С в течение 1 часа. При насыщении пробы этиленгликолем базальный рефлекс монтмориллонита $d_{001} = 12 - 14 \text{ \AA}$ смещается до 17 Å, а после отжига монтмориллонит теряет межслоевую воду, и этот рефлекс смещается до 10 Å.

Термоаналитические исследования проводились на дериватографе Q-1500 Д (Венгрия) в идентичных условиях: навеска 500 мг, температурный диапазон 20-1000 °С, скорость нагрева 10 град/мин; атмосфера печи – воздух; чувствительность весов 1 мг на 1 дел. шкалы; инертное вещество – прокаленный оксид алюминия; температура измеряется в центре образца; тигли – платина; термодпары: Pt – (Pt + 10 % Rh). Из одной навески снимались четыре термические кривые: ДТА – дифференциальная термическая кривая; Т – температура в центре образца; ТГ – кривая изменения массы; ДТГ – скорость изменения массы. Для определения количества кварца снимались кривые охлаждения ДТА и Т от 1000 до 500 °С, количество кварца определялось по высоте экзопика $\alpha \leftrightarrow \beta$ перехода с погрешностью (+ 5 %). Все остальные фазы определены примерно с этой же погрешностью.

Результаты выполненных исследований (дифрактометрические и дифференциальные термические кривые) сопоставлены с аналогичными по известной справочной и методической литературе [2, 6, 7, 10, 15, 16].

Как известно из работ предыдущих исследователей, формированию осадочного чехла Западно-Сибирской плиты предшествовал период длительного относительного тектонического покоя в условиях теплого и влажного климата, способствовавшего выравниванию расчлененного рельефа фундамента, развитию физико-химических процессов выветривания и образованию формации КВ (Ясович и др., 1987; Гурари и др., 1987; Сынгаевский, Хафизов, 1999 и др.). В соответствии с возрастом перекрывающих осадочных пород (тюменская свита средней юры) и самых молодых, подвергавшихся выветриванию образований (триасовые вулканиты; Федоров и др., 2004) возраст рассматриваемой коры выветривания является раннемезозойским (в интервале времени поздний триас – ранняя юра). По морфологическим признакам, как отмечали предыдущие исследователи [4, 5], опирающиеся на значительно больший фактический материал, в пределах Шаимского НГР установлены КВ двух типов: площадные, развитые регионально, и линейные (линейно-трещинные), приуроченные к древним дизъюнктивным нарушениям в фундаменте. Не исключена принадлежность, хотя бы частично, ко второму типу рассматриваемых нами КВ в скважинах Котловская 10905р и Восточно-

Лазаревская 10682, в которых менее выветрелые породы местами залегают по глубине выше более выветрелых (табл. 1, 2). Мощность рассматриваемых нами КВ по восьми скважинам находится в пределах от 3,5 – 4,8 до 43,9 – 44,0 м. По данным предыдущих исследователей породы доюрского основания Шаимского района подверглись воздействию процессов выветривания на глубину 60-80 м [4, 5] и даже до 100 м [9]. По-видимому, следует согласиться с мнением И. И. Нестерова и Б. С. Погорелова [11], которые объясняют указания на такие большие значения мощностей КВ отнесением к ней не только пород, подвергнувшихся интенсивному химическому выветриванию (структурный элювий), но и пород начальной стадии изменения, соответствующих нижним горизонтам зоны дезинтеграции.

Работами отечественных геологов выявлена четко выраженная вертикальная зональность, формирующаяся в длительном процессе образования КВ (Поленов, 1934; Гинзбург и др. 1946, 1947; Петров, 1967 и многие другие). Рассматриваемые нами профили КВ, согласно классификации А. П. Никитиной, И. В. Витовской и К. К. Никитина [12] относятся к неполному типу. В таблице 2, наряду с «эталонным» профилем КВ, описанным сотрудниками ИГЕМ [12] и установленными нами по 8 выше упомянутым скважинам, приведены профили КВ, главным образом, по породам основного состава, выявленные в Приуральской НГО предыдущими исследователями (Березовский [11] и Шаимский [3, 4, 5] районы). По преобладающим геохимическим процессам и минеральному составу в них выделены следующие зоны (снизу вверх: дезинтеграции, выщелачивания и гидролиза (неполного)). Зона конечного гидролиза, обычно завершающая полный латеритный профиль, в Шаимском районе не установлена. Известные находки латеритов в триасовых образованиях Челябинского грабена и Богословско-Веселовской депрессии на восточном склоне Урала, а также ссылки на их присутствие в корах выветривания Березовского НГР [11] позволяют предполагать, что латеральный профиль в этом регионе имел место, но в период после его образования и до перекрытия КВ юрскими отложениями верхняя зона (конечного гидролиза) была эродирована. По этой же причине в описанных нами КВ отсутствуют охристые образования в верхах зоны гидролиза, наличие которых в профилях по аналогичным исходным породам отмечают другие авторы (табл. 2). В изученных нами остаточных корах выветривания выделены различные, но в целом близкие геохимические профили, среди которых преобладает гидрослюдисто-каолинитовый (см. табл. 2). Из числа исследованных образцов подавляющее большинство принадлежит нижним горизонтам зоны выщелачивания.

Прежде чем дать краткую характеристику отдельных зон профилей выветривания (общую для всех профилей из-за близости состава исходных материнских пород), отметим особенность кор выветривания этого региона, которая прослеживается как в разрезе КВ по каждой из нами изученных скважин, так и в той или иной степени отмечавшаяся предыдущими исследователями. Речь идет о присутствии в продуктах выветривания наложенных минералов: сидерита, пирита, меньше – лептохлорита (типа шамозита), заме-

Таблица 2

Сопоставление некоторых профилей кор выветривания

		УГТУ (2006). Распределение изученных образцов по зонам коры выветривания											
		Тип профиля - неполный											
		Наименования профилей по изученным скважинам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		А. П. Никитина, И. В. Витовская, К. К. Никитин (1971) Тип профиля – неполный Наименование профиля – гидрослодисто-каолинитовый	И. И. Нестеров, Б. С. Погорелов (1971) Тип профиля - полный	Е. Г. Журавлев, Т. А. Липинская, Е. Л. Курбала, Ю. Б. Файн (1973) Тип профиля – неполный Наименование профиля - каолинитовый	С 7939 каолинит-гидрослодисто-монтмориллонитовый	К 10905р гидрослодисто-каолинитовый	Т 6825 каолинит-кварцевый	ВЛ 10682 гидрослодисто-каолинитовый	ВЛ 10690р гидрослодисто-каолинитовый	Я 10670 каолинит-кварцевый	С 7266 монтмориллонит-гидрослодисто-каолинитовый	С 7919 каолинитовый	Геохимические зоны и подзоны
Геомические зоны коры выветривания	Конечного гидролиза (в полном профиле отсутствует)		Максимум разложения, образование глинозема, кремнезема и гидроксидов железа. Образование сидерита, кальцита, шпирита, леглохлорита; характерно присутствие сферосидерита										
	Гидролиза (неполного)	Каолинит по всем предыдущим минералам, гидроксиды железа с примесью монтмориллонита и других минералов	Развитие каолинита, гидрослоды, гидроклорита, кварца, оксидов железа. Порода представляет собой глинистую массу, сохраняет пятнистость и первоначальную структуру. Каолинит загрязнен гидроксидами железа	Каолинит, иногда обожривание, обычно наложённые сидерит, шпирит			2193,5						
	Выщелачивания	Гидрослоды по плагиоклазам и слодам; гидроклориты по гипогенным хлоритам, темноцветным минералам и вулканическому стеклу	Частичный вынос. Изменения темноцветных минералов, их замещение хлоритом, гидроклоритом, гидрослодой, выделение лейноксена	Каолинит-монтмориллонит-гидроклорит-гидрослода-гидроклорит			2163 2166		2191,7	2153,5		2124,7 2126	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Геомические зоны коры выветривания	Механической тетраэдри с начальной гидратацией, выщелачиванием и окислением вдоль трещин	Скопления и прожилки карбонатов и минералов кремнезема	Физическое разрушение, изменения по трещинам. Порода разбита на блоки. Текстуры и структурные особенности сохраняются	Монтмориллонит-гидрохлорит-гидрослюда; гидрохлорит; гидрослюда-гидрохлорит. Часто смешанослойные минералы и гидротетраэдрит. Частично плагиоклаз, хлорит	2113,5 2115 2116 2119 2123	2156 2159	1782,5 1784,5	2196,5 2203	2196	2395,9 2397	2113,5 2117	2132	Выщелачивания
				Гипергенные минералы вдоль системы микротрещин. Каолинизация плагиоклазов, гидрохлорит, смешанослойные образования, гидрослюда, монтмориллонит, нонтронит, гидроокислы и окислы железа, лейкоксен	2200	1797	2398	Дезинтеграции					
Неизменная часть материнской породы		Базальты, долериты, габбро, габбро-амфиболиты	Неизменная часть материнской породы	Интрузивные и излившиеся породы группы габбро	Вулкано-генно-обломочная порода	Вулканы основного состава	2235	2399	Пелитоморфный известняк				

Примечания. 1. Месторождение и номер скважины (С – Сыморьяхское, 7939, 7266, 79,19; К – Кетлохское, 10905р; Т – Тальниково, 6825; ВЛ – Восточно-Лазаревское, 10682, 10690; Я – Яхлинское, 10670).

2. 2193,5 – номер образца, глубина отбора, м.

щающих минералы первичной остаточной КВ и образовавшихся благодаря инфильтрации застойных вод в сформировавшуюся уже КВ. Следует отметить, что развитие такой наложенной минерализации в КВ как следствие просачивания иловых вод из перекрывавших их водоемов с застойными условиями и раньше отмечалось разными авторами (например, в верхних горизонтах кор выветривания Серовского месторождения гипергенных никелевых руд – зоне «позднего гипергенеза»: Куземкина, 1965; Григорьева, 1965; Русский, 1971 и др.). Развитие подобной наложенной минерализации отмечалось и в погребенных КВ на породах фундамента в нефтегазоносных провинциях. Так, Е. Г. Журавлев с соавторами (1972) отписывают новообразования, представленные сферолитами сидерита и кристаллами пирита в КВ под живецкими и франскими отложениями Волго-Уральской НГП, связывая их образование с действием на продукты выветривания морской воды после трансгрессии. Эти же авторы для Шаимского НГР отмечают обесцвечивание обохренных разностей верхних горизонтов зоны гидролиза, где придонные воды мелководных морских и озерных бассейнов, перекрывавших выветрелые породы фундамента, создавали восстановительную среду, в которой окисные формы железа (гидроксиды) переходили в закисные (сидерит и пирит) [4]. И. И. Нестеров и Б. С. Погорелов [11] для кор выветривания Березовского района отмечают развитие сидерита, пирита, лептохлорита вследствие проявления в верхних горизонтах КВ «...позднейших процессов наложения...». П. Е. Сынгаевский и С. Ф. Хафизов [14] пишут о «...значительном количестве мелких сфероидальных новообразований сидерита...» в верхних частях формации КВ Западно-Сибирского бассейна, переработанных и перетолженных *in situ*.

Ниже дается краткая сводная характеристика зон коры выветривания по изученным нами 8 скважинам.

Нижняя зона КВ – *зона дезинтеграции* - присутствует повсеместно и имеет максимальную вскрытую мощность до 33,5 м (скважина Кетлохская 10905р). Гипергенные минералы имеют в ней подчиненное значение, развиваясь, главным образом, вдоль системы микротрещинок пород, сохраняющих первичные структурные и текстурные особенности. Окраска в выветрелых участках пород светлеет. Ассоциации и количественные соотношения гипергенных минералов неодинаковы в нижних и верхних горизонтах зоны дезинтеграции.^{*)} Так, в нижней части зоны (образцы ВЛ 10682/2235; Я 10670/2399) это, как правило, тонкие прожилки кальцита. В верхней части зоны, кроме кальцита, появляются признаки выветривания плагиоклазов (тонкие «волосняные» прожилки гидрослюды); прожилки кальцита. В верхней части зоны появляются признаки выветривания плагиоклазов (прожилки гидрослюды; агрегаты халцедона); темноцветных (развитие хлорита и гидрохлорита) и рудных (гидроксиды железа) минералов.

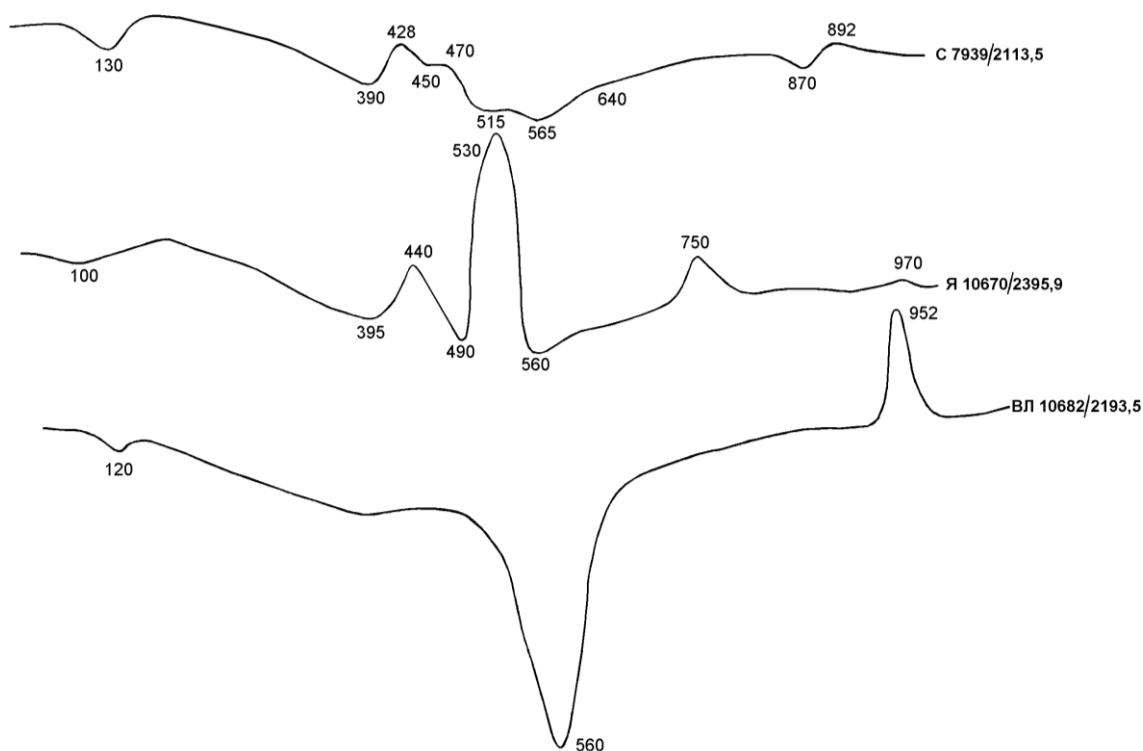
^{*)} Здесь и далее каждую из характеризуемых зон мы условно подразделяем на подзоны (или горизонты), так как они различаются количественным соотношением минералов выветривания (и исходных пород).

Зона выщелачивания является наиболее развитой и имеет мощности от первых метров (скв. Яхлинская 10670 и Сыморьяхские 7266 и 10690) до 39,8 – 41,1 м (скв. Восточно-Лазаревские 10682 и 10690р). По сравнению с исходными внешний облик пород изменяется, окраска светлеет, характерны блеклые серые, зеленовато-серые, серовато-зеленые, реже – зеленые тона. Первичные структурные и текстурные признаки ослабевают, и породы становятся более однородными. Кора выветривания нижних горизонтов зоны выщелачивания имеют наиболее сложный, в основном каолинит-гидрослюдисто-монтмориллонитовый, каолинит-гидрослюдистый, реже – гидрослюдисто-каолинитовый состав. Количество монтмориллонита, образующегося при выветривании темноцветных минералов, здесь достигает 20 – 25 %, а гидрослюда и каолинита, замещающих плагиоклазы, до 40 % (см. табл. 1, 2).

Монтмориллонит, количество которого в корях выветривания вулканитов основного состава достигает 20-25 %, замещает, вместе с хлоритом, лейсты плагиоклазов или совместно с гидрослюдой развивается по материалу интерстиций исходной породы. На дифрактограммах проб С 7939/2113,5; 2115,0; 2116,0 монтмориллониту принадлежат отражения^{*)} 12,44; 11,7115; 4,4668 – 4,4812; 12,1151* - 12,2830*; 4,4668 – 4,4937*; 16,8344**; 4,5064** Å. На дифференциальных кривых нагревания (ДТА) этих же проб монтмориллониту отвечают эндотермические эффекты 130 – 140, 635 – 640, 858 – 870 °С (см. рисунок). Гидрослюда, чаще вместе с каолинитом, также замещает как лейсты плагиоклазов (до псевдоморфоз), так и материал интерстиций. На дифрактограммах проб К 10905р/2156, 2159 ей принадлежат отражения 10,132 – 10,19; 5,001 – 5,018; 10,1699*; 10,0546**; 5,0315*** Å. Каолиниту на дифрактограмме исходного образца С 7191/2132 соответствуют отражения 7,1437; 2,3387 Å. На кривых ДТА образцов С 7919/2132, К 10905р/2156, 2159 четко выражены эндотермические эффекты при 545 – 555 °С, отвечающие каолиниту и гидрослюде, а также экзотермический эффект каолинита при 950 °С.

В целом же количество минералов выветривания в отдельных пробах сильно изменяется. Как правило, в этой подзоне сохраняется значительное количество минералов материнских пород: плагиоклазов – до 40 – 45 %, пироксенов – до 15 %, хлорита – до 8 %. Из второстепенных минералов выветривания отмечается присутствие кальцита – до 12 %. На дифрактограммах проб С 7266/2113,5; 2117 ему отвечают отражения 3,0335; 3,0274; 2,0194 Å; а на кривых ДТА – эндотермические эффекты при 860 – 890 °С. Появляются наложенные минералы – сидерит и пирит, для которых характерно крайне неравномерное распределение (сидерита до 80 %, образец Я 10670/2395,9). Сидериту на дифрактограмме этого исходного образца принадлежат отражения 2,7979; 2,1320; 1,7348 Å, а на кривой ДТА – эндотермический эффект при 490 °С и экзотермический – при 750 °С (см. рисунок). Присутствие пирита на этой же кривой ДТА, а также образцов С 7266/2113,5; 2117 подтверждают экзотермические эффекты при 425, 435, 440, 455 и 465 °С.

^{*)} Здесь и далее * - исходный ориентированный образец; ** - образец, насыщенный этиленгликолем; *** - образец после обжига.



Кривые нагревания образцов кор выветривания пород доюрского основания Шаимского НГР

В верхних горизонтах (подзоны) зоны выщелачивания в составе коры выветривания уже преобладает каолинит^{*)} – до 65 – 70 %, при постоянном присутствии гидрослюда и кварца. Эти три минерала являются здесь основными «корообразующими». В небольшом количестве сохраняются более устойчивые из породообразующих минералов материнских пород плагиоклазы. Из наложенных минералов по-прежнему преобладают скопления сидерита. Каолинит в шлифах наблюдается в виде изогнутых червеобразных агрегатов, в скрещенных николях обнаруживает эффект флюидальной структуры, участками образует с гидрослюдой тонкочешуйчатые агрегаты. Сидерит присутствует в виде отдельных зерен или, чаще, агрегатов зерен типа сферосидеритов, радиолитов (по терминологии Г. Н. Теодоровича, 1958), обычно в ассоциации с пиритом. На дифрактограммах исходных образцов С 7919/2128 и ВЛ 10690р/2155 каолиниту принадлежат интенсивные отражения 7,1553 – 7,1900; 3,5673 – 3,5814; 1,485 Å; кварцу – 3,3458; 1,8172; 1,5420; 1,3740 Å; гидрослюде – 10,1555; 4,475 Å; сидериту – 3,5814; 2,7979; 2,3999; 1,743 Å. На

^{*)} По мнению ряда авторов [1, 8 и др.], зона контакта орточехол – низзалегавшие образования является областью разгрузки гидротермальных флюидов. Последние могли оказывать влияние на коллекторские свойства и состав КВ, в частности, образовывать здесь глинистые минералы типа диккита. Последний М. Ф. Соколовой и Г. Н. Перозно установлен в отложениях тюменской свиты, где он наряду с каолинитом развивается по полевым шпатам (Наумов, 1989). По мнению Т. Я. Гуляевой, в исследованных нами пробах не исключена небольшая (< 10 %) примесь диккита, однако резко преобладает каолинит: на кривых ДТА интервал разрушения каолинита 500 – 650 (ник 540 – 600) °С, у диккита – соответственно 600 – 750 (ник 680 – 700) °С; у изученных образцов ник около 560 °С (см. рисунок).

кривых ДТА этих проб каолиниту отвечают эндоэффекты при 555 – 560 °С и экзоэффекты при 950 – 958 °С.

Зона гидролиза, имеющая незначительную (по-видимому, вследствие размыва) мощность (0,8 – 2,5 м), характеризуется преобладанием двух минералов коры выветривания – каолинита (50 – 85 %) и кварца (до 40 %). Несмотря на небольшое число отнесенных к этой зоне изученных образцов, все же мы попытаемся выделить и в ней два горизонта. В нижнем сохраняется какое-то количество «реликтовых» минералов исходных пород (выветрелые плагиоклазы) и промежуточных продуктов стадийного выветривания (гидрослюды). Под микроскопом породы представляют собой тонкочешуйчатые, веерообразные, иногда флюидального облика агрегаты преобладающего каолинита и гидрослюды, в которых присутствуют как единичные зерна, так и прожилки и линзовидной или неправильной формы скопления кварца. Сидерит наблюдается также как в виде единичных зерен, так и стяжений округлой формы радиально-лучистого строения. На дифрактограммах образцов ВЛ 10682/2191,7; ВЛ 10690р/2153,5; С 7919/2124,7; 2126 отражения максимальной интенсивности принадлежат: каолиниту – 7,1553 – 7,2017; 4,362; 3,570 – 3,5786; 2,3375 – 2,3399; 1,6648; 1,4874; 7,1668*; 3,5684*; 2,3334* Å; кварцу – 3,3434 – 3,3458; 1,8172 – 1,8186; 1,5413; 4,2549*; 3,34*; 2,4550 Å; гидрослюде – 10,040; 4,4757 – 4,4844; 10,0* Å; сидериту – 2,7878 – 2,7945; 2,3425; 2,7962* Å. На кривых ДТА эндотермические эффекты отвечают: при 555 – 560 °С – каолиниту, при 110 – 120 °С – гидрослюде; экзотермический эффект при 985 – 990 °С – каолиниту.

В верхнем горизонте (образец ВЛ 10682/2193,5; см. табл. 2) из минералов выветривания присутствуют только кварц и каолинит. Отмечается наложенный сидерит, хотя максимальное количество этой минерализации (сидерит, пирит, лептохлорит) установлено в зоне выщелачивания.

В верхней части зоны гидролиза, то есть в наиболее глубоко измененных исходных породах, в значительной степени исчезают различия в продуктах выветривания, сформированных на породах фундамента разного петрографического состава. Породы здесь имеют светло-зеленовато-серую окраску и почти однородное строение. Первичные структурные и текстурные признаки в значительной степени утрачены, к тому же и изменены наложенной минерализацией. Под микроскопом в породе преобладает каолинит в виде криптокристаллической «основной массы», в которой наблюдаются участки, сложенные «облачными» и линзовидными скоплениями зерен кварца, стяжениями (сферолиты, радиолиты) сидерита, в центре которых присутствуют зерна пирита. На дифрактограмме исходного образца отражения максимальной интенсивности принадлежат: каолиниту – 7,1900; 3,5589; 2,334 Å; сидериту – 2,7979; 2,3340 Å; кварцу – 4,2388; 3,3336 Å. На кривой ДТА эндотермический эффект при 560 °С и экзотермический при 952 °С отвечают каолиниту (см. рисунок).

«Классическая» зональность коры выветривания, в которой снизу вверх по разрезу убывает количество минералов исходных пород и возраста-

ет, причем с наблюдаемыми стадийными превращениями (плагиоклаз→гидрослюда→каолинит), участие в строении породы минералов выветривания проявляется не везде (как, например, в скважине Сыморьяхская 7919: количество каолинита растет в ряду глубин 2132 м → 2128 м → 2124,7 м соответственно 40 % → 65 % → 85 %). По-видимому, причины этого две: неравномерное выветривание исходных пород (скорее из-за неодинаковой их «подготовленности» – тектонической нарушенности) и опять же неравномерное развитие наложенной инфильтрационной минерализации.

Несколько особняком от кор выветривания вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород стоят выветрелые известняки, в которых гипергенные минералы представлены, главным образом, скоплениями зерен кальцита и кварца (образец Я 10670/2395,9; 2397), что согласуется с известными из литературных источников описаниями кор выветривания карбонатных пород [13], а наложенная минерализация – преимущественно сидеритом, меньше – пиритом (результаты рентгенофазовых и термоаналитических исследований их приведены ранее).

В заключение краткой характеристики сводного профиля коры выветривания отметим, что в образцах из зон гидролиза и выщелачивания присутствуют пятнистые выделения и, главным образом, микропрожилки органического вещества битумного типа.

Как известно, коры выветривания пород фундамента Западно-Сибирской плиты, представляющие собой сложные порово-трещинные коллекторы, образуют обычно единый резервуар с прилегающими к ним на склонах поднятий фундамента песчаными отложениями юры. С такими ловушками связаны, в частности, залежи нефти в Шаимском НГР (литолого-стратиграфические на Мортемья-Тетеревском и структурно-литологические на Мулымьинском месторождениях; Елисеев, Нестеров, 1987, 1994) и Среднем Приобье (Федоров, 1984; 1987). Вопросами пористости пород КВ, заключающих в себе залежи углеводородов, уделялось внимание многими исследователями. Так, по данным Е. Г. Журавлева с соавторами [4, 5], в зоне дезинтеграции, сохраняющей в основном структурно-текстурные особенности исходных пород, происходит разуплотнение, дезинтеграция по микротрещинам, в результате чего они приобретают свойства коллектора. Открытая пористость пород КВ здесь изменяется от долей процента до 15 – 20 % (в среднем 5,6 %). В породах зоны выщелачивания, являющихся также и коллекторами трещинного типа, происходит дальнейшее увеличение пористости продуктов выветривания, составляющих значения от десятых долей до 25 – 30 %, а проницаемость составляет от долей единицы до 7 – 10 мД [3]. КВ, развитая на породах основного состава (как и в большинстве рассмотренных нами профилей), сложена преимущественно глинистыми минералами (в том числе набухающими минералами группы монтмориллонита), поэтому открытая пористость ее в среднем в 2 – 2,5 раза меньше, чем в аналогичной зоне по кислым кварцсодержащим породам [4, 5]. На более высокие ФЕС КВ кислых пород (по сравнению с выветрелыми основными), сохраняющих в течение

длительного времени жесткий каркас породы за счет относительно более стойких к выветриванию зерен кварца, меньше – кислых плагиоклазов и микроклина, указывают и Н. Л. Мариненкова с соавторами [9]. В зоне гидролиза, в составе которой существенно преобладают глинистые породы, заметно уплотняющиеся под действием вышележащих осадочных пород, происходит снижение открытой пористости, изменяющейся от долей процента до 5 – 6 % (в среднем 2,86 %). Е. Г. Журавлев с соавторами отмечают, что это снижение пористости относится к верхним горизонтам зоны гидролиза, тогда как в нижних горизонтах она близка к таковой пород зоны выщелачивания.

Таким образом, при рассмотрении перспектив нефтегазоносности кор выветривания, наряду с «общегеологическими» факторами, такими как тектоническая нарушенность пород фундамента, зональность строения КВ, возможность миграции УВ в продуктах выветривания, геоморфологическая позиция КВ по отношению к рельефу фундамента, следует обращать внимание и на петрографический состав выветривавшихся пород и как следствие на их коллекторские свойства. Недостаточно изученным, с нашей точки зрения, является вопрос влияния на ФЕС пород верхних горизонтов КВ эпигенетической по отношению к ней наложенной минерализации (так, например, В. Г. Криночкин с соавторами [8] считают, что существенно глинисто-сферосидеритовые образования КВ представляют собой, скорее, флюидоупор, чем коллектор), присутствие которой установлено в разных НГР Приуральской НГО.

Библиографический список

1. **Белова Е. В., Рыжкова С. В.** Геолого-геофизические модели нефтегазовых скоплений в палеозойских отложениях Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2000. № 4. С. 25-32.
2. **Васильев Е. К., Васильева Н. П.** Рентгенографический определитель карбонатов. Новосибирск: Наука, СО, 1980. 144 с.
3. **Журавлев Е. Г., Лапинская Т. А.** Континентальные и субконтинентальные юрские формации Западно-Сибирской плиты и их нефтегазоносность // Типы осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов. М.: Наука, 1980. С. 207-216.
4. **Журавлев Е. Г., Лапинская Т. А., Курбала Е. Л., Файн Ю. Б.** Перспективы поисков и разведки нефтяных и газовых залежей в коре выветривания фундамента Западно-Сибирской плиты. М.: ВНИИОЭНГ, 1973. 76 с.
5. **Журавлев Е. Г., Лапинская Т. А., Файн Ю. Б.** Газоносность коры выветривания фундамента Шаимского района // Геология нефти и газа. 1973. № 6. С. 9-14.
6. **Карнюшина Е. Е., Чочия Г. Л., Пронина Н. В., Фадеева Н. П.** Методы изучения вещественного состава пород и органического вещества в осадочных бассейнах. М.: Изд-во МГУ, 1990. 192 с.

7. **Котельников Д. Д., Колюхов А. И.** Глинистые минералы осадочных пород. М.: Недра, 1986. 247 с.

8. **Криночкин В. Г., Муртаев И. С., Савин В. Г.** Перспективы нефтегазоносности доюрских отложений центральной части ХМАО – Югры // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Девятая научно-практическая конференция. Том I. Ханты-Мансийск: Издательский Дом «Издат-Наука Сервис», 2006. С. 112-119.

9. **Мариненкова Н. Л., Мясникова Г. П., Солопахина Л. А., Яцканич Е. А.** Коры выветривания, их нефтегазоносность на территории ХМАО и приоритетные направления поисковых работ // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Восьмая научно-практическая конференция. Том II. Ханты-Мансийск: Издательский Дом «Издат-Наука Сервис», 2005. С. 289-304.

10. **Михеев В. Н.** Рентгенометрический определитель минералов. М.: Госгеолиздат, 1957.

11. **Нестеров И. И., Погорелов Б. С.** Древняя кора выветривания пород фундамента Березовского и смежных регионов / Березовский газоносный район. Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 40. Тюмень, 1971. С. 57-62.

12. **Никитина А. П., Витовская И. В., Никитин К. К.** Минералогическо-геохимические закономерности формирования профилей и полезных ископаемых коры выветривания. М.: Наука, 1971. 92 с.

13. **Петров В. П.** Основы учения о древних корах выветривания. М.: Недра, 1967. 344 с.

14. **Сынгаевский П. Е., Хафизов С. Ф.** Формация коры выветривания в осадочном цикле Западно-Сибирского бассейна // Геология нефти и газа. 1999. № 11-12. С. 22-30.

15. **Термический** анализ минералов и горных пород. Л.: Недра, ЛО, 1974. 400 с.

16. **Фролов В. Т.** Литология. Кн. 2. М.: Изд-во МГУ, 1993. 431 с.

550.4+552.57

Л. Я. Кизильштейн,
Южный федеральный университет

КОНТАКТЫ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ВМЕЩАЮЩИМИ Породами (на примере Донбасса)

Смена пластов горных пород в стратиграфическом разрезе осадочных отложений означает изменение палеогеографической ситуации, в которой происходило древнее осадконакопление. В тех случаях, когда речь идет об угольных пластах, эти изменения особенно контрастны.

Торфяники, преобразованные в последующих геологических процессах в угольные пласты, – продукт концентрированного накопления растительного вещества в условиях очень слабой подвижности водной среды, избыточного увлажнения, низких рН и окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

Осадки, в дальнейшем преобразованные в породы почвы и кровли, образуются в результате осаждения минерального вещества в более или менее подвижной водной среде и гравитационной дифференциации или химического осаждения из растворов. При этом значения рН обычно близки к нейтральным, а Eh может колебаться в широком диапазоне. Между угольными пластами и вмещающими породами существует большой (вероятно, максимальный в осадочном процессе) фациальный (палеогеографический) контраст.

Переход от осадконакопления к торфонакоплению и от торфонакопления к осадконакоплению, как правило, не происходит мгновенно. Угольное вещество в нижней и верхней частях пластов отражает в своем составе результаты ослабевающего (в первом случае) и усиливающегося (во втором) влияния осадочного (терригенного или хемогенного) процесса. В предлагаемой работе автор рассматривает особенности состава угольных пластов в слоях, прилегающих к их почве и кровле. Эти слои предлагается называть **контактами** с почвой и кровлей соответственно.

Работа основана на результатах дифференциального опробования в горных выработках шахт угольных пластов i_3^H , i_3 , i_3^B , k_2^B свит C_2^4 , C_2^5 (средний карбон) Восточного Донбасса. Марки углей от Ж до А. Во всех изученных пластопересечениях (разрезах) специально отбирались пробы и образцы углей из слоев мощностью 10 – 20 мм, прилегающих к почве и кровле (вмещающим породам). Всего опробовано 71 пластопересечение. Выбор пунктов опробования производился с таким расчетом, чтобы были представлены различные сочетания фациальных типов подстилающих и перекрывающих пласты пород. Результаты опробования по каждому пласту группировались с целью получения представительных средних характеристик.

Показатели состава углей, характеризующие условия древнего торфонакопления

В работе используются показатели состава углей, позволяющие выделить особенности контактов с целью палеогеографических интерпретаций. Итоги многолетних исследований [8] показывают, что такими показателями являются минеральные компоненты (зольность), состав минералов, содержание сульфидной серы, петрография углей, текстура угольных пластов, элементы-примеси.

Минеральные компоненты. Терригенные и аутигенные минеральные компоненты определяется при петрографическом изучении углей. Распространенной мерой их суммарной оценки является зольность. При известных недостатках этого показателя (разложение некоторой части минералов при высоких температурах озоления) он имеет существенное достоинство – мас-

совое определение, позволяющее получить детальную характеристику угольных пластов.

Большая часть минерального вещества поступает в торфяники с поверхностными и грунтовыми водами. Увеличение или снижение зольности торфа указывает на активизацию или ослабление гидрологического режима (проточности) торфяной залежи.

Известно, что рН торфяников коррелирует с содержанием СаО в торфе (или СаСО₃, СаНСО₃ в торфяных водах). Сравнение прибрежно-морских торфов с внутриконтинентальными показывает, что первые обычно имеют значительно более высокие рН вследствие нейтрализации морскими водами гуминовых кислот торфа. Для паралического типа торфо- (угле-) накопления Донбасса изменение содержания СаО может рассматриваться (при прочих равных условиях) как указатель степени морского влияния на торфяники. Сильная положительная корреляция между СаО и рН в торфе послужила основанием для ориентировочных реконструкций рН торфяной стадии образования угольных пластов [4].

Минеральное вещество углей Донбасса представлено главным образом глинами. Поскольку минералы глин не могут быть идентифицированы микроскопически, предложено [5] оценивать их состав методом литохимических расчетов, используя для этого химический состав золы (силикатный анализ). Отношение между основными глинистыми минералами углей – каолинитом и гидрослюдой в большой степени определяется рН древних торфяников [8]. С ростом рН относительная доля гидрослюды в глинистом комплексе возрастает. В торфяниках прибрежно-морского типа повышение рН связано с периодическим затоплением морскими водами. В связи с этим в составе глин увеличивается относительное содержание гидрослюды.

Таким образом, минеральные примеси являются источником информации при реконструкции гидрологической и геохимической среды торфяной стадии угленакопления.

Сульфидная сера (S^c). Изучение сернистости современных торфяников и угольных пластов показало [1], что сера для прибрежно-морского (паралического) типа древнего торфонакопления – индикатор геохимических и фациальных условий. Это объясняется тем, что образование сульфидов железа (чаще всего – пирита) является результатом химического взаимодействия Fe^{2+} с микробиогенным H_2S . Последний (сероводород) образуется в процессе жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), весьма чувствительных к геохимическим параметрам среды (рН –Еh), концентрации сульфатов (источник S^{2-} для сульфидов) и составу органического вещества (источник энергии и углерода, обеспечивающих метаболизм СВБ). Биогеохимические аспекты бактериальной редукции сульфатов в осадках и осадочных породах рассмотрены в большом числе работ. Условия сульфатредукции в торфе как генетического предшественника углей исследованы в работе [6].

Петрографический состав и текстура угольных пластов. Из характерных петрографических признаков контактов угольных пластов с вме-

щающими породами наиболее информативны те, которые характеризуют гидрологическую активность (по терминологии торфоведа – проточность) среды торфонакопления. Это, во-первых, большое содержание минеральных примесей (см. выше) и атритовый характер основной массы торфа. Визуально уголь вследствие этого приобретает «матовый блеск» «пологоволнистую» слоистость, проявляющуюся в расположении и форме волокон и слоев витринита.

Кроме того, в контактах сравнительно много липоидных микрокомпонентов (оболочек спор, пыльцы, кутикулы) и обрывков фюзинизированных тканей, которые, так же, как и минеральный материал, указывают на усиливающуюся проточность торфяника. Установлено [7], что часто в контактах увеличивается содержание тканей гелифицированной перидермы (коры). Это может быть следствием возрастающего участия в торфообразующих растительных ассоциациях гигрофитов – плауновых и членистостебельных, в анатомическом строении которых ткани перидермы преобладают.

Элементы-примеси (ЭП) надежно идентифицируют низинный и верховой типы торфонакопления: в первом случае их концентрации всегда значительно выше [8]. Это объясняется особенностями водно-минерального режима. В низинные торфяники в результате более активного обмена с областью минерального питания ЭП поступают в составе поверхностных вод. Верховые торфяники, имеющие атмосферное питание, существенно обеднены ЭП. Увеличение концентрации ЭП в угле указывает на увеличение их концентрации в водах, питающих торфяники, т. е. на усилившуюся проточность.

В углях Донбасса халько- и сидерофильные ЭП находятся преимущественно в составе сульфидов железа (пирита) в виде изоморфных примесей; литофильные – в составе глин, вероятнее всего – гидрослюд [5]. Некоторая часть ЭП связывается с гелифицированным органическим веществом торфа, образуя комплексные соединения. Окисление органического вещества усиливает его химическую активность во взаимодействии с ЭП [2]. Таким образом, накопление ЭП в торфе (угле) определяется их концентрацией в торфяных водах и $pH - Eh$, от которых зависят сульфидообразование, минеральный состав глинистого комплекса и эффективность химического взаимодействия между ЭП и гуминовыми соединениями.

В работе в связи с проблемой контактов рассматривались следующие ЭЛ: халько-сидерофильные – Fe, Co, Ni, As, Se, Mo, Cd, Sb, Hg; литофильные – Na, Ca, Sc, Cr, Br, Rb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Th, U. Определения производились непосредственно в угле (без озоления) методом нейтронно-активационного анализа.

Особенности угольного вещества на контактах с вмещающими породами

Пласт i_3 ". Шахтинско-Несветаевский геолого-промышленный район, шахта Западная Капитальная, 29 пластопересечений, марка А. Зольность,

содержание СаО, расчетное содержание каолинита и гидрослюда в угле и содержание серы сульфидной на контактах с вмещающими породами и среднее в пласте характеризуются следующим образом, %:

Зольность	СаО	Каолинит	Гидрослюда	S ^c
21,4	0,54 (рН 6,1)*	5,0	4,5	3,0
		<i>Контакт с кровлей</i>		
		<i>Среднее в пласте</i>		
16,1	0,40 (рН 5,8)*	8,8	2,0	2,4
		<i>Контакт с почвой</i>		
16,4	0,26 (рН 4,7)*	7,4	1,1	1,5

Приведенные данные показывают, что на контакте с почвой пласт имеет практически равные средним в пласте зольность и содержание каолинита, более низкое содержание сульфидной серы и гидрослюд. Контакт с кровлей характеризуется значительно более высокой (в сравнении со средним) зольностью, содержанием серы и гидрослюд, более низким содержанием каолинита. Содержание СаО и, следовательно, рН возрастают от почвы к кровле.

В почве пласта I₃^H залегают алевролиты с обугленными растительными остатками («кучерявчик» – континентальная фация), в кровле аргиллиты с морской фауной. Это дает основание предположить, что торфонакопление эволюционировало от континентальных к прибрежно-морским условиям и, в конечном счете, завершилось погребением торфяного пласта под толщей морских аргиллитов.

Все это указывает на усиливающееся влияние моря на торфяной пласт перед его переходом в ископаемое состояние. Высокая зольность угольного вещества на контактах свидетельствует об активном гидрологическом режиме торфяника.

Петрографический состав угля характеризуется высоким содержанием атритовой основной массы и глинистого вещества, полого-волнистой текстурой, образованной волокнами витринита, и повышенным содержанием тканей перидермы (витринитовый ксилено-перидермитовый петрогенетический типы) [7].

Показательную картину обнаруживают ЭП. Во всех случаях концентрация халько- и сидерофильных элементов (имеются данные по Со, Ni, Cu, As, Se, Mo, Cd) в контакте с кровлей максимальна. Этому соответствует обогащенность контакта сульфидами.

Литофильные элементы (имеются данные по Be, Ca, Sc, V, Cr, Br, Ba, Sr, Mn, U) также образуют наиболее высокие концентрации в контакте с кровлей, что согласуется с высоким содержанием здесь гидрослюд – наиболее вероятных носителей литофильных ЭП [5].

При низкой сернистости контакта с почвой концентрация халько-сидерофильных ЭП (кроме Ni и Cu) здесь ниже, чем среднее в пласте. Кон-

* рН – расчетные значения по работе [4].

центрация литофильных ЭП во всех случаях (кроме Sc, Br) выше средних и в большинстве случаев (кроме Ca, Br, Ba, U) – выше, чем в контакте с кровлей.

Пласт k_2^6 . Каменско-Гундоровский геолого-промышленный район, 20 пластопересечений, марка К. Почва пласта представлена аргиллитами с растительными остатками («кучерявчик» – континентальная фация). Кровля известняк – морская фация.

Распределение сульфидной серы ($S^c, \%$): контакт с кровлей 6,1; среднее в пласте 3,4; контакт с почвой 2,7.

Отчетливо явное, едва ли не двукратное, обогащение сульфидной серой контакта с кровлей по сравнению со средним содержанием в пласте. В контакте с почвой содержание серы ниже, чем среднее. Зольность (%): контакт с почвой 30,2, среднее в пласте 28,7, контакт с кровлей 38,7.

Содержание гидрослюда в контакте с кровлей составляет 8,2 % (!); каолинит 4,1 %, CaO 0,8 % (расчетное рН 6,5). В контакте с почвой: гидрослюда 3,4 %; каолинит 6,3; CaO 0,42 % (расчетное рН 5,2).

Для петрографического состава контактов характерно высокое содержание атритового материала и глинистого вещества, полого-волнистая слоистость. В кровле постоянно наблюдается высокое содержание пирита в виде рассеянных зерен и кристалликов, псевдоморфоз по растительным тканям, конкреций и пиритизированных фрагментов раковин моллюсков. Перечисленные признаки указывают на нарастающее влияние моря перед образованием известняковой кровли. Данные об ЭП в контактах отсутствуют.

Пласт i_3 . Каменско-Гундоровский геолого-промышленный район, 15 пластопересечений, марка К. Почва пласта – аргиллиты («кучерявчик» – континентальная фация осадконакопления). Кровля – аргиллиты, содержащие многочисленные, прекрасно сохранившиеся крупные растительные отпечатки и фитолеймы – континентальная фация осадконакопления.

Распределение сульфидной серы, ($S^c, \%$): контакт с кровлей 1,0; среднее в пласте 1,1; контакт с почвой 1,2.

Низкое содержание сульфидной серы, практически одинаковое в контактах и среднее в пласте, соответствует континентальным условиям торфонакопления. Зольность пласта (%): контакт с почвой 19,7; среднее в пласте 12,3; контакт с кровлей 15,4. Содержание CaO (среднее в пласте, %) 0,31; расчетное рН 4,7. В составе угольного вещества контактов с почвой и кровлей содержание атрита и глины по сравнению со средним в пласте увеличивается незначительно. Текстура близка к горизонтальной. Данные об ЭП отсутствуют.

Пласт i_3 является примером того, как контакты в условиях внутриконтинентального торфонакопления, сменяющегося континентальными осадками кровли, имеют маловыразительные отличительные признаки.

Пласт i_2^1 . Шахтинско-Несветаевский геолого-промышленный район, 27 пластопересечений, марка А.

На примере этого пласта было изучено послойное распределение ЭП в стратиграфическом разрезе, в том числе и в контактах с вмещающими поро-

дами [3]. Почва пласта – «кучерявчик», кровля – аргиллиты и алевролиты с морской фауной.

Пласт на контакте с почвой имеет высокую зольность и низкое содержание серы. Содержание литофильных ЭП (рассматривался весь приведенный выше комплекс), кроме Са и Вг, здесь значительно выше, чем среднее в пласте. Из халько- и сидерофильных ЭП (весь комплекс) более высокие концентрации отмечены только для Нг.

На контакте с кровлей пласт имеет высокую зольность и сернистость. Большинство халько- и сидерофильных ЭП имеют концентрации значительно выше, чем средние в пласте. Исключение составляют As, Se, Sb, Нг, максимумы которых смещены в прилегающие прослойки. Из литофильных ЭП более высокие концентрации только у Са, Вг, U.

Петрографический состав угля типичный для контактов: атритовый материал, глинистое вещество, полого-волнистая текстура, большая доля в составе гелифицированных тканей фрагментов перидермы [7].

Высокое содержание сульфидной серы в контакте с кровлей по сравнению со средними в пласте указывают на возрастающее воздействие моря на торфяник, завершившееся погребением пласта под толщей морских осадков кровли.

Обсуждение результатов

Контакты угольных пластов с вмещающими породами привлекли внимание исследователей в связи с повышенным содержанием германия. Позднее стало ясно, что подобное явление характерно и для многих других ЭП [9], а также для серы и сульфидов [1].

До настоящего времени происхождение подобных контактовых аномалий остается предметом обсуждения.

Я. Э. Юдович и М. П. Кетрис считают [9], что обогащение контактов возникает при «отжиме» вод из торфа (или угля) под давлением перекрывающих пласт пород кровли, а также диффузии ЭП-содержащих растворов из вмещающих пород. В результате, по мнению этих исследователей, на контактах происходит вторичное (по отношению к стадии торфонакопления) концентрирование германия из фильтрующихся или диффундирующих через контакт диагенетических вод. Следовательно, речь идет о процессах, происходящих после завершения торфонакопления, т. е. **в погребенном торфянике**. Гипотеза вторичного концентрирования позволяет дать удовлетворительное формальное объяснение контактовых аномалий германия и других ЭП, мигрирующих в растворенном состоянии. Однако эта гипотеза встречает непреодолимые трудности, если принять во внимание все характерные признаки контактов, описанные выше.

По мнению автора, особенности угольного вещества на контактах пластов с вмещающими породами определяются специфическими условиями

водно-минерального и геохимического режимов торфяников на начальных и конечных этапах торфонакопления.

Начало и завершение торфонакопления характеризуются активным гидрологическим режимом (у торфяников – проточностью) и увеличением в связи с этим массы взвешенного и растворенного минерального материала, вносимого в торфяники поверхностными водами. Накопление разлагающегося органического вещества приводит к снижению (на контакте с почвой) рН и Eh. На контакте с кровлей геохимическая среда эволюционирует в сторону роста этих параметров в связи с усиливающимся влиянием аллювиальных или морских вод. В результате на начальных и конечных этапах торфонакопления происходит:

- накопление в торфе терригенных и хемогенных минеральных примесей (рост зольности); формирование «динамичной текстуры» торфа (угля);
- окисление гелифицированного ОВ, повышающее его способность к химическому связыванию ЭП;
- активизация процессов бактериальной сульфатредукции в результате увеличения концентрации сульфатов в торфяных водах (при благоприятных для СВВ рН – Eh);
- генерация биогенного H_2S , образование сульфидов железа (гидротроилита – мельниковита – пирита или марказита); концентрация (изоморфно) халько- и сидерофильные ЭП в сульфидах;
- накопление в составе глинистого комплекса каолинита в контакте с почвой и гидрослюд в контакте с кровлей;
- увеличение в торфообразующей ассоциации растений гигрофитов – плауновидных и членистостебельных, в строении которых преобладают ткани перидермы; образование перидермитового и ксилено-перидермитового петрографических типов торфа (угля);
- аллохтонное накопление тканей перидермы, фюзинита, липтинита и аттритового материала.

Полный комплекс перечисленных признаков контактов проявляется не в каждом пластопересечении в связи с широким природным варьированием гидрологических и геохимических условий на площадях древних торфяных массивов. Однако эти признаки устойчиво обнаруживаются при суммировании результатов опробования на площадях, в пределах которых торфонакопление происходило в одинаковых (или близких) палеогеографических условиях, например, низинных или верховых или внутриконтинентальных и прибрежно-морских зон [2].

Многие из перечисленных выше особенностей угольного вещества контактов генетически связаны с фациальным типом вмещающих (особенно – перекрывающих) пород. Подобная связь вполне естественна, поскольку контакт – это более или менее постепенный переход от предшествующего осадконакопления (контакт с почвой) к последующему (контакт с кровлей) осадконакоплению. Характерна, например, связь между «морской кровлей» и сульфидной минерализацией контакта [1]. Проявлением этой связи являются

горизонты сульфидных и карбонатных конкреций в кровле угольных пластов. Показательны случаи скопления в контактах обломков пиритизированных раковин моллюсков. С «континентальной кровлей» часто ассоциируют слои фюзинита. В известных работах П. П. Тимофеева и Л. И. Боголюбовой установлена зависимость между «генетическим типом угля» и фациальными условиями формирования углевмещающих пород.

Примеры зависимости состава угольного вещества контактов от фациальной обстановки, предшествующей и сменяющей торфонакопление, представлены в работе [9]. В углях Печорского бассейна было отмечено, что наличие в кровле пластов песчаников или алевролитов «благоприятствует накоплению германия». Правда, это связывается с «проницаемостью» подобных кровель и, следовательно, с вторичным обогащением. Наша интерпретация, как это ясно из вышеизложенного, позволяет видеть в песчанистой кровле нарастающую еще в период торфонакопления эрозию пород в зоне минерального питания и увеличение концентрации растворенных форм ЭП в питающих торфяники водах. Обобщение материалов донецких геологов [9] показало, что германий, галлий, скандий и бериллий образуют максимальные концентрации в пластах под русловыми и пойменными песчаниками кровли.

Состав угля на контакте с почвой связан с подстилающими породами в меньшей степени, так как торфообразованию обычно предшествует длительный период заболачивания. В результате особенности пород, подстилающих торфяники, менее связаны с составом угольного вещества.

Изучение контактов может приобрести прикладное значение. Э. Я. Юдович и М. П. Кетрис [9] обращают внимание на экономические оценки американских и отечественных геологов, показавшие целесообразность в ряде случаев селективной отработки контактов с целью последующего извлечения германия, редкоземельных элементов и скандия из угольного вещества.

Выводы

1. Строение и состав угольного вещества на контактах с породами почвы и кровли определяются гидрологическими и геохимическими особенностями начальных и заключительных этапов древнего торфонакопления.

2. Для контактов пластов с вмещающими породами характерны:

– высокое содержание терригенных минеральных частиц и высокая зольность (оба контакта);

– высокое содержания атритового материала, полого-волнистая слоистость (оба контакта);

– увеличение относительной доли в составе глинистого комплекса каолинита у почвы и гидрослюд у кровли;

– повышенное (иногда – высокое) содержание сульфидной серы (особенно на контакте с морской кровлей);

– увеличение концентрации ЭП, химически связанных с ОВ угля;

– увеличение концентрации халько- и сидерофильных ЭП при обогащении контактов сульфидами и литофильных ЭП при обогащении гидрослюдами;

– перидермитовый и ксилено-перидермитовый петрогенетические типы угольного вещества.

3. Контакты угольных пластов являются источником информации о фациальной принадлежности пород почвы и кровли.

4. При высокой концентрации ЭП контакты угольных пластов могут рассматриваться как объект селективной обработки.

Библиографический список

1. **Кизильштейн Л. Я.** Генезис серы в углях. Ростов н/Д. Изд-во Ростовского университета, 1975. 198 с.

2. **Кизильштейн Л. Я.** Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов н/Д. Изд-во Северокавказск. научн. центра высш. школы, 2003. 296 с.

3. **Кизильштейн Л. Я.** Слоистость угольных пластов и распределение элементов – примесей // Известия вузов. Геология и разведка. 2005. № 12. С. 15-20.

4. **Кизильштейн Л. Я.,** Гофман Н. Г. Реконструкция условий рН и окислительно-восстановительного потенциала древних торфяников // Химия твердого топлива. 1970. № 4. С. 49-57.

5. **Кизильштейн Л. Я.,** Мостовой П. П., Перетяцько А. Г. Литохимический метод оценки состава глинистых минералов в углях // Известия вузов. Геология и разведка. 1987. № 9. С. 67-72.

6. **Кизильштейн Л. Я.,** Минаева Л. Г. Исследование биогенной сульфатредукции в торфе в связи с проблемой сернистости углей // Химия твердого топлива. 1972. №4. С. 116-122.

7. **Кизильштейн Л. Я.,** Шпицглюз А. Л. Атлас микрокомпонентов и петрографических типов антрацитов. Ростов н/Д: Изд-во Северокавказск. научн. центра высш. школы, 1998. 254 с.

8. **Кизильштейн Л. Я.,** Щириков В. Т., Черников Б. А. Среднекарбоновое торфоугленакопление в Донецком бассейне. Палеогеографические пластово-качественные карты основных угольных пластов. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 2003. 108 с, 103 ил.

9. **Юдович Я. Э.,** Кетрис М. П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: Уральское отд. РАН, 2002. 422 с.

В. Ф. Шульга¹, М. Н. Матрофайло²,

¹ Институт геологических наук НАН Украины

² Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины

О СОКРАЩЕНИИ МОЩНОСТИ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И РАСЩЕПЛЕНИИ ПЛАСТОВ УГЛЯ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО БАССЕЙНА

Введение

В предыдущем сборнике была опубликована наша статья [13], в которой отмечалось присутствие в Львовско-Волынском бассейне (ЛВБ) как тектонических, так атектонических расщеплений угольных пластов. При этом указывалось на возможность установления природы данного явления путем использования для этого методических рекомендаций В. П. Алексеева [1], основанных на палеорекострукции и сравнении мощности исходного органического вещества в компактной части угольного пласта с таковой безугольных отложений, расположенных в области его расщепления.

В настоящей статье изложены результаты использования указанных рекомендаций применительно к угольным пластам ниже-среднекарбоновой паралической угленосной формации ЛВБ.

Методика исследований

Известно, что под воздействием гравитационных сил и геохимических процессов происходит уменьшение пористости, уплотнение осадков, преобразование их в породы. Наиболее интенсивно указанные процессы происходят при их диагенезе [6]. Уплотнение и сокращение первичной мощности различных типов осадочных пород происходит по-разному. Так, первоначальный объем осадков, в дальнейшем преобразованных в конгломераты, песчаники, алевролиты, известняки, уменьшается мало, и равновесие в этих осадках достигается при сравнительно низком гравитационном давлении [11]. Напротив, глины наиболее податливы влиянию сжимающих сил.

Более сложным является вопрос сокращения мощности исходного материнского вещества углей. При преобразовании органический материал уменьшается в объеме под воздействием многочисленных факторов: нагрузки вышелегающих пород (гравитационное давление) и уменьшении пористости, биохимического разложения, физико-химических преобразований при метаморфизме углей. На сокращение мощности исходной растительной массы значительное влияние оказывает первоначальная влажность торфа до его перекрытия осадками, а также содержание в нем минеральных примесей.

При этом максимальная усадка органического вещества происходит при наибольшей его влажности и наименьшей зольности.

Многочисленными исследователями количественная оценка сокращения осадков определялась расчетным способом, путем наблюдений над ископаемыми остатками растений, конкрециями, смоляными телами, породными прослоями и др., а также экспериментальными исследованиями [4]. Подобные работы проводились также в ЛВБ [7]. Полученные при этом данные в общем согласуются со степенью сокращения мощности песчано-глинистых отложений, определенной в других угольных бассейнах (табл. 1). Отличием является несколько завышенная величина коэффициента усадки песчаников, равная 1,52.

Таблица 1

Степень сокращения мощности песчано-глинистых обложений

Вмещающая порода	Коэффициент сокращения мощности по данным авторов		
	В. Н. Волков [4]		П. В. Зарицкий [6]
	границы колебаний	среднее значение	
Аргиллит	2 – 6	3,23	2,34
Алевролит	1,45 – 2,1	1,88	1,7 – 2,1
Песчаник	1 – 1,4	1,18	1,15 – 1,4

Учитывая большое сходство состава, строения и условий образования карбоновых угленосных формаций ЛВБ и Донбасса [12] для песчано-глинистых образований ЛВБ, мы приняли следующие коэффициенты сокращения мощности: песчаников – 1,2; алевролитов – 1,9; аргиллитов – 2,34.

В результате наблюдений над изменением мощности пластов угля, происходящим в зонах их размывов, а также при облекании углем встречающихся в пластах обломков (до 8 см) кварца предыдущими исследователями для условий ЛВБ был установлен коэффициент усадки торфа в процессе преобразования его в уголь, в среднем равный 4,6 [7]. В дополнение к указанным работам, для определения степени сокращения мощности материнского вещества углей бассейна в ряду зрелый торф – каменный уголь ($T_{зр} - K$) нами была использована методика, разработанная Ю. Н. Приходько [9]. Не останавливаясь на ее описании, отметим лишь, что методика основывается на сравнении мощностей угольных пластов простого строения с таковыми соседних разрезов, содержащими породные прослои. При этом принимается во внимание степень усадки указанных прослоев, расположенных в пластах угля.

Основные результаты и их обсуждение

Объектом наших исследований явились разрабатываемые в ЛВБ угольные пласты раннебашкирской верхней аллювиально-озерно-болотно-лагунной подформации (бужанская свита) [12]. Полученные при этом результаты приведены в табл. 2.

Величина усадки угля определялась отдельно для угольных пластов с суммарной мощностью породных прослоев до 0,5 м и превышающих данную величину. Наибольший диапазон колебания величины сокращения мощности материнского вещества углей (1,5–12) и ее среднего значения характерен для пластов n_7^B , n_8^B и n_9 , отличающихся сложной морфоструктурой и наличием расщеплений. Это связано с повышенной мощностью природных прослоев, обусловленных нестабильными условиями формирования пластов, их синторфяными замещениями и раннеэпигенетическими размывами, влияющими на изменение торфа и, следовательно, на его усадку.

Таблица 2

Степень сокращения мощности исходного вещества углей в ряду $T_{зр} - К$

Способ определения усадки	Угольный пласт	Мощность породного прослоя, м	Коэффициент сокращения мощности		
			пределы колебаний	среднее значение	среднее значение по пласту
По породным прослоям	n_9	До 0,50	1,9 – 7,8	3,8	4,8
		0,50 – 0,70	4,4 – 11,4	7	
	n_8^B	До 0,50	1,5 – 5	2,9	3,9
		1,20	10,3	10,3	
	n_8	До 0,50	1,2 – 7	4	4
		0,50 – 0,70	–	–	
	n_7^B	До 0,50	1,9 – 8	3,4	5,6
		0,50 – 0,70	9,5 – 12	10,8	

Диапазон значений коэффициента сокращения мощности вещества пласта n_8 значительно меньший и составляет 1,2–7, что указывает на более стабильные условия его накопления. Это обстоятельство отразилось также на средних значениях сокращения мощности исходного вещества углей. При мощности породного прослоя до 0,5 м данный показатель равен 2,9; 3,4; 3,8; 4,0. При мощности более 0,5 м он значительно увеличивается и составляет 7; 8; 10; 10,3. В то же время средние показатели для отдельных пластов угля изменяются в небольших пределах. Определенное по основным угольным пластам ЛВБ среднее значение коэффициента сокращения мощности исходного вещества углей в ряду $T_{зр} - К$ составляет 4,6. Это хорошо согласуется с ранее опубликованными данными по Львовско-Волынскому бассейну [7], а также по другим угольным бассейнам (табл. 3).

Таблица 3

Степень сокращения мощности исходного вещества угля

Интервал углефикации	Коэффициент сокращения мощности			
	А. С. Прокопченко [10]	А. И. Егоров [5]	В. Н. Волков [4]	П. В. Зарицкий [6]
$T_{пов.} - T_{зр.}$	–	4 – 6	5 – 9 / 6,5	–
$T_{зр} - Б$	–	2 – 2,5	2 – 2,5 / 2,2	1,9 – 2,2 / 2,0
$T_{зр} - К$	3,5 – 4,5	3 – 4,25	4 – 5 / 4,5	4,3 – 5
$T_{зр} - А$	5, 5 – 7	5 – 7,5	6 – 7 / 6,5	5,4 – 6,3

Примечание. В знаменателе указаны средние значения сокращения мощности.

Изложенные выше сведения о палеорекострукции первичной мощности органической массы углей, а также безугольных отложений дают возможность рассмотреть второй аспект нашей статьи – генезис расщепления угольных пластов ЛВБ.

Примеры расщепления пластов угля показаны на рис. 1, 2. В верхней части рисунков профили построены по данным современной мощности отложений; в нижней – с учетом осуществленных палеорекострукций. Из анализа рис. 1 следует, что суммарная мощность отщепленных угольных пачек и безугольных отложений в зоне расщепления до их уплотнения почти в три раза превышает первичную генетическую мощность нерасщепившегося пласта n_7^B .

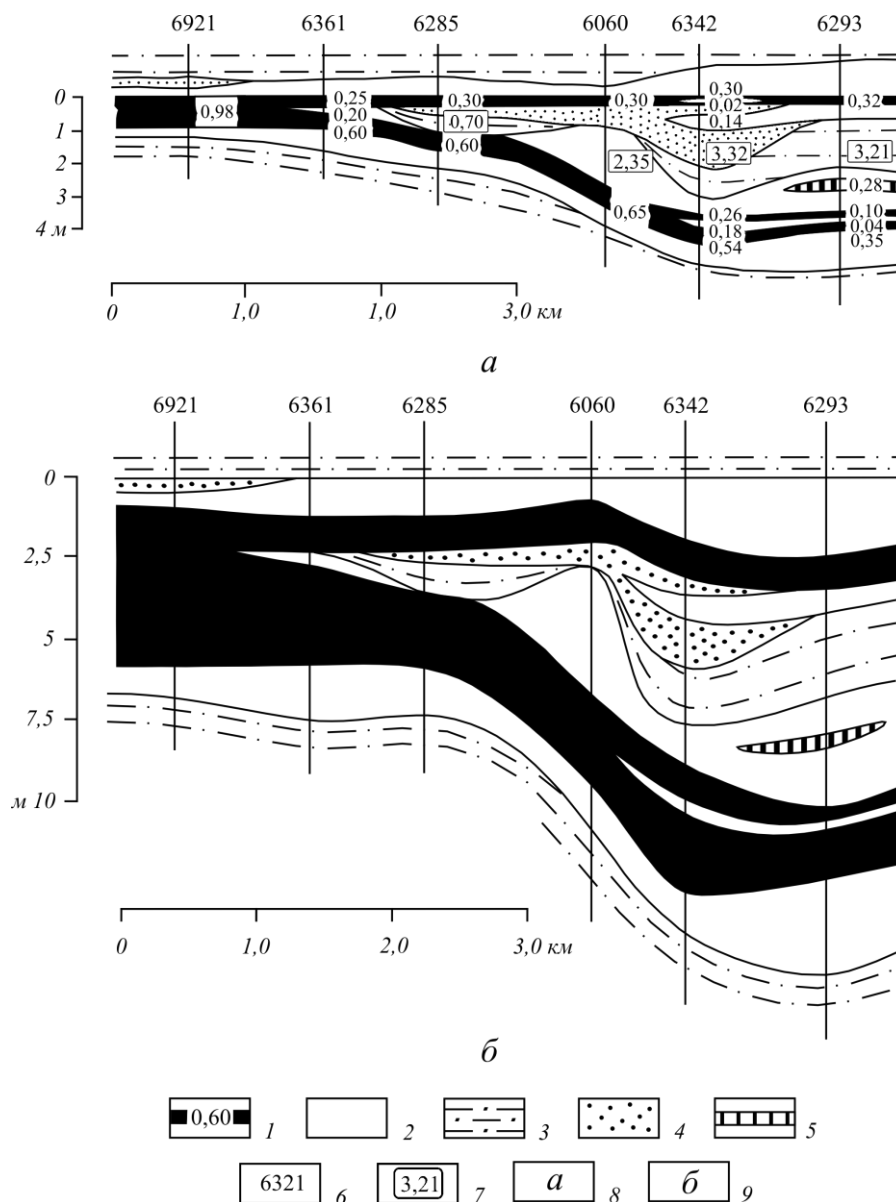


Рис. 1. Тектоническое расщепление угольного пласта n_7^B . Тягловское месторождение. Юго-Западный район:

1 – угольный пласт и его мощность; 2 – аргиллит; 3 – алевролит; 4 – песчаник; 5 – углистый аргиллит; 6 – номер скважины; 7 – мощность безугольных отложений в зоне расщепления угольного пласта; 8 – современный разрез; 9 – разрез с восстановленной первоначальной мощностью отложений

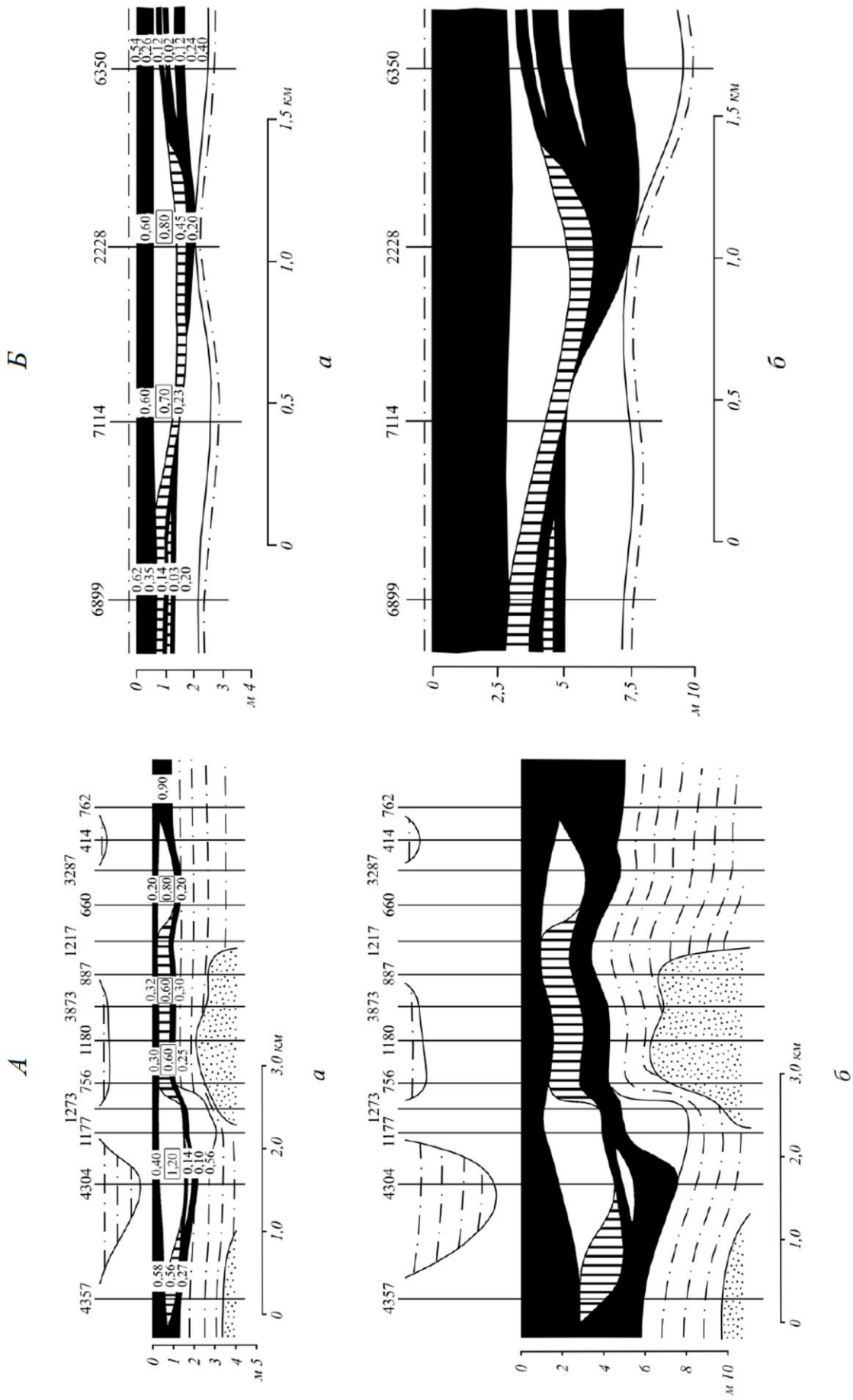


Рис. 2. Атектонические расщепления угольных пластов:

А— пласт *n*₇ Вольское месторождение, Нововольский район; Б— пласт *n*₉ Тягловское месторождение, Юго-Западный район. Условные обозн. см. на рис. 1

Иная картина наблюдается на рис. 2, А. Первичная генетическая мощность пласта n_7 как в нерасщепившейся части, так и в расщепленной остаются практически неизменными. Аргиллиты и углистые аргиллиты располагаются в исходной растительной массе угольного пласта в форме линзы, не увеличивая при этом его первоначальной мощности. Аналогичное явление характерно и для пласта n_9 (рис. 2, Б).

Расщепление пласта угля, изображенное на рис. 1, относится нами к тектоническим. Оно характеризуется повышенной мощностью неуплотненных пород в зоне расщепления, которая более чем в три раза превышает первичную генетическую мощность материнского вещества угольного пласта. Его генезис обусловлен конседиментационными дифференцированными тектоническими движениями, которые определили опускания и поднятия локальных участков палеоторфяников. На площади тектонические расщепления характеризуются вытянутой формой, а их амплитуда превышает 2 м.

Приведенные на рис. 2 расщепления рассматриваются нами как атектонические. Их характерными особенностями являются близкая постоянной первичная мощность нерасщепленной и расщепленной частей угольного пласта, а также локальная, преимущественно замкнутая оваловидная форма на площади. В таких случаях основными факторами, которые определяют расщепление пластов, являются локальные неровности ложа палеоторфяников, эпизодический привнос в область торфонакопления обломочного материала с последующей неоднородной усадкой его, а также исходной растительной массы. Последнее подтверждается значительным развитием в зонах указанных расщеплений углистых аргиллитов, которые разными исследователями относятся к фации заиливающихся торфяных болот и сапропелевых озер [3], болот, зарастающих водоемов [8], болот без торфонакопления [2].

Систематизация площадного распределения выделенных типов расщеплений пластов угля показала, что оно имеет зональный характер. В северо-восточной части ЛВБ, находящейся в пределах тектонически пассивной внешней области Львовского палеозойского прогиба (см. рис. 1 нашей статьи в предыдущем сборнике) [13], преобладают атектонические расщепления. Для юго-западной части бассейна, расположенной во внутренней зоне прогиба, отличающейся значительным проявлением тектонических движений, более характерны тектонические расщепления угольных пластов. Граница между выделенными зонами приблизительно совпадает с Белз-Милятинской зоной надвигов. Как в первой, так и во второй зонах преобладают бифуркации угольных пластов. Следует также отметить существование тесной связи площадного распространения генетических типов расщеплений с выявленным ранее неравномерным характером распределения расщепления пластов по площади бассейна [13]. Так, атектонический тип в основном развит в области нерасщепившихся или слабо расщепляющихся пластов, а тектонический – в области расщепляющихся пластов.

Выводы

Для песчано-глинистых отложений карбоновой угленосной формации ЛВБ приняты следующие значения коэффициентов сокращения мощности: песчаник – 1,2; алевролит – 1,9; аргиллит – 2,34. Данные по сокращению мощности исходного растительного материала углей в ряду $T_{зр}-K$, рассчитанные для условий бассейна по методике с использованием породных прослоев, хорошо согласуются с опубликованными ранее величинами усадки, рассчитанными другими методами. В ЛВБ коэффициент сокращения материнского вещества угольных пластов равен 4,6.

На основе палеорекострукции первичной мощности растительной массы угольных пластов, а также безугольных пород в зонах их расщеплений выделены тектонические и атектонические расщепления. Первые преобладают во внутренней, тектонически активной части Львовского палеозойского прогиба (зона расщепляющихся пластов); вторые во внешней, тектонически пассивной его части (зона нерасщепившихся или слабодиссипирующих пластов).

Дальнейшие исследования в ЛВБ будут направлены на определение степени отрицательного влияния расщеплений пластов угля на проведение геологоразведочных и горноэксплуатационных работ.

Установление генезиса расщеплений угольных пластов с использованием реконструкции первичной мощности отложений является важным направлением в угольной геологии. Положительные результаты исследований в ЛВБ дают основание для проведения подобных работ в других угольных бассейнах.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Литология. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. 253 с.
2. **Александров А. В., Желинский В. М., Коробицына В. Н. и др.** Атлас литогенетических типов угленосных отложений Алдано–Чульманского района Южно-Якутского каменноугольного бассейна. М.: Наука, 1970. 226 с.
3. **Ботвинкина Л. Н., Жемчужников Ю. А., Тимофеев П. П. и др.** Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна М.: Изд-во АН СССР, 1956. 368 с.
4. **Волков В. Н.** Генетические основы морфологии угольных пластов. М.: Недра. 1973. 136 с.
5. **Егоров А. И.** Механизм накопления биомассы и формирование угольного пласта // Геология угольных месторождений. М.: Наука, 1969. Т. 1. С. 66-75.
6. **Зарицкий П. В.** Конкреции и значение их изучения при решении вопросов угольной геологии и литологии. Харьков: Вища школа, 1985. 177 с.

7. **Іванов О. К., Кушнірук В. О., Каравасєв В. Я., Бартошинська Є. С.** Про ступінь ущільнення вугілля і порід Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну // Доп. АН УРСР. Серія Б. 1973. № 2. С. 114-117.
8. **Македонов А. В.** Угленосная формация и ее основные признаки // История угленакопления в Печорском бассейне. М., Л.: Наука, 1965. С. 47-134.
9. **Приходько Ю. Н.** Наблюдения над усадкой углей и песчано-глинистых пород на Интинском каменноугольном месторождении // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1963. № 2. С. 99-105.
10. **Прокопченко А. С.** К вопросу о сокращении мощности угольных пластов Донбасса в ряду углефикации // Докл. АН СССР. 1967. Т. 173. № 2. С. 425-427.
11. **Ронов А. В.** Уплотнение осадков и точность методов изучения истории колебательных движений земной коры // Докл. АН СССР. 1948. Т. 62. № 5. С. 673-676.
12. **Шульга В. Ф.** Сравнительный анализ карбоновых угленосных формаций Донецкого и Львовско-Волинского бассейнов // Геол. журн. 1993. № 4. С. 92-102.
13. **Шульга В. Ф., Матрофайло М. Н., Костик И. Е.** Бифуркация угольных пластов Львовско-Волинского бассейна // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 111-120.

**В. П. Алексеев¹, А. И. Манзина¹, Т. Ю. Медведева²,
А. Б. Сметанин², Е. О. Толмачев¹**

¹Уральский гос. горный университет, ²Уралнедра, ³ЗАО «Недра Консалт»

НЕКОТОРЫЕ ШТРИХИ К РЕКОНСТРУКЦИЯМ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ АНОМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ (на примере Юккунского участка Северо-Покачевского месторождения)

Постановка задачи

При испытании скв. 215, пробуренной в центральной части Юккунского лицензионного участка (л. у.) Северо-Покачевского месторождения, в отложениях верхней юры получены весьма необычные результаты. Во-первых, выше нефтенасыщенного коллектора ЮВ₁¹ вскрыты водоносные песчаники коллектора ЮВ₀, что априорно относится к аномальности разреза баженовской свиты в данном месте (об этом и пойдет речь в статье). Во-вторых, из нижерасположенных коллекторов ЮВ₁⁴ и ЮВ₂ получен приток весьма легкой нефти (по сути, газоконденсата), что явно противоречит обычным законам распределения НГ скоплений в осадочных толщах. Такой «слоеный пирог» (коллектор ЮВ₁² водоносен) определяет поиск каких-то особенностей геологического строения отложений – либо первичных, либо наложенных. На первый взгляд, при общей оценке геолого-геофизических параметров, как Юккунского л. у. в целом, так и блока со скв. 215, каких-либо значимых отличий от соседних территорий, помимо указанного выше опесчанивания нижней части баженовской свиты, не наблюдается. Исходя из этого, мы и обратили внимание на реконструкцию условий формирования верхнеюрских отложений с достаточно известных, но не часто используемых на практике позиций.

Состояние проблемы

Баженовскую свиту, к кровле которой приурочен один из основных отражающих сейсмических горизонтов «Б», наиболее *привычно* наблюдать в виде легко различаемых битуминозных алевроаргиллитов или баженинов, поэтому включение *внутри* них песчаников (тем более сходных с ачимовскими) сразу трактуется как именно аномальность разреза (АР). Этому вопросу, начиная со второй половины 80-х годов XX в. [8, 10], посвящена довольно обширная литература, отчасти обобщенная в статьях [4, 12 - 14]. Опираясь на них, приведем основные представления об АР баженовской свиты, или АРБ.

В ряде работ [4, 14] выделено три типа АРБ, что принимается и нами. К *первому* типу отнесены те разрезы, где контрастно небитуминозные отложения (в том числе и преимущественно песчаники) занимают нижнюю часть баженовского горизонта. Находя свое объяснение с седиментологических позиций, аномальность данной части разреза не получила еще достаточно полной расшифровки с геологической точки зрения. Именно об этом типе пойдет речь в представляемых материалах. Во-первых (как и для других типов), неизменным признаком АРБ является повышенная толщина горизонта, по сравнению с «обычными» баженитами. Во-вторых, очень часто среди достаточно хорошо сортированных песчаников встречаются неокатанные остроугольные обломки баженитов, фиксирующие их недальний перенос. Наконец, в-третьих, здесь нередки проявления послойных тектонических формаций (зеркала скольжения, дробление пород). В связи с этим наибольшее распространение получила турбидитовая концепция формирования данного типа АРБ, хотя на этот счет имеются и другие точки зрения, проанализированные в работах [4, 12-14 и др.]. Наши взгляды на генезис отложений именно этого типа АРБ мы изложим в конце статьи.

Второй тип АР баженовской свиты приурочен к ее верхней части. В последние годы чаще всего используется модель «подводно-оползневого» генезиса отложений данной части разреза, что иллюстрирует рис. 1. Не вдаваясь в полемику относительно достаточной экзотичности подобной модели, отметим, что существенную разнородность используемых при этом представлений, к примеру, иллюстрируют данные В. Ф. Гришкевича.

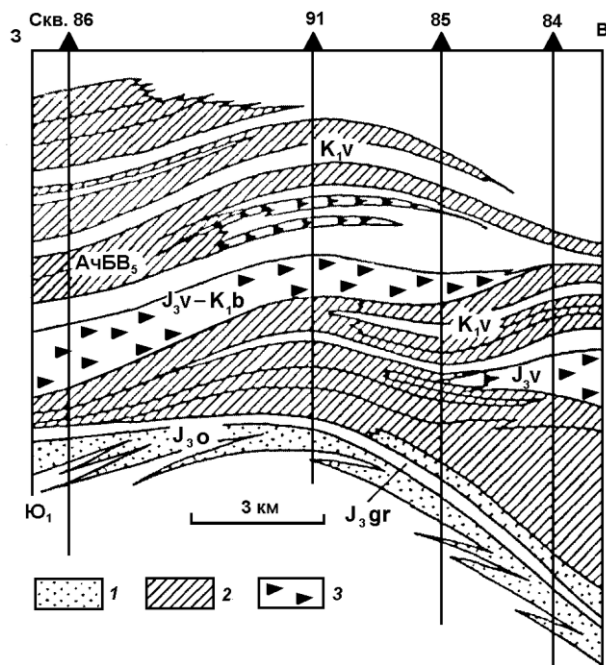


Рис. 1. Аномальный разрез баженовской свиты (Сургутский район, Восточно-Придорожная площадь) [9]:

1 – преимущественно песчаники; 2 – переслаивание песчаников, алеврито-глинистых пород, алевролитов и глин с преобладанием песчаников; 3 – битуминозные глины; пласты, показанные белым цветом, сложены преимущественно глинами

Одновременно он отмечает, что «... макрослоистые переслаивания органико-терригенных и терригенных пород являются *закономерным* (курсив наш. – авт.) нормальным следствием бокового осадконакопления...» и далее: «... макрослоистые переслаивания битуминозных и небитуминозных отложе-

ний («аномальные разрезы») являются стратифицированными осадками», но в то же время констатирует другой механизм осадконакопления: «... макро-слоистые переслаивания органо-терригенных и терригенных пород, возникающие в результате склоновых пластических оползней и турбидитных потоков (?! – авт.)..., содержат древнюю переотложенную (в том числе и юрскую фауну» [6, с. 44].

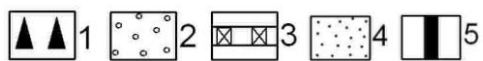
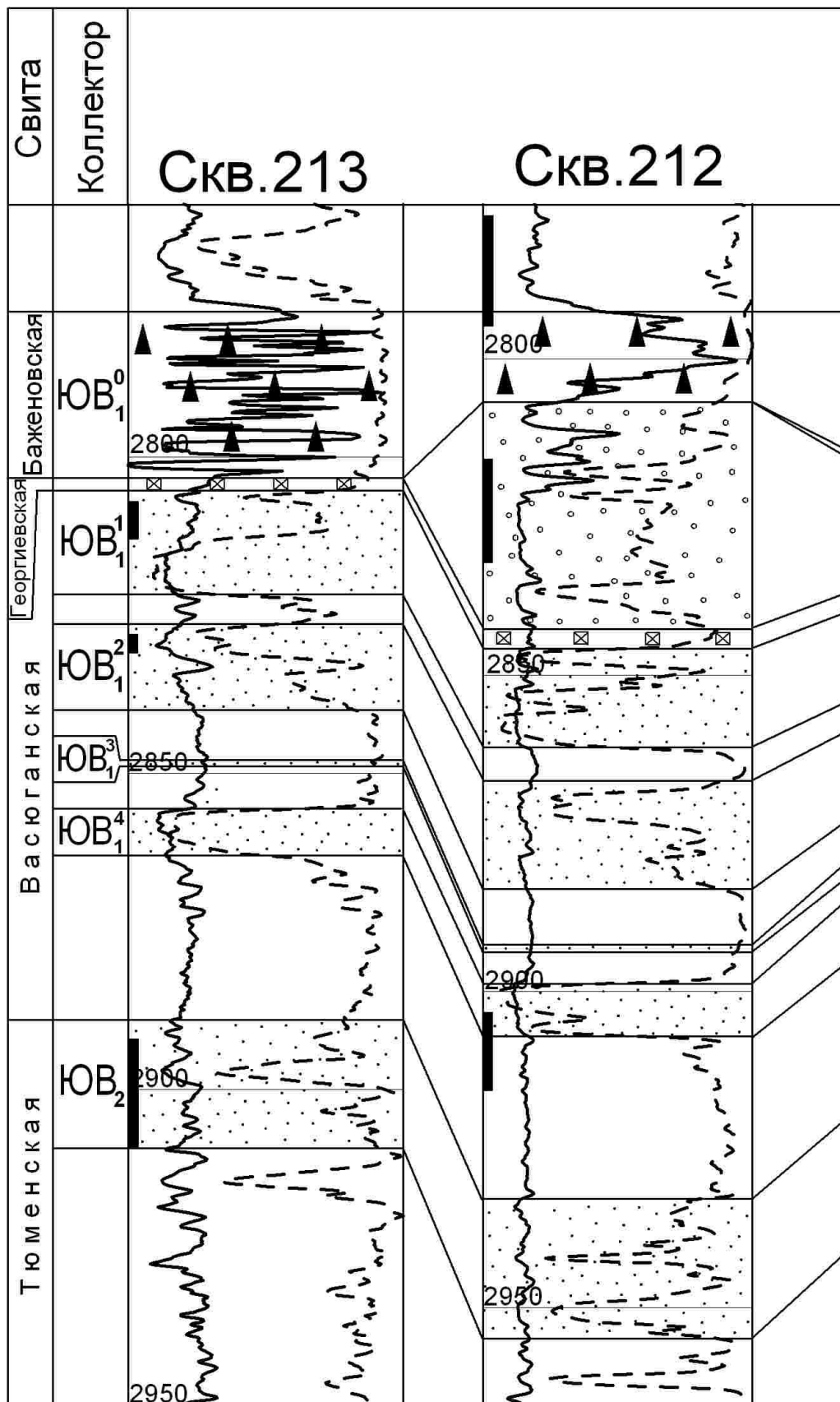
Немаловажно, что формирование «сейсмотурбидитов» А. А. Нежданова, описанных им как «олистостромы, образовавшиеся при седиментационных оползневых явлениях, обусловленных тектоническими процессами» [10], находится в достаточно тесной зависимости с первичным, диагенетическим уплотнением пород, что разобрано в краткой статье [14]. В ней показано, что именно песчаные «пластины» могут приобретать способность к сползанию даже по плоскостям с весьма пологим наклоном в 1 – 2 градуса. Для нас здесь особенно важно, что для рассуждений уже привлекается *разное уплотнение* различных пород, что позволяет наметить некоторую взаимосвязь в реконструкции механизмов формирования АР первого и второго типов.

Наконец, *третий* тип «... характеризуется практически полным отсутствием высокобитуминозных отложений классической баженовской свиты» [4]. По сути это «опесчаненный» или «грубоалевритистый» характер разреза, обусловленный самым что ни на есть обычным фациальным замещением. При этом в зонах непосредственных контактов устойчивых литостратонов они обязаны иметь зубчатый характер, что со времени признания закона Головкинского в общем-то никем и не оспаривается [2].

Фактический материал

На рис. 2 приведен корреляционный разрез по линии скважин, расположенных меридионально по территории Юккунского л. у. и полностью вскрывших келловей-верхнеюрские отложения. Как видно из него, верхняя часть тюменской и васюганская свиты прекрасно увязываются по данным ГИС, имея на данном, небольшом по размеру участке почти плоскопараллельное строение. Толщина васюганской свиты, ограниченной хорошими маркирующими горизонтами в виде георгиевской и кровли тюменской свит (Ю₂), почти не изменяется, составляя по профилю скважин (номера в скобках: см. рис. 2): 83,9 (213) – 87,2 (212) – 80,5 (215) – 83,7 (211) метров. Отметим особенно, что корреляция, показанная на рис. 2, не вызывает принципиальных сомнений, поскольку келловей-юрская толща ограничена хорошими маркирующими горизонтами в виде верхних частей баженовской (горизонт Б), принятой за нулевой горизонт, и георгиевской свит. Помимо того, достоверность корреляции (особенно на границе тюменской и васюганской свит) подтверждена и керном, интервалы отбора которого показаны на рис. 2.

Иначе обстоит дело с баженовской свитой, кровля которой также является отличным маркирующим горизонтом (см. рис. 2). Как на это и указывается практически во всех работах (см. выше), в зонах АР ее толщина существенно



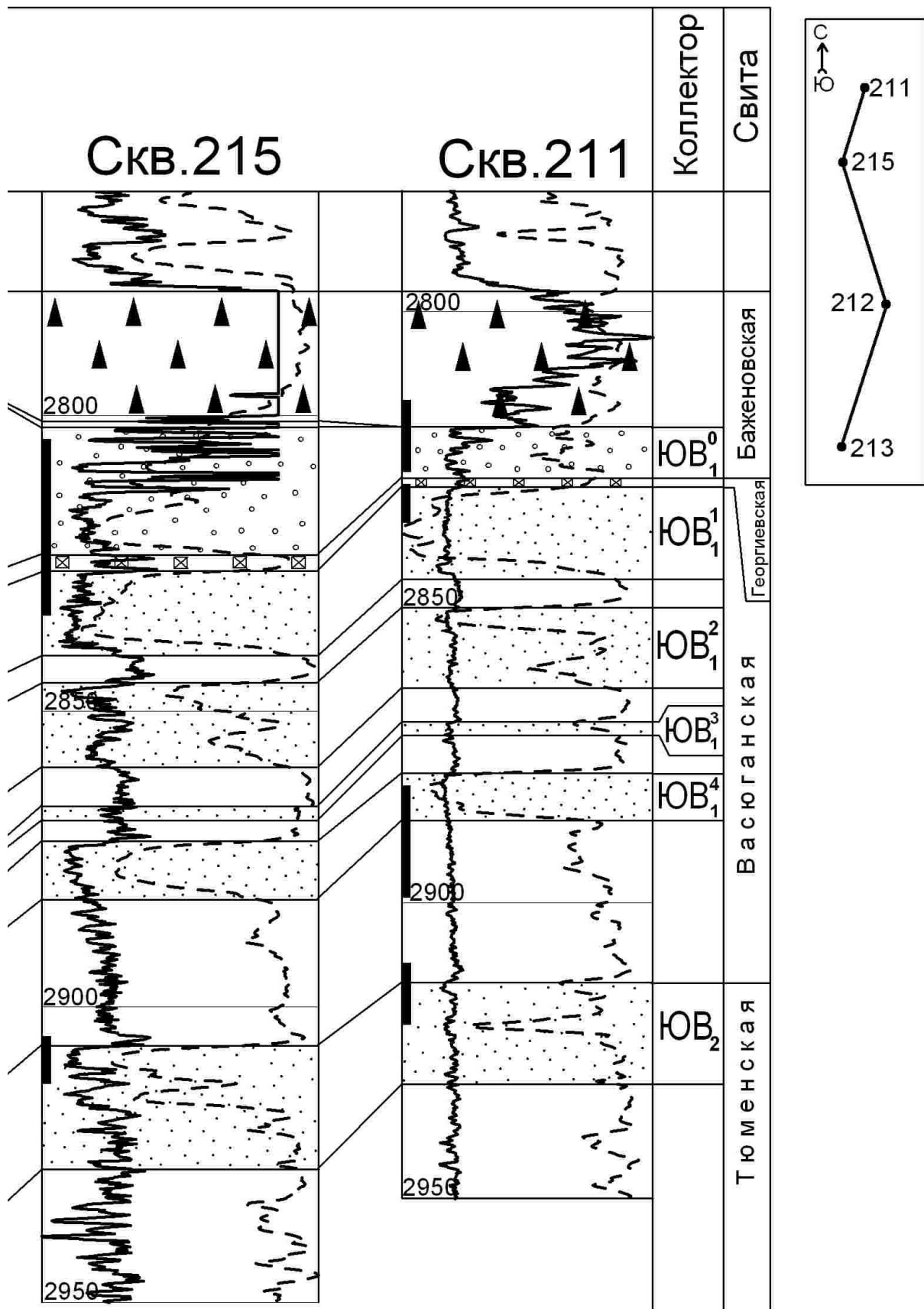


Рис. 2. Корреляционный разрез по линии скважин (их расположение см. вверху справа):
 1 – битуминозные аргиллиты (бажениты); 2 – преимущественно псаммитовые породы аномального разреза баженовской свиты; 3 – алевролиты георгиевской свиты с неравномерным распределением глауконита; 4 – алевропесчаники коллекторов; 5 – интервалы керна бурения

больше. При отсутствии алевритопесчаных пород нижней части свиты, сложенная нацело битуминозными «баженитами», имеет толщину 25,2 м (скв. 213), а при замещении ими нижней части достигает 50,4 м (скв. 212). Конечно же, такое двойное увеличение толщины разреза при расстоянии между скважинами всего 5 км наталкивает на поиск тектонических причин данного явления: «Трудно представить такую обстановку, чтобы в точке скважины... накапливались нормальные (в общепринятом понимании) битуминозные илы баженовской свиты, а всего в 4 км от нее в это же время образовывались осадки с обломками битуминозных пород» [12].

Реконструкция разреза баженовской свиты с учетом различного эпигенетического уплотнения пород

Начиная со стадии диагенеза осадки в той или иной степени уплотняются, причем уже само это уплотнение сказывается на отложении вышележащих слоев. На рис. 3 приведен пример влияния уплотнения на форму *русловой* залежи, под углом секущей ниже лежащие слои и огибаемой более

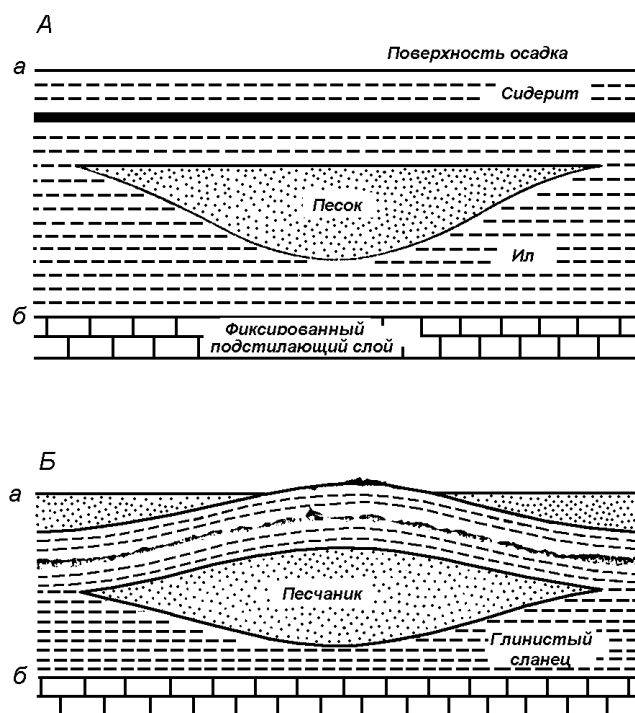


Рис. 3. Влияние уплотнения на форму поперечного сечения русловой песчаной залежи: по Дж. Дюпюи и др. (Dupuy J. P., Oswaldt G., Sens J., 1963) – из [11]:

A – до уплотнения; *B* – после уплотнения

верхними. Если же вмещающие слои «... деформируют или огибают тело снизу (курсив наш. – авт.), то это указывает на деформацию и погружение тела и свидетельствует о том, что современная форма его поперечного сечения не является первичной [11, с. 402]. Укажем, что в крайнем случае это может привести к наращиванию разреза именно в данном месте за счет изостатического прогибания ложа осадконакопления.

Особенно велика роль уплотнения при сложении толщи *контрастными* по способности к уплотнению осадками, сложенными органическим материалом. Так, в этой же работе [11] приведена ссылка на Дж. Шелтона

(1962) об уплотнении мелового глинистого сланца в 2,6 раза сильнее, чем песчаник. Вопросы сокращения мощности осадочных пород в процессе эпигенеза рассмотрены в многочисленных публикациях, а наиболее контрастных (уголь – вмещающие породы) – в уникальной сводке В. Н. Волкова [5], не потерявшей своего значения, несмотря на свой довольно «солидный» возраст.

С учетом перечисленного, констатируемая во всех работах и наблюдаемая в анализируемом разрезе повышенная мощность отложений баженовской свиты в зонах АР легко объяснима и даже *закономерна*, если учесть разное уплотнение весьма контрастных пород в процессе эпигенеза. Этот вопрос достаточно детально проработан в ряде работ, включая статью одного из авторов [1]. Применительно к рассматриваемому горизонту модель реконструкции, с учетом снятия эпигенетического уплотнения отложений, приведена на рис. 4.

Опираясь как на опубликованные, так и на неоднократно верифицированные личные данные, мы считаем возможным полагать следующее. Анализируемые глубины (2,8 км) и преобразование углей до марок ДГ ($R_0 = 0,5 - 0,6 \%$) соответствуют подстадии раннего мезокатагенеза MK_1 . Угли для этой ступени преобразований уплотнялись примерно в 3 раза сильнее, чем вмещающие алевропесчаные породы [5]. Исходя из принципа аналогии, мы вполне можем принять эту же цифру и для высокобитуминозных баженитов, тем более что близкое значение 2,6 мы уже отмечали выше.

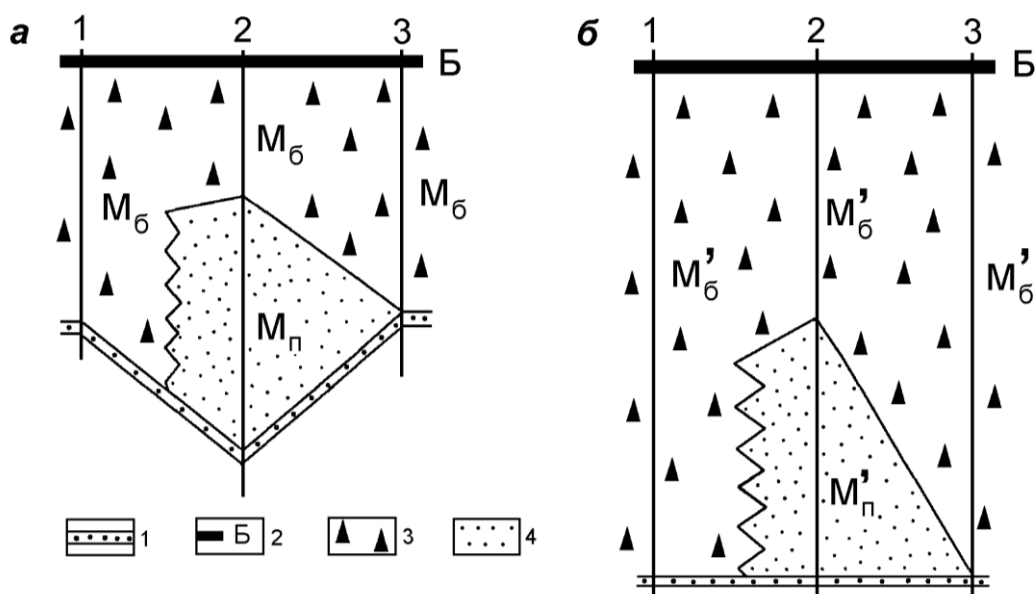


Рис. 4. Аномальный разрез баженовской свиты по условной линии скважин 1 – 3 в скв. 2 (а) и его реконструкция, с учетом резко различного уплотнения пород при эпигенезе (б):

1 – георгиевская свита; 2 – кровля баженовской свиты (отражающий горизонт Б); 3 – битуминозные алевроаргиллиты; 4 – песчаники;

при пересчете толщин коэффициент уплотнения песчаников принят за 1,0 ($M'_п = M_п$), а баженитов – за 2,0 ($M'_6 = 2M_6$)

Не вдаваясь в особенно тщательные расчеты, проведем примерный пересчет толщи баженовской свиты по линии скважин, приведенной на рис. 2, и в соответствии с моделью, показанной на рис. 4. Этот пересчет показывает следующее:

$$\text{Скв. 213 : } 25,2 \cdot 3 = 75,6 \text{ м;}$$

$$\text{Скв. 212 : } (14,6 \cdot 3) + 35,8 = 79,6 \text{ м;}$$

$$\text{Скв. 215 : } (21,5 \cdot 3) + 22,6 = 88,1 \text{ м;}$$

$$\text{Скв. 211 : } (23,3 \cdot 3) + 8,4 = 78,3 \text{ м.}$$

Легко заметить, что данными цифрами нацело *ликвидируется та двойная разница в мощностях баженовской свиты (25,2 – 50,4 м), которая наблюдается на разрезе (см. рис. 2) и констатируется для всех АР (см. выше)*. Еще больший компенсационный эффект будет наблюдаться при суммировании толщины васюганской свиты (см. выше) и реконструированной толщины баженовской: 159,5 (213) – 166,8 (212) – 168,6 (215) – 162,0 (211) метров. Поскольку все ряды перечисленных цифр укладываются в точность достаточно примерных расчетов, мы уверенно можем полагать, что формирование АР (по крайней мере на рассматриваемой площади) *не контролируется рельефом* нижележащих горизонтов. Абсолютные отметки кровли георгиевской свиты составляют следующий ряд: -2732,7 м (213) – -2771,3 м (212) – -2747,6 м (215) – -2756,4 м (211). Достаточно отчетливо проявленное огибание песчаной линзы АРБ весьма выдержанной георгиевской свитой именно *снизу* скорее всего свидетельствует о неустойчивости режима формирования песчаного потока: это коррелируется с высказыванием П. Петтиджона и др. [11], которое мы привели в комментариях к рис. 3. Помимо перечисленного, неспровоцированное выравнивание исходных мощностей в линию почти равных толщин (см. выше) может рассматриваться как косвенная (от обратного) верификация показателя уплотнения 3 : 1, взятого нами из работы В. Н. Волкова [5] и апробированного на ряде угольных месторождений.

Представления о генезисе песчаников АР

В литературе, посвященной АРБ, генезис песчаников чаще всего связывают с турбидитными потоками – либо оползневого типа («сейсмотурбидиты»), либо классических мутьевых потоков высокой плотности. Не видя (по меньшей мере для анализируемого, первого типа АР) ни малейших оснований связывать генезис песчаников именно с турбидитами, мы полагаем, что они сформировались в условиях подводных течений. По классификации В. Т. Фролова [15], это генетический тип донных шельфовых течений, ведущим диагностическим признаком которых является хорошая и средняя сортировка песчаного материала. Имея открытошельфовый парагенез с краями аванделът, контуритами и иловыми отложениями дальней зоны, осадки данного типа весьма часто подвергаются син(диа)генетическим тектоническим деформациям. Эти деформации особенно характерны для краевых частей дельт. По нашему мнению, именно с ними в значительной степени связан

второй тип АРБ. Что же касается рассматриваемого первого типа, то широко распространенное здесь сочетание остроугольных совершенно неокатанных обломков баженинов, переотложенных почти *in situ*, с *хорошей* сортировкой песчаного матрикса (совершенно несвойственной турбидитам), несомненно свидетельствует в пользу ламинарно-течениевого генезиса отложений. Об этом же свидетельствует и часто отмечаемая бимодальность текстуры. В процитированной выше работе [11] неоднократно упоминается об этом факторе как признаке песчаников морского шельфа. Симптоматично, что авторы ссылаются на работы Ю. А. Жемчужникова: статью 1926 г., а также «донецкий» двухтомник 1959 – 1960 гг. Помимо того, что ссылки на российских (советских) ученых, да еще на непереведенные работы в трудах зарубежных исследователей вообще являются экстраординарным событием, выбор работ именно этого выдающегося отечественного литолога также верифицирует (хоть и косвенно) изложенные выше представления. Ведь именно Ю. А. Жемчужниковым с коллективом литологов разработаны основы фациально-циклических исследований, одним из краеугольных камней в основании которых является текстурный (по Л. Н. Ботвинкиной) анализ.

Такая донно-течениевая интерпретация генезиса песчаников соответствует представлениям об их реликтовой природе (не наблюдаемой в современных условиях), что особенно характерно для терригенных отложений мелководного побережья древних морей. Миграция донных течениевых потоков периодически приводила к боковому размыву диагенетически уплотненных баженинов, с их недалгим переносом. Сходство песчаников из нижних частей АР с песчаниками васюганской свиты (но не ачимовскими) следует из сравнения их петрографического состава, а также геохимических показателей, что освещено в статье А. В. Маслова и др. «Литохимические особенности...», помещенной в данном сборнике. Примером крайнего случая в обосновании сейсмогенной (турбидитовой) природы клиноформ в целом является следующий. В статье Ю. В. Брадучана и др., касающейся именно АРБ, показан поздневолжский возраст слабобитуминозных аргиллитов и валанжинский палинокомплекс светло-серых алевролитов из *одного образца* [3]. Но при этом ведь для интерпретации механизма, приведшего к подобному явлению, в общем-то нет необходимости привлекать достаточно экзотические тектоногенные модели типа сейсмотурбидитов (см. рис. 1). Достаточно простейшего седиментологического признания диахронности литологических границ, с зубчатостью их конфигурации, что установлено Н. А. Головкинским 140 лет назад ([2]; см. выше). В принципе, к расшифровке седиментологического механизма, обеспечивающего подобное явление, на наш взгляд, наиболее близко подошел В. Ф. Гришкевич [6], исходя из признания наличия неких *барьерных* зон, фильтрующих материал, поступающий в область осадконакопления. Формирование АР баженовской свиты в модельном виде именно с этих позиций прекрасно описано в статье С. Н. Варламова и Г. Д. Ухловой [4]. Дополним, что чрезмерность и не всегда корректность в обращении с термином «турбидит», особенно при полумифогенной слоисто-

стромовой интерпретации перемещения огромных шельфовых блоков к подножью континентального склона для нижнемеловых отложений Сихотэ-Алиня, показана в работе с выразительным названием [7]. Таким образом, достаточно обычный седиментогенный механизм в рамках *контрастных* гранулометрических типов пород может привести к ошибочным выводам о наложении *внешних* по отношению к системе осадконакопления факторов.

Обобщение результатов

Наиболее детально и последовательно пути формирования АРБ, на наш взгляд, проанализированы С. Н. Варламовым и Г. Д. Ухловой [4]. В частности, они разделены на тектонические и седиментационные, с подразделением вторых на 4 типа по соотношению возраста АР и собственно баженовской свиты. Продолжая эту типизацию, приведем ее не в линейной или векторной, а в матричной форме, что представлено в таблице. С нестрогих позиций выделены три типа *механизма* формирования АРБ и три варианта временных соотношений с вмещающими породами. Это в целом дает 9 возможных моделей реализации процесса.

Формирование аномальных разрезов баженовской свиты (АРБ):
факторы, гипотезы и возможные варианты

Механизм Время	Седиментогенный		Тектоно- генный
	самоорганизация (аутогенный)	наложенный (алло-, ксено- генный)	
Сингенетично	① Донно-течениевые потоки; фациальное замещение	② Турбидиты	③ — (системообразующий фактор)
Диагенетично - диахронно	④ Клиноформно-диастемальный тип	⑤ Сейсмo-турбидиты	⑥ Изостазия
Постгенетично	⑦ — (псевдотектоника)	⑧ Олистостромы	⑨ Шарьяжи, диапиры, флюидодинамика

Рассмотрение тектоногенного механизма в общем выходит за рамки представленной статьи. Отметим лишь, что представленные в ней реконструкции дезавуируют мысли о тектонической природе увеличения мощностей горизонтов в АРБ (вариант 7 в таблице), вообще же влияние данного механизма на формирование АРБ либо опосредовано (варианты 3 и 6 в таблице), либо исключительно вторично (вариант 9).

Прежде чем перейти к оценке моделей в рамках седиментогенного механизма, приведем достаточно развернутую цитату из работы ведущего российского литолога В. Т. Фролова: «Пониманию структуры мешают и упрощенные взгляды на тектоногенез как проявление только эндогенных сил и процессов и недооценка экзогеодинамики, хотя последняя часто проявляется в складчатости, разрывах, надвигах, дайках, силлах, протрузиях и других зкзо- и полигенетичных структурах... При их изучении следует руководствоваться *общим правилом естествознания – сначала объясни легче проверяемыми и естественными причинами (чаще – экзогенными), лежащими «на поверхности»*, а потом, в случае полного или частичного неуспеха, привлекай отдаленные и экзотичные, в том числе и глубинные причины» [16, с. 102 – 103]. Заинтересованный читатель может расценить эту цитату (по меньшей мере в ее первой части) как аргумент в пользу сейсмотурбидитовой концепции формирования АРБ (вариант 5 в таблице; см. рис. 1). Однако последовательно используя принцип «бритвы Оккама» (а именно он и лежит в геологической основе цитаты из работы В. Т. Фролова), мы попросту *обязаны* прийти к априорному исключению не только тектоногенного, но и наложенного седиментогенного механизма (варианты 2, 5 в таблице). Вначале, на первом этапе, мы должны рассмотреть процессы, генерируемые внутри самой системы осадконакопления (варианты 1, 4). Кратко мы и рассмотрели, что формирование АРБ (по меньшей мере, в анализируемом разрезе) можно объяснить *без* привлечения внешних по отношению к системе осадконакопления факторов, с позиций автономно управляемого и самоорганизующегося процесса. Как видно из всего перечисленного выше, рассмотренный разрез полностью отвечает моделям 1, 4 (см. таблицу). «Аномальность разреза» здесь обусловлена фациальным замещением отложений. При перемыве уплотненных «баженитов» в хорошо отсортированных песчаниках наблюдаются их остроугольные обломки, фиксирующие недалкий перенос. Несовпадение же рассчитываемых «скоростей» осадконакопления, вычисляемых по отношению толщин интервалов к геологическому времени, легко объяснимо превалярованием в разрезах *перерывов*, в том числе и скрытых (диаستم) [2].

Авторами в принципе поддерживается гипотеза, предполагающая единство и взаимосвязь АР баженовской свиты, ачимовских песчаников и всей неокомской клиноформной толщи в целом, что по сути обозначено уже в пионерной работе О. М. Мкртчяна и др. [8]. Она соответствует варианту 4 в таблице; модель осадконакопления применительно к АРБ разобрана в неоднократно упоминавшихся работах [4, 6]. Однако, понимая, что лишь на одном примере, причем касающемся только одного из трех типов и двух горизонтов нетипового явления, не следует делать каких-либо далеко идущих выводов, а тем более обобщений, ограничимся признанием единого *механизма* формирования этой части разреза Западно-Сибирского осадочного мегабассейна, не делая каких-то выводов геологического характера.

Резюме

Основной задачей исследований явилась реконструкция условий формирования отложений. Как следует из изложенных материалов, снятие различных «наложенных» – как механизмов, так и представлений – показало совершенно обычную *седиментационную* природу формирования «аномального» разреза баженовской свиты, по меньшей мере на Юккунском л. у. Тем самым как бы на своего рода антитезе высвечивается дополнительный аргумент в пользу именно *наложенности* нетрадиционного распределения НГ-скоплений (см. постановку задачи). То есть отрицательный седиментологически вариант 7 в таблице самим своим присутствием *de facto* «притягивает» стратифицированные флюидодинамические процессы явно нелинейного характера (вариант 9 в таблице). Одновременно это приводит к мысли о достаточно *молодом* их возрасте, связанном, по всей видимости, с неотектоникой. Тогда, опять-таки «от обратного», становится понятно, почему реконструкция условий *древнего* осадконакопления, по определению, не может дать прямого ответа на поставленные вопросы.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Построение геологических разрезов для осадочных толщ: подбор вариантов // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. Вып. 11. С. 109-118.
2. **Алексеев В. П.** Литологические этюды. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 149 с.
3. **Брадучан Ю. В., Глушко Н. К., Комиссаренко В. К., Шатова Л. А., Гришкевич В. Ф., Касаткин В. Е., Предеин С. А., Теплоухова И. А., Торопов Э. С.** О возрасте отложений аномальных разрезов пограничных слоев юры и мела по скважинам Северо-Конитлорского месторождения (предварительное сообщение) // Вестник недропользователя ХМАО. 2005. № 16. С. 28-30.
4. **Варламов С. Н., Ухлоva Г. Д.** Модель формирования и прогноз нефтеносности аномальных разрезов баженовской свиты центральной части Западно-Сибирской плиты // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры (Девятая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2006. Т. 1. С. 176-184.
5. **Волков В. Н.** Генетические основы морфологии угольных пластов. М.: Недра, 1973. 136 с.
6. **Гришкевич В. Ф.** Макроструктура берриас-аптских отложений Западной Сибири и ее использование при построении информационных техно-

логий в геологии нефти и газа. Тюмень: Издат. Дом «ИздатНаукаСервис», 2005. 116 с.

7. **Маркевич П. В.** Осторожно, турбидиты! // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия: Мат-лы 3-го Всеросс. литол. сов. М.: Изд-во МГУ, 2003. С. 19-21.

8. **Мкртчян О. М., Трусов Л. Л., Белкин И. М., Дёгтев В. А.** Сейсмогеологический анализ нефтегазоносных отложений Западной Сибири. М.: Наука, 1987. 126 с.

9. **Нежданов А. А., Пономарев В. А., Туренков Н. А., Горбунов С. А.** Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири М.: Изд-во АГН, 2000. 247 с.

10. **Нежданов А. А., Ушатинский И. Н.** Состав пород и условия образования аномальных разрезов баженовской свиты // Геохимия процессов нефтеобразования и нефтегазонакопления в мезозойских отложениях Зап. Сибири: Сб. науч. тр. Тюмень: Изд-во ЗапСибНИГНИ, 1986. с. 118-127.

11. **Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.

12. **Соколовский А. П., Соколовский Р. А.** Аномальные типы разрезов баженовской и тутлеймской свит в Западной Сибири // Вестник недропользователя ХМАО. 2002. № 11. С. 64-69.

13. **Судакова В. В., Кычкин А. Н., Шерстнов В. А.** Геологическая модель строения и нефтеносность баженовско-ачимовских отложений Конитлорского месторождения Сургутского нефтегазоносного района Среднеобской НГО // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (Восьмая науч.-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2005. Т. 2. С. 115-125.

14. **Филиппович Ю. В.** Типы и механизмы формирования аномальных разрезов баженовского горизонта и ачимовской толщи // Вестник недропользователя ХМАО. 1999. № 4. С. 30-34.

15. **Фролов В. Т.** Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.

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

А. М. Сухоруков,
Уралнедра

ПОДОСИНИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ (Свердловская область)

Из архивных данных известно, что месторождение открыто в 1904 году на рч. Шакыш (Алапаевский район). А. П. Карпинский первый дал сведения о вещественном составе этого угля в научной статье, опубликованной в сборнике «Очерк месторождений ископаемых углей России», изданном Геологическим комитетом в Санкт-Петербурге в 1913 году [1]. Вот состав этого угля (%): летуч. вещ. – 18,80; слабоспек. кокса – 74,34; золы – 5,52; серы – 1,46.

По современному районированию месторождение находится в Рефтинской или Алапаевской угленосной полосе Егоршино-Каменского района, где развиты нижнекарбоновые отложения в Среднем Зауралье [5, 6]. Оно расположено в 7 км к юго-западу от ст. Самоцвет железной дороги Алапаевск – Серов. Месторождение не разведано, и его контуры неизвестны. Изученная площадь (участок) составляет 0,3 x 2 км. После открытия здесь угля проведены эпизодические разведки в 1905-1907, 1927-1929 и в 1939 гг. Разведка велась мелкими шахтами глубиной до 70 м и шурфами, с проходкой из них горизонтальных выработок, а также скважинами ручного и колонкового бурения глубиной от 100 до 250 м; одна из скважин пробурена до 360 м.

В то время не существовало единой централизованной геологоразведочной службы, и работы осуществлялись бессистемно, документация их большей частью была низкого качества и впоследствии многие материалы оказались утерянными. В. Н. Яковлев, проводивший в 1940 г. обобщение и анализ материалов разведок прошлых лет по месторождению, отметил, что вопрос о перспективах угленосности Подосининского месторождения не может быть решен даже в общем виде из-за низкого качества материалов и отрывочных сведений [4, 6]. Долгое время этот участок назывался месторождением, пока в конце 80-х годов прошлого века не была проведена гравиметровая съемка, давшая основание рассматривать месторождение в более широких рамках, чем оно ранее представлялось [3].

В 1940-1950 гг. месторождение разрабатывалось Свердловским облместопом с годовой добычей до 30 тыс. т угля. Эксплуатация прекращена из-за сложных горно-геологических условий и нерентабельности добычи. В 1983-1985 гг. в Рефтинской полосе, включая южный фланг Подосининского месторождения, проведены поисковые работы Среднеуральской ГРЭ ПГО «Уралгеология», материалы по которым изложены в отчете Дворянова, Мезенина и др., хранящемся в Уралгеолфонде. В настоящее время месторождение осваивается ООО «Горняк» мелким углеразрезом, одноименным с месторождением – «Подосининским».

Геологическое строение (это касается только разведанного участка, на котором заложен углеразрез) месторождения во многом неясное. По мнению В. Н. Яковлева, структура его представляет собой сложнопостроенную антиклиналь с крутыми (от 60 до 85 градусов) углами падения (рис. 1, 2). По представлению других геологов, оно может быть чешуйчатой моноклиной (рис. 3). Густая сеть разрывных нарушений обуславливает мелкоблоковое строение с многочисленными разрывами угольных пластов и превращением их в клочки. Мощность угленосных отложений не установлена, но она превышает 200 м. В северном направлении от нынешнего углеразреза толща погружается под визейские известняки. Продуктивная часть разреза на участке, изученном бурением и шахтами, имеет мощность 80-100 м.

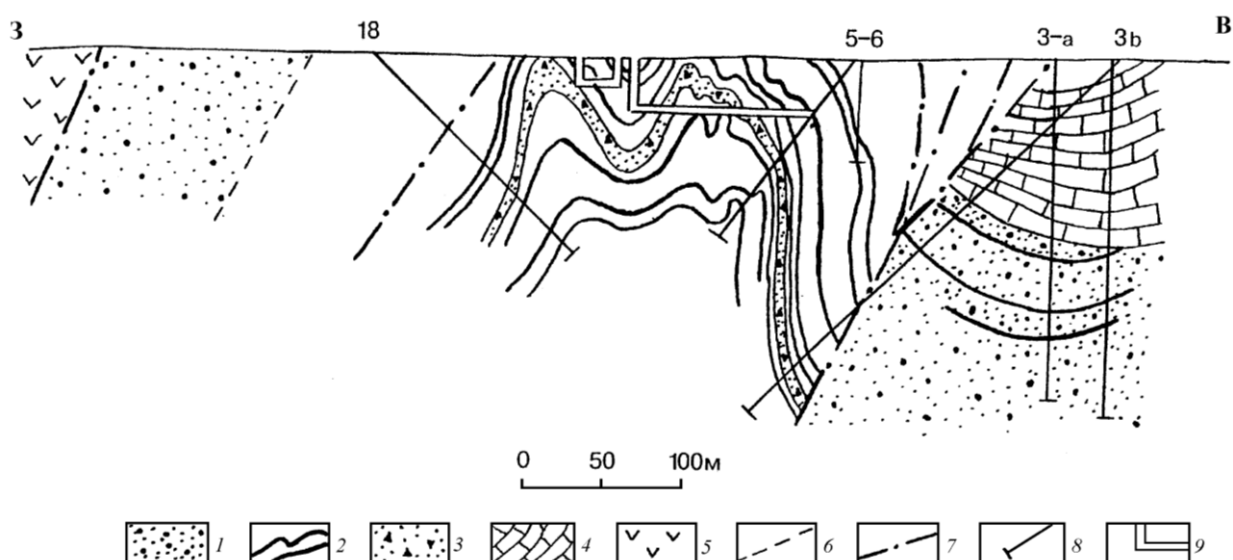


Рис. 1. Геологический разрез Подосининского месторождения (по В. Н. Яковлеву):
 1 – надугольная свита; 2 – угольная свита с пластами угля; 3 – брекчия (маркирующий горизонт); 4 – известняки; 5 – диабазовые порфириты; 6 – стратиграфические контакты; 7 – разрывные нарушения; 8 – скважины; 9 – подземные горные выработки

Угленосность, по данным В. Н. Яковлева, характеризуется семью угольными пластами, сильно нарушенными, загрязнёнными, с включениями вмещающих пород. Глубина залегания пластов от 2,5-3 м от поверхности. Средняя мощность пластов от 0,5 до 1,7 м, суммарная мощность угольной массы колеблется от 5,5 до 12,5 м, в среднем составляя около 8 м. Пласты прослежены до глубины 200 м. Но эти данные нельзя считать полностью достоверными. Угленасыщенная часть толщи соответствует, видимо, егоршинской свите верхнего турнейско-нижневизейского возраста.

Качество угля (по работам прошлых лет): угли черного цвета полублестящие, но сильно перемятые и превращены в бесструктурную массу; имеют следующий технический состав (средние значения): влага аналитиче-

ская 0,6 %, зольность 21 %, содержание серы 0,7 % и высшая удельная теплота сгорания 6900 ккал/кг. В 1927-1929 гг. качество угля определялось в лабораториях Донугля и на Губахинской обогатительной фабрике; здесь же проводились технологические исследования. Средние содержания влаги лабораторной составило 0,6 %, влаги рабочего топлива 6,0 %, золы на сухое топливо 21,0 %, серы общей 0,7 %. Высшая удельная теплота сгорания равна 6960 ккал/кг. Угли определены как спекающиеся марки Ж, хорошо обогатимые методом флотации и хорошо коксующиеся. В 1940 г. Л. И. Сарбеева опробовала два пласта угля с глубины 50-60 м в горной выработке и установила, что это полублестящие дюрено-клареновые и клареновые разности, разбитые сетью трещин экзогенного кливажа. Авторы, проводившие петрографические исследования, ссылаясь на В. С. Михеева, указывают, что подосининские угли не все хорошо спекаются, что, по-видимому, можно объяснить разным их петрографическим составом и наличием в них дюреновых фюзелитовых углей, которые не спекаются [2].

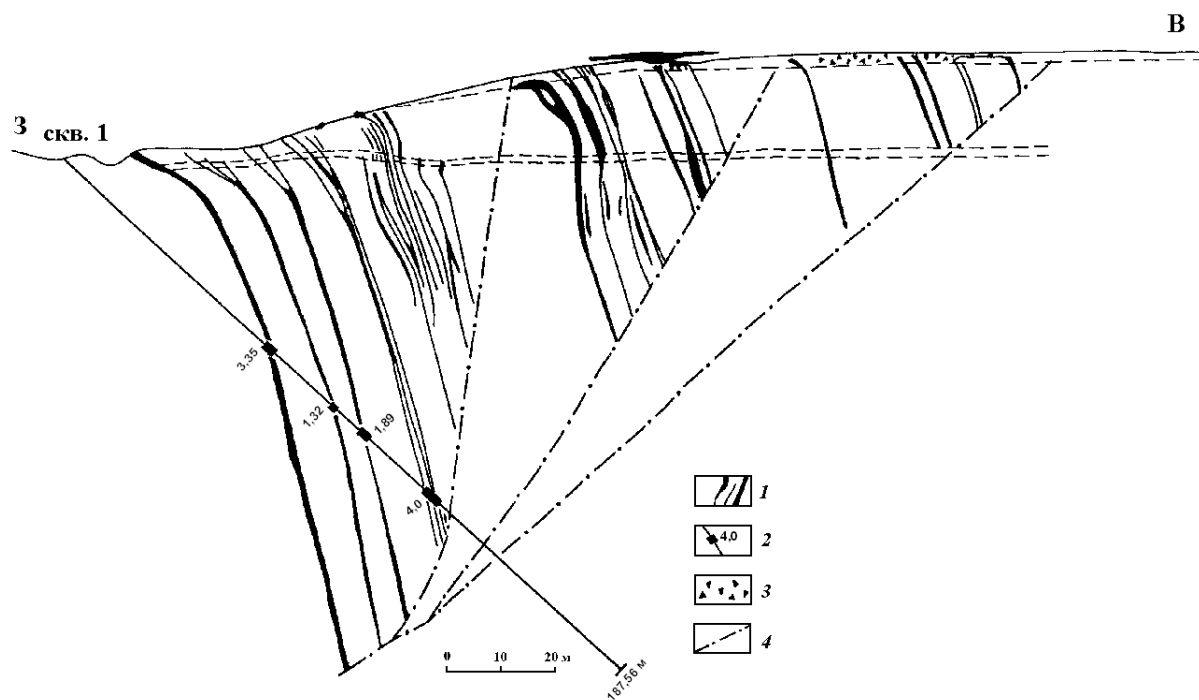


Рис. 2. Разрез Подосининского месторождения по линии ЗВ (по материалам 1929 г.):
 1 – пласты – уголь, сажа; 2 – истинная мощность угольных пластов; 3 – обломки угля; 4 – разрывные нарушения

Исследования окисленных и малоокисленных углей месторождения произведены недавно (в начале освоения их ООО «Горняк») в Уральской теплотехнической лаборатории (УТЛ г. Челябинск, 2003 г.) с точки зрения использования этих углей в качестве *энергетического* топлива на ТЭС «Свердловэнерго». Установлено, что высшая удельная теплота сгорания слабо окисленного угля составляет 7700 ккал/кг и сильно окисленного – 6015 ккал/кг.

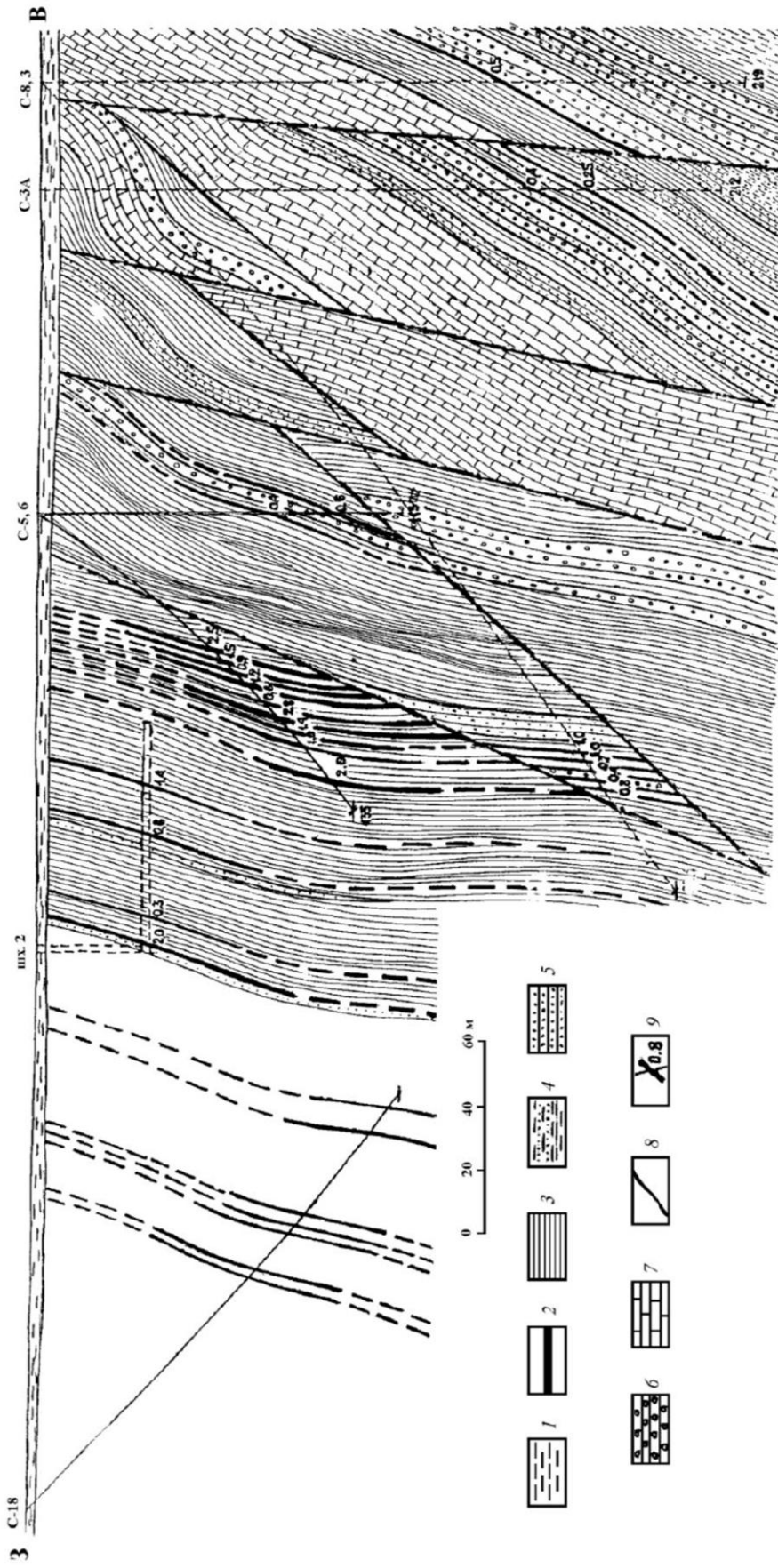


Рис. 3. Схематический разрез Подосининского месторождения по линии VI – VI (составил В. Г. Шихов по материалам В. Н. Яковлева):

1 – покровные отложения кайнозоя; 2 – угольные пласты; 3 – аргиллиты; 4 – аргиллиты в переслаивании с алевритами; 5 – песчаники; 6 – конгломераты; 7 – известняки; 8 – тектонические нарушения; 9 – мощность угольных пластов по пересечениям в метрах

Гигроскопическая рабочая влага закономерно уменьшается с увеличением глубины соответственно от 10-12,5 и 32 % (при 5-10 м) до 3-5 и 6-11 % (при 18-20 м). Также отмечена тенденция снижения зольности проб пластового угля при увеличении глубины залегания.

Окисление угля характеризуется ростом содержания кислорода при уменьшении углерода, водорода и серы. Угли отнесены к низкосернистым (среднее значение серы общей 0,39 %), а сульфидная (пиритная) сера составляет лишь 0,02-0,03 %. По реакционным свойствам неокисленный и слабоокисленный уголь соответствует широко используемым в энергетике углям марки СС: выход летучих составляет 23-25 % и их теплота сгорания (т. е. летучих) 8000 ккал/кг.; с ростом окисленности (уменьшении глубины добычи) существенно увеличивается выход летучих, достигая 38-44 %, но при этом уменьшается теплота сгорания летучих до величины менее 4000 ккал/кг. Химический состав минеральной части угля с глубины 16-20 м и зольности 22-30 %: оксид кремния 55,7-59 %, оксид алюминия 25,7-27,6 %, оксид титана 1,0 %, оксид железа 4,0 %, оксиды кальция и магния соответственно 3,1-6,6 % и 1,2-1,8 %, оксид калия 0,8 %, оксид натрия 0,1 %, но при снижении зольности и с ростом окисленности существенно возрастает содержание оксидов кальция и магния. В заключение УТЛ считает, что неокисленный и слабоокисленный уголь Подосининского месторождения и его смеси в определенных пропорциях с окисленным могут быть использованы *как энергетическое топливо*. Их использование возможно в ТЭС «Свердловэнерго» без реконструкции существующего оборудования. Замена части экибастузского угля подосининским на ТЭС «Свердловэнерго» целесообразна по экологическим соображениям, так как выбросы серы от подосининского угля вдвое ниже, чем от экибастузского. А вот сильно окисленный уголь до глубины 17 м, из-за повышенного содержания оксида кальция не может быть рекомендован к использованию в «чистом» виде на существующих энергетических котлах Уральского региона; его рекомендуется сжигать в котлах с кипящим слоем, а по согласованию с потребителями и после дополнительной проработки его сжигание возможно в смеси с экибастузским в небольшой пропорции на энергетических котлах «Свердловэнерго».

В 2003 г. Испытательный центр Государственного унитарного предприятия «Восточный научно-исследовательский углехимический институт (ВУХИН)» выдал протокол испытаний угля разреза «Подосининского», в котором указана марка угля по ГОСТ как *уголь каменный коксовый отощенный* группы *второй коксовый отощенный «2КО»*.

Таким образом, неокисленные угли имеет смысл использовать в производстве кокса для черной металлургии.

Запасы и прогнозные ресурсы месторождения. Впервые запасы подсчитаны в 1940 г. методом среднеарифметического В. Н. Яковлевым в количестве 1293 тыс. т до глубины 200 м и на балансе не состояли. Учитывая, что они частично отработаны в период 1940-1950 г.г. с ориентировочной добы-

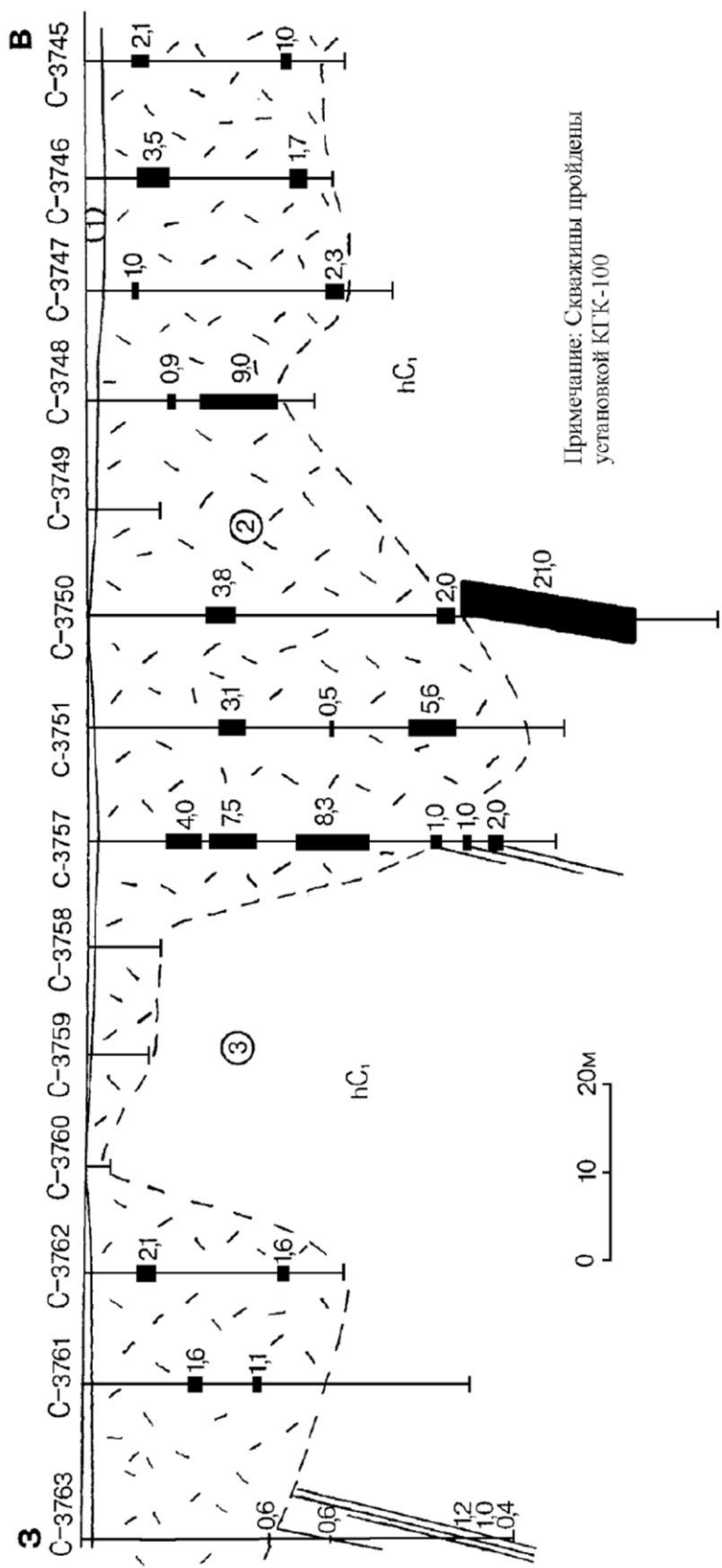


Рис. 4. Геологический разрез Расапихинского участка по линии X [4]:

① – четвертичные суглинки; ② – зона разрушенных и выветрелых пород угленосной толщи; ③ – угленосная толща с пластами угля. Мощность угля дана по керну (в м)

чей за этот период 200 тыс. т, оставшиеся запасы составляют примерно 1 млн т, которые принимаются как авторские категории С₂.

По данным поисковых работ 1983-1985 гг., на самом крайнем южном фланге месторождения, известном как Раскатихинский участок, на котором вскрыт уголь и возможен прирост запасов в количестве 1 млн т до глубины 100 м (рис. 4). Учитывая данные ранее проведенных работ на месторождении, которые показывают, что угленосность до глубины 200 м существенно не меняется по сравнению с верхними горизонтами, принимаются прогнозные ресурсы угля в количестве 2 млн т по категории Р₁ до глубины 200 м. Подосининское месторождение в гравиметровом поле приурочено к южной части крупной отрицательной гравиметровой аномалии, названной геофизиками *Арамашевской*, интенсивностью в эпицентре около 7 мГал [3]. Аномалия протягивается в ССЗ направлении около 40 км. По оценке Б. Г. Семенова, на площади этой аномалии могут быть ресурсы угля до глубины 600 м в количестве 190 млн т, и они принимаются нами по категории Р₃ [3].

Подводя итог кратко рассмотренному материалу по месторождению, приходится констатировать, что, к сожалению, Подосининское месторождение изучено очень плохо, за исключением небольшого участка, где заложен опытный углеразрез «Подосининский». Это требует оценочных работ, в которые, по мнению автора этой статьи, должны быть включены следующие позиции.

1. Составление камеральным путем карты угленосности крупного масштаба (не мельче 1 : 25000) на площадь Арамашевской аномалии.

2. Проведение бурения и горных работ (магистральных канав, шурфов) там, где маломощный рыхлый покров, геофизическими методами (электро-разведка, гравиразведка), поисковых маршрутов (там, где это целесообразно): в первую очередь к югу от углеразреза и на Раскатихинском участке. Желательно проводить поиск отпечатков макрофлоры и отбор образцов для исследования их спорово-пыльцевым методом с целью определения возраста угленосных отложений.

Кроме того, для изучения структуры месторождения и определения продуктивности Арамашевской отрицательной гравиметровой аномалии следовало бы пробурить структурно-поисковую скважину глубиной 600 м в эпицентре Арамашевской аномалии, используя средства смешанных источников финансирования (государственного бюджета и частного капитала). Следует также продолжить исследования по нетрадиционному использованию углей месторождения, а повышение рентабельности эксплуатационных работ можно осуществлять за счет утилизации вскрышных пород, т. е. возможного их использования в других отраслях хозяйства.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод: главной проблемой для месторождения является ***определение промышленной угленосности по площади и на глубину и количества запасов угля, в том числе для открытых горных работ.***

Библиографический список

1. **Карпинский А. П.** Месторождения ископаемого угля на восточном склоне Урала // Собр. сочинений. т. III. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1941. С. 454-508.
2. **Сарбеева Л. И., Кошеварова З. Б.** Качество и технологические свойства карбоновых углей Урала // Угольная база России. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части России (Северный Кавказ, Восточный Донбасс, Подмосковский, Камский и Печорский бассейны, Урал). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. С. 353-385.
3. **Семенов Б. Г., Сухоруков А. М., Казачихин В. А., Устюжанинов В. Г.** Перспективы северного окончания Рефтинской угленосной зоны (Среднее Зауралье) // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. Вып. 9. С. 165-172.
4. **Сухоруков А. М.** Угольные месторождения и проявления Свердловской области: Справочник. Екатеринбург, 1998, 104 с.
5. **Сухоруков А. М.** Восточно-Уральская угленосная зона // Угольная база России. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части России (Северный Кавказ, Восточный Донбасс, Подмосковский, Камский и Печорский бассейны, Урал). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. С. 334-353.
6. **Тарханеев Б. Ф.** Егоршино-Каменский угленосный район // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 4. Угольные бассейны и месторождения Урала. М.: Недра, 1967. С. 98-136.

УДК 552.574 (470.5)

И. Е. Стукалова,
Геологический институт РАН, г. Москва

ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В НИЖНЕКАРБОНОВЫХ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛА

Введение

Нами была продолжена работа по изучению степени постседиментационного изменения пород в нижнекарбонových осадочных комплексах восточного склона Урала. В данной статье основное внимание уделяется трансфор-

мации глинистых минералов в составе пелитовой фракции пород в процессе катагенеза. Были проанализированы образцы из разных угольных месторождений Среднего и Южного Урала. Анализируемые месторождения подвержены разной степени катагенетического изменения. Домбаровское месторождение и месторождения Полтаво-Брединского района Южного Урала содержат антрациты и метаантрациты. Алтынайское месторождение Среднего Урала содержит антрациты. В Подосининском месторождении Среднего Урала угли находятся на стадии метаморфизма жирных углей. А как при этом ведут себя породы и глинистые минералы в них? Как они реагируют на изменения температуры и давления при том типе метаморфизма, который испытывали эти осадочные комплексы в своей длительной геологической истории. И как по изменениям глинистых минералов в этих осадочных комплексах можно судить о типе метаморфизма? Испытывали ли эти породы стресс-метаморфизм? На эти и другие вопросы, связанные с постседиментационными преобразованиями минерального и органического вещества, их синхронными трансформациями, мы пытаемся ответить в своих работах [1, 2 и др.], которые публиковались ранее в сборниках «Геология угольных месторождений». Данная статья является продолжением начатых ранее исследований.

Фактический материал и результаты исследований

В результате исследований был установлен петрографический состав пород и состав глинистой фракции нижекарбоновых пород ряда месторождений Среднего и Южного Урала, расположенных на восточном склоне Урала.

Анализировались углистые аргиллиты, углистые алевролиты, глинистые сланцы, песчаники мелкозернистые, а также пелитовая (<0,001мм) фракция этих пород. Препараты для рентгенофазового анализа готовились осаждением на стеклянную пластинку из водных суспензий и набивкой растертой пробы в кювету. Были также приготовлены ориентированные препараты из водных суспензий пелитовой фракции образцов с предварительным выделением фракции менее 0,001 мм. Пробы анализировались в ЦНИГРИ на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2,0 (CuK_α – излучение; $U = 30\text{kV}$, $I = 15\text{mA}$; интервал записи $2-65^\circ 2\theta$).

Нами проанализировано 20 образцов нижекарбоновых пород, отобранных в полевых условиях, из Домбаровского месторождения Южного Урала, Брединского месторождения Полтаво-Брединского района Южного Урала, Алтынайского и Подосининского месторождений Егоршино-Каменского района Среднего Урала. Образцы из неугленосного нижнего карбона Сухого Лога Среднего Урала взяты для сравнения с осадочными комплексами, обогащенными гумусовым органическим веществом. Результаты рентгенофазового анализа и рентгенометрические характеристики глинистых минералов представлены в таблице.

Результаты рентгенофазового анализа глинистой фракции нижнекарбонových пород восточного склона Урала

Номер обр.	Минеральный состав глинистой фракции	Рентгенометрические характеристики минералов										Порода или ее фракция
		слода					хлорит					
		$d_{(001)}$ (Å)	$c \sin \beta$ (Å)	$c \sin \beta$ (Å)	$I_{(001)}-I_{(002)}$ - $I_{(003)}$	6	$I_{(002)}-I_{(003)}$ - $I_{(004)}$	7	Al_x ф. ед.*	Fe_y ф. ед.*	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9-1	Пирофиллит, слюда, хлорит, кварц, полевой шпат	9,89	19,81 20,10	14,00	20-60-20	35-7-58	1,9	3,5	Углистый аргиллит			
9-4	Хлорит, пирофиллит-следы кварц			14,01	8-84-8	57-6-37	1,85	>5	То же			
9-10	Хлорит, пирофиллит-следы, кварц, полевой шпат-следы			14,01	11-78-11	56-7-37	1,85	>5	Углистый аргиллит			
9-11	Слюда, хлорит, пирофиллит, каолинит, кварц, пш-следы	9,80		14,00	7-80-13	55-9-36	1,9	5	Глинистый сланец			
9-12	Пирофиллит, хлорит, слюда, каолинит	9,80	20,00	14,05	11-79-10	62-8-30	1,7	4,8	Углистый аргиллит			
9-13	Пирофиллит, хлорит, слюда, каолинит-?, кварц	9,82	19,86	14,04	23-54-23	46-20-34	1,8	1,7	То же			
7а	Слюда, каолинит, Na-слода, хлорит, смектит, пш, кпш	9,90	19,99						Углистый аргиллит			
7б	Слюда, Na-слода, пш, кпш, кварц, гематит	9,94	19,99						Углистый аргиллит			
5-1	Хлорит, слюда, пирофиллит-следы, кварц, полевой шпат	10,05	19,99 20,20	14,05	12-70-18	52-13-35	1,7	3,2	Углистый сланец			
5-4	Слюда, хлорит, пирофиллит-следы, полевой шпат, кварц	9,89	19,88 20,00	14,07	14-66-20	50-15-35	1,65	2,8	Углистый алевролит			
5-5	Хлорит, слюда, кварц, полевой шпат	9,80	19,91 20,30	14,03	15-65-20	50-16-34	1,8	2,7	Песчаник м/з			
4и	Диксит, каолинит, аммониевые слюды, пирофиллит, кварц, пш	10,05	19,89 20,00 20,10						Углистый аргиллит (<0,001 мм)			

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7и	Диккит, каолинит, аммониевые слюды, пиррофиллит, слюда	10,05	20,00 20,10						Углистый аргиллит (<0,001 мм)
1	Каолинит, диккит, слюда, смектит, кварц, кпш	10,30 11,00	19,94						Песчанник м/з
2	Каолинит, диккит, слюда, смектит, пиррофиллит-?, кварц, углеводороды	10,30 11,00	19,89						Углистый аргиллит
4	Каолинит, диккит, слюда, пирит, смектит, углеводороды, кварц, кпш	10,60	19,89						То же
5	Каолинит, слюда, хлорит-?, смектит, смектит-слюда, кварц, полевой шпат	10,05 10,70	19,89 20,00						Песчанник
1с	Слюда, хлорит, полевой шпат, кварц,	10,12	19,93	14,16	27-50-23		1,3	1,4	Песчанник (<0,001 мм)
2с	Хлорит, слюда, кварц, полевой шпат	10,16	19,93	14,10	23-59-18		1,6	2,2	Алевролит (<0,001 мм)
3с	Хлорит, слюда, кварц, полевой шпат	10,28	19,89	14,16	22-59-19		1,3	2,2	То же

Примечание. Al_xFe_y ф. ед., Fe_x ф. ед., где x и y – соответствующие коэффициенты в формуле $(Mg_{6-x-y}Fe_xAl_x)(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_8$.
Сокращения: пш – полевой шпат, кпш – калиевый полевой шпат.

В составе глинистой фракции изученных образцов рентгенофазовым анализом установлены следующие минералы: слюды, группа каолинита, хлорит, пирофиллит, смектиты.

Степень катагенетических изменений нижекарбонатных осадочных комплексов этих месторождений различная, что отразилось на составе глинистой фракции пород.

В породах Домбаровского месторождения наряду со слюдой и хлоритом присутствует значительное количество пирофиллита.

В породах Алтынайского и Подосининского месторождений присутствует значительное количество минералов группы каолинита. В породах Алтынайского месторождения диккит преобладает над каолинитом. В породах Подосининского месторождения среди минералов группы каолинита также установлен диккит. На Алтынайском месторождении установлены смешанослойные образования – аммониевые слюды.

В породах Сухого Лога отсутствует каолинит, состав глинистой фракции определяется различным количественным соотношением хлорита и слюды.

Кроме различия в составе глинистой фракции и количественном соотношении минералов в ней слюды и хлориты изученных месторождений различаются по рентгенометрическим характеристикам.

Для слюд были получены следующие параметры: величина первого базального отражения $d_{(001)}$, указывающая на степень гидратированности слюд; параметр $c \sin \beta$ (Å), отражающий толщину структурного пакета слюд; отношение интенсивностей первых двух базальных отражений ($I_{(001)}/I_{(002)}$); индекс кристалличности (Нб).

Для хлоритов были получены следующие характеристики: параметр $c \sin \beta$ (Å), отражающий толщину структурного пакета; соотношение интенсивностей первых трех базальных отражений ($I_{(001)}-I_{(002)}-I_{(003)}$); соотношение интенсивностей базальных отражений ($I_{(002)}-I_{(003)}-I_{(004)}$). А кроме того, содержание Al_x и Fe_y в формульных единицах, где x и y – соответствующие коэффициенты в формуле $(Mg_{6-x-y} Fe_y Al_x) (Si_{4-x} Al_x) O_{10} (OH)_8$.

Для хлоритов на основе ряда параметров были нанесены фигуративные точки на треугольную диаграмму, предложенную К.Оинума и др. [4].

Минеральный состав глинистой фракции пород Домбаровского месторождения Южного Урала определяется переменным количеством слюды, хлорита и пирофиллита, с постоянным присутствием в малых количествах кварца и полевого шпата. В пробах также присутствуют каолинит, смешанослойный минерал, Na-слюда.

Слюды Домбаровского месторождения представлены негидратированными разностями, с величиной первого базального отражения ($d_{(001)}$), равного 9,80-9,94 Å (см. таблицу).

Параметр $c \sin \beta$ (Å), отражающий толщину структурного пакета слюд, для Домбаровского месторождения составляет 19,81-19,99 Å, что свидетельствует о незначительном отклонении состава слюд от мусковитового при калиевом межслоевом заполнении.

Степень кристалличности слюды высокая, индекс кристалличности, по К. Weber [5], определяемый по формуле $Hb = Hb_{(001)сл} / Hb_{(001)кв} \times 100$, составляет 105-120. Эти значения характерны для высокотемпературных слюд, обладающих хорошей структурой, негидратированных. Слюды представлены в большинстве случаев модификацией $2M_1$. Отмечается присутствие некоторого количества слюды модификации $1M$ и Na-слюды. Отношение интенсивностей первых двух базальных отражений ($I_{(001)}/I_{(002)}$) составляет 2,5-2,6 ед.

Большая часть хлоритов, установленных в породах Домбаровского месторождения, относится к высокожелезистым разностям ($Fe_y=4,8-5$ форм. ед.). Толщина структурного пакета ($c \sin \beta$) для хлоритов составляет 14,00-14,05 Å (см. таблицу).

Фигуративные точки установленных хлоритов на диаграмме интенсивностей первых трех базальных отражений $I_{(001)}-I_{(002)}-I_{(003)}$ расположены вблизи верхней границы составов 14-Å хлоритов (обр.9-11, 9-12) и выше нее (обр.9-4, 9-10; см. рисунок).

Однако хлорит в обр. 9-1 соответствует железисто-магнезиальному составу ($Fe_y=3,5$ форм. ед.), а хлорит в обр. 9-13 – магнезиальному составу ($Fe_y=1,7$ форм. ед.).

Следует отдельно подчеркнуть зафиксированное в двух образцах – 9-4 и 9-10 – высокожелезистых хлоритов ($Fe_y > 5$ форм. ед.) отражение в области $d = 2,65$ Å, что свидетельствует о наличии хлоритов со структурным типом пакета $Ia \beta = 97^\circ$.

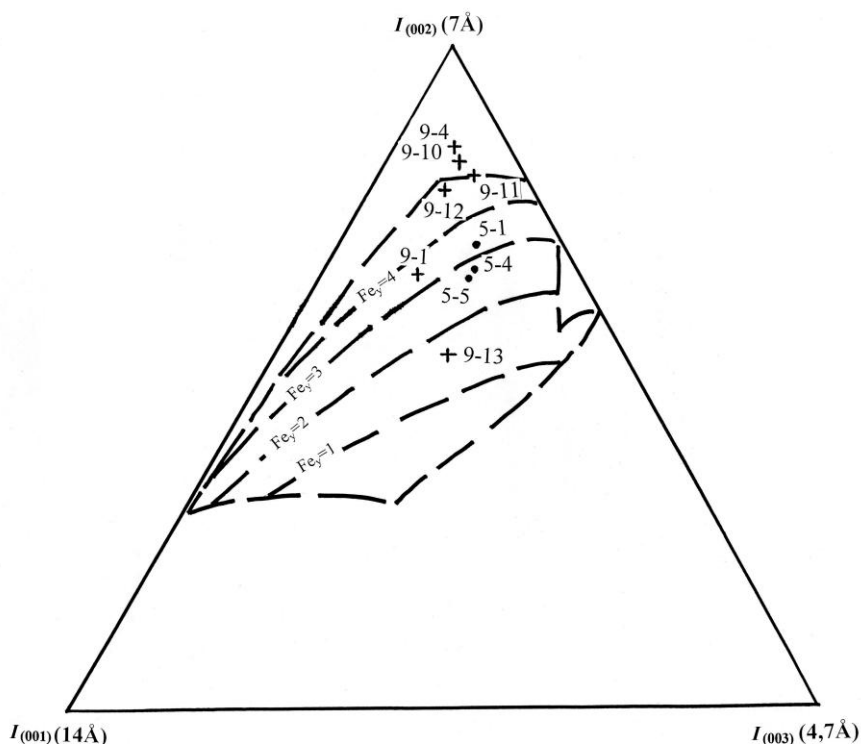


Диаграмма интенсивностей первых трех базальных отражений $I_{(001)}-I_{(002)}-I_{(003)}$ для хлоритов, предложенная К. Оипита и др. [4]. Пробы 9-4, 9-10, 9-11, 9-12 из Домбаровского месторождения представлены высокожелезистыми хлоритами; пробы 5-1, 5-4, 5-5 из Брединского месторождения представлены умеренно железистыми хлоритами

Минеральный состав глинистой фракции пород Брединского месторождения Полтаво-Брединского района Южного Урала характеризуется устойчивой ассоциацией минералов; это – слюда, хлорит, кварц с незначительной примесью полевого шпата (в том числе калиевого). В некоторых пробах отмечаются следы пиррофиллита.

Слюды Брединского месторождения по величине $d_{(001)} = 9,80-10,05 \text{ \AA}$ можно отнести к негидратированным разновидностям. Отношение интенсивностей первых двух базальных отражений для слюд ($I_{(001)}/I_{(002)}$) составляет 2 ед.

Однако необходимо отметить некоторые особенности слюд Брединского месторождения. На дифрактограммах выделяется асимметричный характер первого базального отражения, с пологим спадом в сторону малых углов, что свидетельствует о наличии нескольких слюдистых фаз. В таких случаях наиболее информативным является дифракционная картина в области отражений пятого порядка. В каждом из образцов здесь присутствуют по два отражения, соответствующие толщине структурного пакета ($c \sin \beta$) 19,88-19,91 \AA и 20,10-20,30 \AA .

Такая дифракционная картина характерна для смешанослойных образований, в частности для аммониевых слюд, установленных в настоящее время на Алтынайском месторождении.

Хлориты Брединского месторождения представлены умеренно железистой разновидностью ($Fe_y = 2,7-3,2$ форм. ед.), что отличает их от хлоритов Домбаровского месторождения (см. рисунок). Толщина структурного пакета ($c \sin \beta$) в хлоритах из обр. 5-1, 5-4, 5-5 Брединского месторождения составляет 14,03-14,07 \AA (см. таблицу).

Среди хлоритов Брединского месторождения установлен моноклинный хлорит со структурным типом пакета II b $\beta=90^\circ$.

В составе пелитовой фракции (<0,001 мм) пород Алтынайского месторождения Егоршино-Каменского района Среднего Урала установлены каолинит (35-89 %), аммонийсодержащие (NH_4) минералы (8-62 %), пиррофиллит (3-30 %) и хлорит (3-7 %), присутствуют слюды.

Слюды негидратированные или слабо гидратированные, с $d_{(001)}=10,05 \text{ \AA}$. Для них характерно повышенное значение параметра $c \sin \beta$, равное 20,00 \AA и низкая интенсивность базального отражения пятого порядка.

Отношение интенсивностей первых двух базальных отражений для слюд Алтынайского месторождения ($I_{(001)}/I_{(002)}$) составляет 3,0-4,0 ед.

Индекс кристалличности (Hb), по К. Weber [5], составляет 200, в отличие от слюд Домбаровского месторождения, где Hb = 105-120.

В составе пелитовой фракции пород Алтынайского месторождения значительная часть (8-62 %) принадлежит аммонийсодержащим (NH_4) минералам, которые относятся к смешанослойным образованиям. Среди NH_4 -содержащих минералов установлены несколько разновидностей, отличающихся между собой структурой и процентным содержанием ионов аммония (NH_4): NH_4 -иллит-сметтит (I/S), К-тобелит-сметтит (T/S), К-тобелит (T), NH_4 -иллит-сметтит-вермикулит (I/S/V).

Одной из особенностей состава пелитовой фракции пород Алтынайского месторождения также является присутствие значительного количества пиррофиллита, в некоторых пробах – до 30 %. Можно предположить, что смешанослойные образования, аммониевые слюды, образовались за счет каолинитовых и пиррофиллитовых структур в процессе трансформации глинистых минералов при изменении температуры и давления в осадочных комплексах.

Среди минералов группы каолинита на Алтынайском месторождении, которые преобладают в составе глинистой фракции пород, установлена политипная модификация каолинита - диккит, в некоторых пробах он преобладает над каолинитом.

В литературе содержатся интересные сведения о наличии в составе глинистой фракции пород осадочных комплексов политипных модификаций каолинита - диккита и накрита и связывается это с определенными *P-T* условиями существования этих минералов. Е. Гоеттаеет описывает верхнекарбонные осадочные комплексы в Льежском угольном бассейне в Бельгии, при этом в своей работе [3] он отмечает присутствие диккита и накрита в составе группы каолинитовых минералов. Он, в частности, отмечает тот факт, что микротрещины и швы в зоне тектонических нагрузок в песчаниках выполнены диккитом. Диккит кристаллизуется в зонах растяжения. Присутствие диккита отмечается исключительно в тектонически нарушенных зонах, что подчеркивает его образование в результате деформаций. Образование диккита связывается с проникновением в осадки флюидов в процессе складчатости и по зонам тектонических нарушений [3].

Для Алтынайского и Подосининского месторождений рентгенометрические характеристики хлоритов не установлены из-за малого их количества или отсутствия хлоритов в составе глинистой фракции некоторых образцов.

Таким образом, к особенностям состава пелитовой фракции Алтынайского месторождения по сравнению с другими изученными месторождениями можно отнести: а) присутствие значительного количества пиррофиллита; б) преобладание диккита над каолинитом в каолинитовой группе минералов; в) наличие аммонийсодержащих (NH_4) минералов, которые относятся к смешанослойным образованиям.

Минеральный состав глинистой фракции пород Подосининского месторождения Егоршино-Каменского района Среднего Урала определяется различным количественным соотношением минералов группы каолинита и слюды, присутствуют также кварц, полевые шпаты, следы пиррофиллита и смектита (см. таблицу). Хлориты отсутствуют.

Группа каолинита в составе глинистой фракции пород Подосининского месторождения представлена смесью каолинита и диккита. Эта особенность может иметь важное замечание, так как диккит – это минерал, который, как уже подчеркивалось, указывает на повышенное давление в породах, которое может возникать при тектонических нагрузках.

Слюдистый минерал в составе глинистой фракции пород Подосининского месторождения относится к гидратированным разновидностям, с содержанием

до 20-40 % смектитовой компоненты, и характеризуется некоторой тенденцией к упорядоченному чередованию пакетов. Величина первого базального отражения ($d_{(001)}$) составляет 10,05-11,00 Å (см. таблицу). Параметр $c \sin \beta$ (Å), отражающий толщину структурного пакета слюд, составляет 19,89-20,00 Å.

Отношение интенсивностей первых двух базальных отражений для слюд Подосининского месторождения ($I_{(001)}/I_{(002)}$) составляет 2,1 ед., в отличие от слюд Алтынайского месторождения ($I_{(001)}/I_{(002)}=3,0-4,0$ ед.) и Домбаровского месторождения ($I_{(001)}/I_{(002)} = 2,5-2,6$ ед.).

В смектитах величина первого базального отражения ($d_{(001)}$) составляет 10,30-11,00 Å. При насыщении глицерином рефлекссы изменяются до 9,8, 18,5, 15,8, 12,7 Å.

Минеральный состав глинистой фракции (< 0,001мм) пород из осадочных неугленосных отложений нижнего карбона Сухого Лога Среднего Урала, взятых для сравнения с угленосными осадочными комплексами этого же возраста, – это сочетание в различных количествах хлорита, слюды, кварца. Каолинит в данных образцах отсутствует.

Слюды слабо гидратированные, серицит-гидрослюдистого состава, содержание смектитовой составляющей около 20 %. Величина первого базального отражения ($d_{(001)}$) равняется 10,12-10,28 Å (см. таблицу). При насыщении глицерином рефлекссы ($d_{(001)}$) изменяются до 9,83-9,86 Å. Толщина структурного пакета слюд ($c \sin \beta$) составляет 19,89-19,93 Å.

Хлориты представлены магнезиально-железистой разностью, железистость (Fe_y) составляет 1,4-2,2 формульных единиц (см. таблицу). Толщина структурного пакета $c \sin \beta$ составляет 14,10-14,16 Å, что отличает их от хлоритов, установленных на Домбаровском и Брединском месторождениях.

Выводы

1. Степень изменения изученных пород характеризуется определенным составом глинистых минералов, особенности которых подчеркивают различную степень преобразования, которая также коррелируется с изменениями органического вещества.

2. В составе глинистой фракции пород Домбаровского и Алтынайского месторождений наряду со слюдами и хлоритом присутствует значительное количество пиррофиллита.

3. В породах Алтынайского и Подосининского месторождений присутствует значительное количество минералов группы каолинита, среди которых установлен диккит. На Алтынайском месторождении диккит преобладает над каолинитом.

4. На Алтынайском месторождении установлены смешанослойные образования – аммониевые слюды.

5. Были установлены структурные особенности хлоритов, которые показали, что большая часть хлоритов из пород Домбаровского месторождения относится к высокожелезистым разностям, со структурным типом пакета Ia

$\beta=97^{\circ}$. Фигуративные точки установленных хлоритов на диаграмме интенсивностей базальных отражений $I_{(001)}-I_{(002)}-I_{(003)}$ расположены вблизи верхней границы составов 14-Å хлоритов. В отличие от Домбаровского месторождения хлориты Брединского месторождения представлены умеренно железистой разностью, среди них установлен моноклинный хлорит со структурным типом пакета II b $\beta=90^{\circ}$.

Автор признателен Э. И. Алышевой и О. В. Русиновой за помощь в обработке материала и консультации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 06-05-64041).

Библиографический список

1. **Стукалова И. Е., Покровская Е. В., Алышева Э. И., Расулов А. Т.**, Состав пелитовой фракции пород Домбаровского антрацитового месторождения (Южный Урал) // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. Вып.12. С. 140-146.

2. **Стукалова И. Е., Сахаров Б. А., Расулов А. Т.** Аммонийсодержащие минералы в нижнекарбонových угленосных отложениях Егоршино-Каменского района (восточный склон Урала) // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып.16. С. 162-170.

3. **Goemaere E.** Dickite and nacrite from the Liege Coal Basin (Belgian Coal Measures Group, Westphalian, Upper Carboniferous) // *Geologica Belgica*, 2004. Vol. 7, № 3-4, pp. 285-311.

4. Oinuma K., Shimoda H., Sudo T., 1972. **Triangular diagrams in use of a survey of crystal chemistry of chlorites.** *Internat. Clay Conf., Madrid, v.1, pp.161-171.*

5. **Weber K.** Notes on the determination of illite crystallinity // *News Jb. Mineral. Mh.*, 1972, pp. 267-276.

**А. В. Маслов¹, Ю. Н. Федоров², Т. П. Гроцкова³,
А. Б. Сметанин⁴, Т. Ю. Медведева⁵,**

¹Уральский государственный горный университет, ИГГ УрО РАН,

²ТФ ООО «КогалымНИПИ, ³ТПП «Покачевнефтегаз»,

⁴ЗАО «Недра Консалт», ⁵Уралнедра

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ЕВРОПИЕВАЯ АНОМАЛИЯ В ПОРОДАХ НИЖНЕГО МЕЛА СЕВЕРО-ПОКАЧЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Широтное Приобье)

Так, для среднего архейского аргиллита значения La_N/Yb_N , La_N/Sm_N , Gd_N/Yb_N и Eu/Eu^{*} *) составляют соответственно 6,76, 3,15, 1,38 и 0,99 [10]. Для стандартных составов постархейских тонкозернистых терригенных образований (РААС – постархейский австралийский глинистый сланец; NASC – североамериканский составной глинистый сланец; RPSC – составная проба глинистых сланцев Русской плиты; ES – европейский глинистый сланец) эти же параметры нормированных на хондрит РЗЭ достаточно близки между собой (La_N/Yb_N – 6,98-9,28; La_N/Sm_N – 3,53-4,27; Gd_N/Yb_N – 1,36-1,55 и Eu/Eu^{*} – 0,66-0,70) [10] (рис. 1, таблица). Составная проба алевропесчаников из осадочного чехла Русской плиты (RPSS) также имеет близкие к указанным выше значения La_N/Yb_N , La_N/Sm_N , Gd_N/Yb_N и Eu/Eu^{*} [7].

С принципиально иными особенностями спектров РЗЭ в осадочных породах мы столкнулись, изучая меловые отложения Северо-Покачевского месторождения Широтного Приобья. Объектами исследования здесь являлись достаточно представительные выборки мелко- и крупнозернистых алевролитов, а также тонко-, мелко- и среднезернистых песчаников из пластов БВ₁₀ (31 образец) и БВ₆₋₇ (13 образцов), отобранных из керна разведочных скважин 221 и 215 Северо-Покачевского лицензионного участка. Для каждого образца в химлаборатории Уральского государственного горного университета (г. Екатеринбург) выполнен полный силикатный анализ (зав. лабораторией Н. В. Пенкина), а в ИГГ УрО РАН методом ICP-MS проведено определение содержаний элементов-примесей (Ю. Л. Ронкин, О. П. Лепихина, О. Ю. Попова).

) Перечисленные отношения достаточно полно характеризуют любые кривые распределения (спектры) нормированных на хондрит содержаний РЗЭ в любых породах. Отношение La_N/Yb_N определяет величину дифференциации легких и тяжелых редких земель, отношения La_N/Sm_N и Gd_N/Yb_N являются мерами крутизны соответственно левой (в области ЛРЗЭ) и правой (в области ТРЗЭ) частей спектров, а величина отношения Eu/Eu^{} демонстрирует степень обеднения или обогащения европием относительно самария и гадолиния. При $Eu/Eu^{*} < 0,95$ в анализируемых породах наблюдается дефицит европия по сравнению с соседними к нему РЗЭ, а при $Eu/Eu^{*} > 1,05$ – напротив, обогащение.

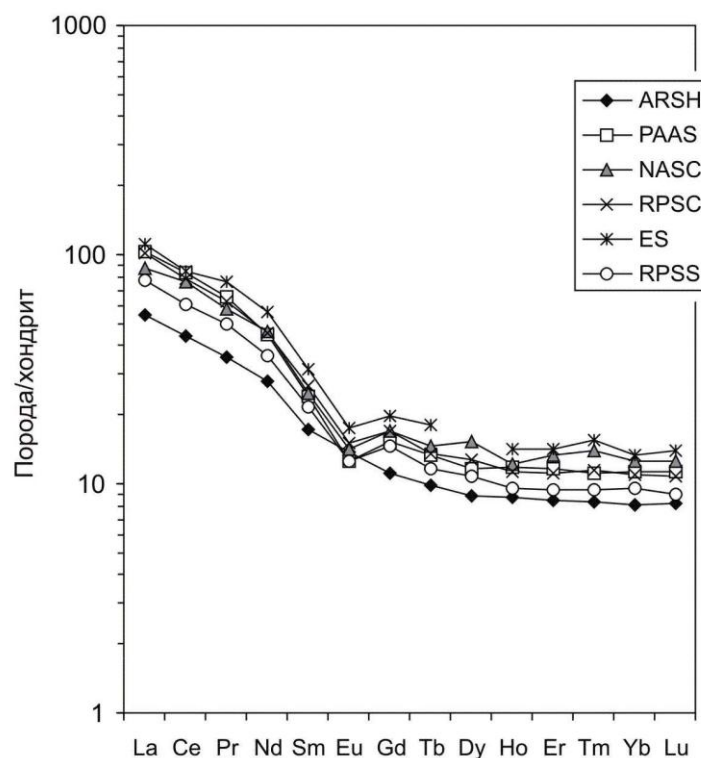


Рис. 1. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в ряде модельных геохимических объектов:

ARSH – архейский аргиллит; PAAS – постархейский австралийский глинистый сланец; NASC – составная проба североамериканских глинистых сланцев; RPSC – составная проба глинистых сланцев Русской плиты; ES – европейский глинистый сланец; RPSS – составная проба песчаников Русской плиты

Параметры нормированных на хондрит спектров РЗЭ
ряда геохимических эталонов осадочных пород и значения Ce/La и Eu/Sm

Эталон/параметры спектров	La _N /Yb _N	La _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	Ce/La	Eu/Sm
ARSH	6,76	3,15	1,38	0,99	2,10	0,30
PAAS	9,17	4,27	1,36	0,66	2,11	0,20
NASC	6,98	3,53	1,36	0,70	2,28	0,22
RPSC	9,28	3,81	1,55	0,70	1,99	0,21
ES	8,44	3,54	1,49	0,70	1,98	0,21
RPSS	8,13	3,58	1,53	0,71	2,04	0,22

Примечание. ARSH – средний архейский аргиллит; PAAS – постархейский австралийский глинистый сланец; NASC – североамериканский составной глинистый сланец; RPSC – составная проба глинистых сланцев Русской плиты; ES – европейский глинистый сланец; RPSS – составная проба алевропесчаников из осадочного чехла Русской плиты.

По соотношению оксидов натрия и калия согласно классификации Ф. Дж. Петтиджона с соавторами [8], все входящие в состав исследованных выборок породы можно в наиболее общем виде отнести к грауваккам (рис. 2). Этот же вывод следует и из положения фигуративных точек составов песчаников и алевролитов на диаграмме $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$.

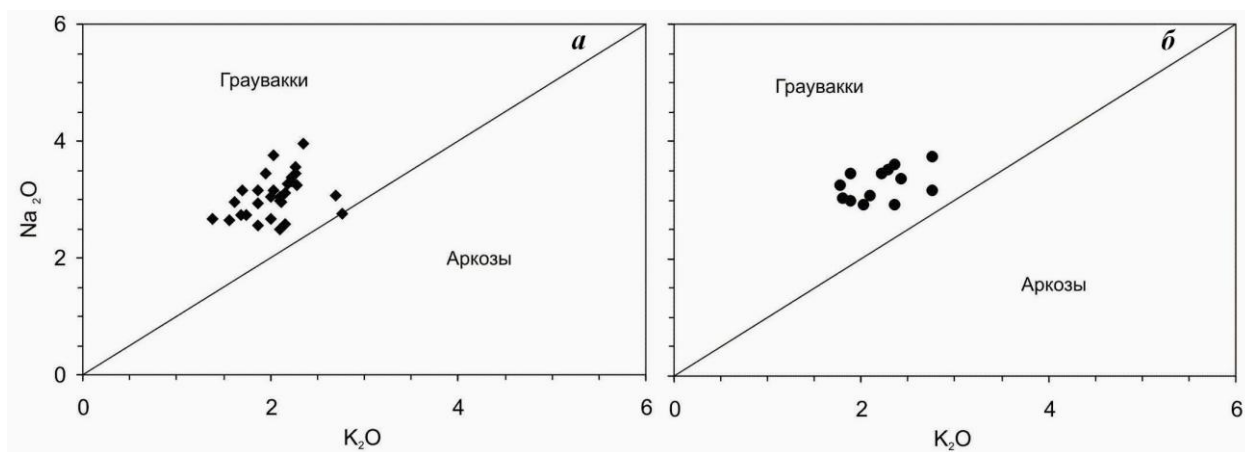


Рис. 2. Положение фигуративных точек состава пород пластов-коллекторов БВ₁₀ (а) и БВ₆₋₇ (б) на диаграмме К₂О–Na₂О

Нормированные на хондрит спектры осадочных пород, представляющих пласт-коллектор БВ₁₀, характеризуются достаточно крутым общим наклоном (медианные значения отношений La_N/Yb_N и La_N/Sm_N составляют соответственно $12,21 \pm 1,73$ и $4,0 \pm 0,4$) и пологой/субгоризонтальной правой ветвью ($Gd_N/Yb_N = 2,06 \pm 0,27$). По указанным характеристикам они практически ничем не отличаются от стандартных осадочных образований (PAAS, NASC и др.). Величина отношения Ce/La, выступающего по данным, приведенным в работах [3, 4, 2], при значениях $< 1,8$ индикатором присутствия в породах эксгальтивных компонентов, варьирует в исследованной нами выборке от 1,58 до 2,21 (медиана Ce/La = $2,01 \pm 0,12$). В то же время все проанализированные нами образцы имеют отчетливую положительную европиевую аномалию (min – 1,37, max – 2,64, медиана – $1,81 \pm 0,28$) (рис. 3, а), что принципиальным образом отличает их от «обычных» осадочных пород.

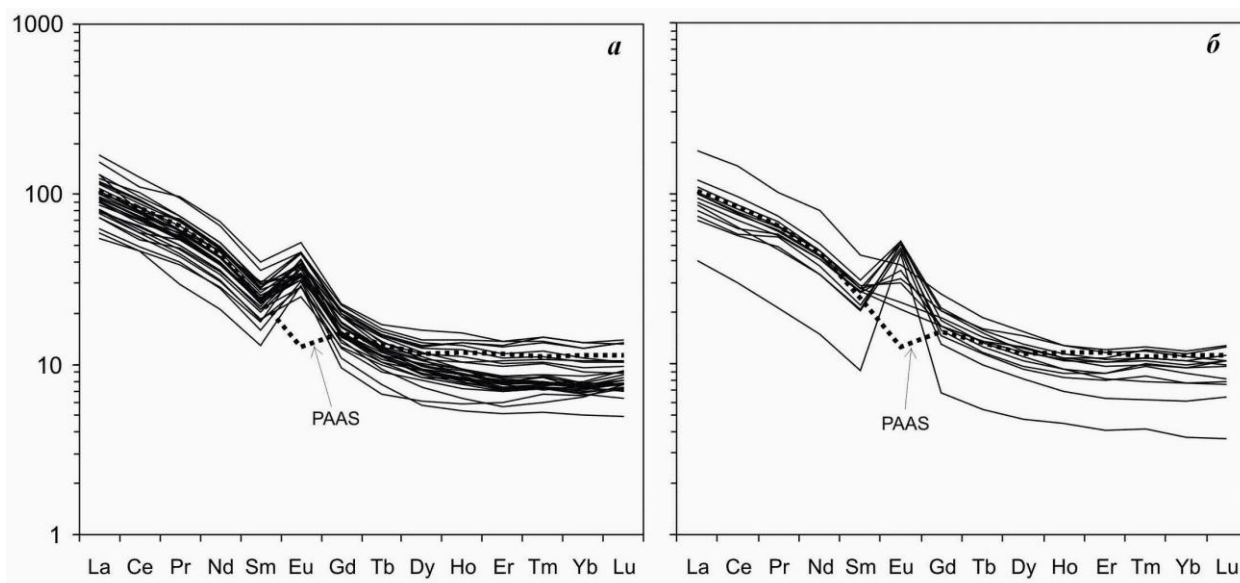


Рис. 3. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в породах пластов БВ₁₀ (а) и БВ₆₋₇ (б)

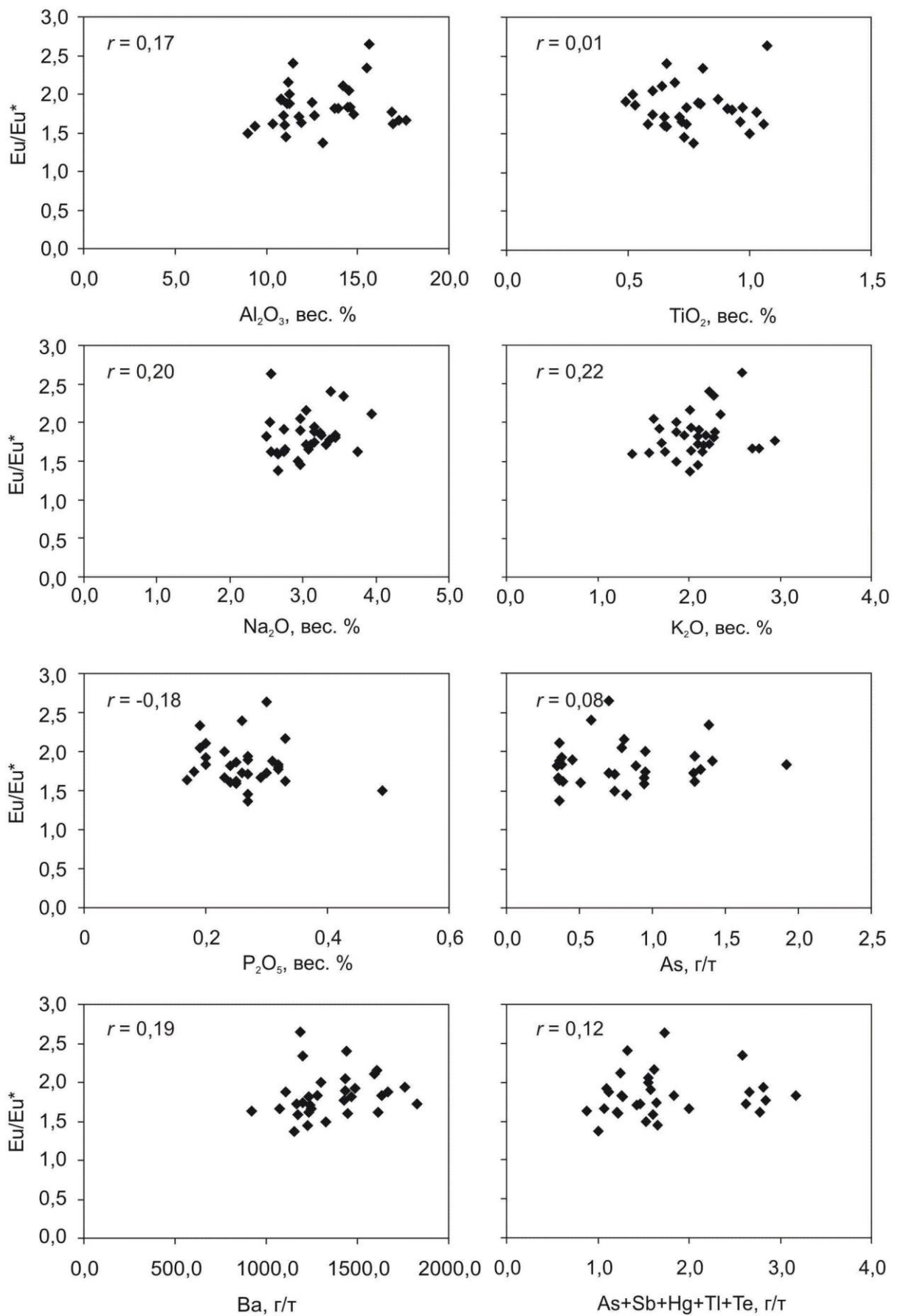


Рис. 4. Корреляционные диаграммы, показывающие соотношение величины Eu/Eu^* с содержаниями в породах пласта БВ₁₀ ряда петрогенных оксидов и элементов-примесей

Для пород пласта-коллектора БВ₆₋₇ медианные значения отношений La_N/Yb_N , La_N/Sm_N и Gd_N/Yb_N составляют соответственно $10,42 \pm 1,96$, $3,67 \pm 0,41$ и $10,83 \pm 0,29$, что позволяет позиционировать их как нормальные осадочные образования. Однако так же, как и в случае с пластом БВ₁₀, европиевая аномалия в рассматриваемой нами выборке имеет положительную величину (медиана $1,29 \pm 0,38$), варьируя от 0,72 до 2,20 (рис. 3, б).

Учитывая столь необычные особенности РЗЭ-систематики пород пластов БВ₁₀ и БВ₆₋₇ Северо-Покачевского месторождения, мы попытались выяснить возможные корреляционные связи между Eu/Eu^* и рядом основных петрогенных оксидов, с одной стороны, а также некоторыми элементами-примесями, являющимися индикаторами воздействия на породы гидротермальных процессов (As, Sb, Hg, Te, Tl) – с другой.

Для выборки по пласту БВ₁₀ по характеру корреляционных связей с величиной Eu/Eu^* выделяются три группы петрогенных оксидов и элементов-примесей (рис. 4). Первую группу образуют оксиды и элементы, имеющие с европиевой аномалией корреляцию на уровне 0,01-0,08 (CaO, TiO₂, As и Sb). Вторая группа объединяет оксиды и элементы, обладающие относительно небольшой отрицательной корреляцией с Eu/Eu^* . Данная группа представлена Fe₂O₃ ($r = -0,11$), FeO ($r = -0,16$), P₂O₅ ($r = -0,18$) и Th ($r = -0,26$). Оксиды натрия, алюминия, калия, а также Zr, Hg, Tl и Ba образуют третью группу. Коэффициент корреляции между входящими в эту группу элементами и оксидами с Eu/Eu^* варьирует от 0,15 до 0,22. Также весьма невелик, но все же имеет положительное значение коэффициент корреляции между суммой As, Sb, Hg, Te и Tl, с одной стороны, и Eu/Eu^* – с другой ($r = 0,12$). Из приведенных выше данных вполне очевиден вывод, что величина положительной европиевой аномалии в породах пласта БВ₁₀ не контролируется каким-то одним вполне определенным фактором, а, скорее всего, обусловлена присутствием в составе пород как щелочных полевых шпатов и плагиоклазов, так и элементов-примесей, являющихся индикаторами некоего флюидного воздействия (As, Sb, Te, Tl и др.).

Для выборки по пласту БВ₆₋₇ группировка основных петрогенных оксидов и элементов-примесей по характеру корреляционных связей с Eu/Eu^* несколько иная (рис. 5). Здесь содержания оксидов натрия и алюминия, образующие первую группу, обладают очень слабой (0,10-0,15) корреляцией с величиной европиевой аномалии. Ко второй группе могут быть отнесены оксиды железа, калия, фосфора, титана, а также цирконий, торий, таллий и сурьма, характеризующиеся весьма хорошо выраженной отрицательной корреляцией (от -0,21 до -0,82) с Eu/Eu^* . Наконец, третью группу образуют оксиды и элементы с достаточно сильной положительной корреляцией с Eu/Eu^* . В эту группу входят CaO ($r = 0,38$, а при исключении из рассмотрения образца с максимальным содержанием CaO коэффициент корреляции увеличивается до 0,53), а также мышьяк ($r = 0,71$, а при исключении образца с максимальным содержанием As коэффициент корреляции снижается до 0,40), ртуть ($r = 0,77$) и барий ($r = 0,68$). Сумма As, Sb, Hg, Te и Tl также имеет с величиной

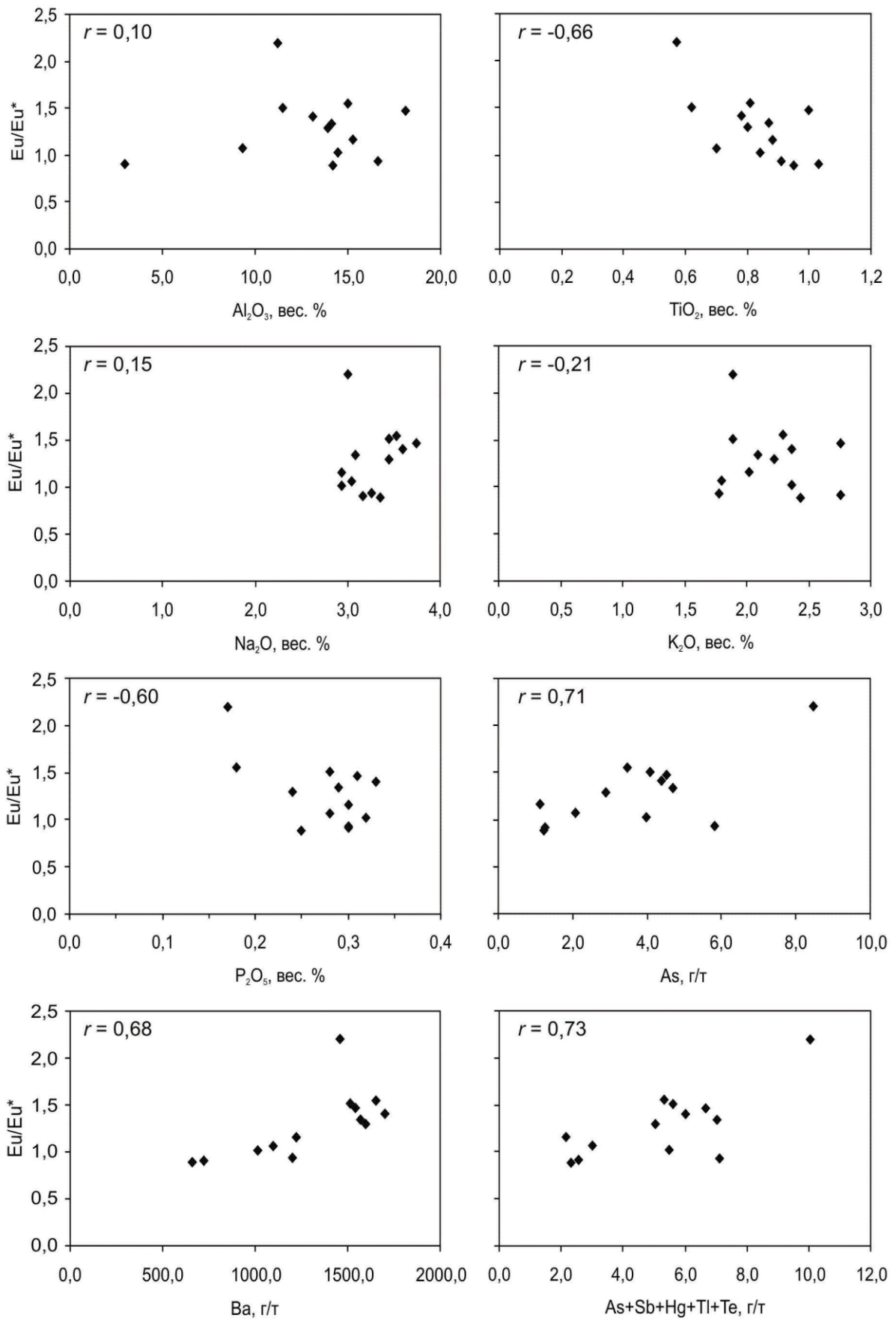


Рис. 5. Корреляционные диаграммы, показывающие соотношение величины Eu/Eu^* с содержаниями в породах пласта БВ₆₋₇ ряда петрогенных оксидов и элементов-примесей

Eu/Eu* значимую положительную корреляцию ($r = 0,73$). Таким образом, величина европиевой аномалии в рассматриваемом нами случае не имеет связи практически ни с одним из петрогенных оксидов (напомним, что случае обычных осадочных пород европиевая аномалия является отрицательной и величина ее контролируется либо глинистой фракцией, т. е. содержаниями оксидов калия и алюминия, либо фосфатными фазами, т. е. в самом простом случае содержанием P_2O_5 , либо минералами-концентраторами РЗЭ – циркон, монацитом и/или ортитом, сфеном и т. п. [10]). Напротив, значимая положительная корреляция между Eu/Eu* и оксидом кальция, содержаниями мышьяка, ртути и бария, а также суммой халькофильных неметаллов и таллием указывает, что положительная европиевая аномалия в породах пласта БВ₆₋₇ связана, скорее всего, с неким гидротермальным воздействием на данный пласт-коллектор. Еще одним аргументом в пользу высказанного выше предположения являются весьма высокие значения величины отношения Eu/Sm (медиана $0,63 \pm 0,41$) в анализируемой нами выборке, так как данный параметр рассматривается рядом авторов [11] как показатель общей проницаемости земной коры для восходящих флюидных потоков (при Eu/Sm > 0,3 – проницаемость высокая, при Eu/Sm < 0,2 – незначительная). Несколько меньше медианное значение Eu/Sm в породах пласта БВ₁₀ ($0,55 \pm 0,10$), однако и это значение выше, чем то, что разделяет блоки относительно проницаемой коры от менее проницаемой.

Таким образом, полученные нами данные позволяют предполагать, что присутствие среди нижнемеловых отложений на Северо-Покачевском месторождении пород с заметными положительными европиевыми аномалиями, а также повышенными содержаниями халькофильных и литофильно-халькофильных неметаллов и металлов (As, Sb, Te, Tl, Hg), может являться отражением поступления названных элементов в осадочный чехол в составе флюидов*) в условиях повышенной проницаемости континентальной коры. Однако источники, особенности миграции и разгрузки этих флюидов, а также возможная взаимосвязь с процессами миграции и аккумуляции углеводородов нуждаются в дополнительном изучении.

Авторы признательны профессору В.П. Алексееву за помощь в проведении исследований.

Библиографический список

1. **Балашов Ю. А.** Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 268 с.
2. **Бутузова Г. Ю.** Гидротермально-осадочное рудообразование в рифтовой зоне Красного моря. М.: ГЕОС, 1998. 312 с.

*) Под флюидом здесь понимается существенно водная, водно-газовая, паровая или газовая среда, состоящая из компонентов флюида в соединении с петрогенными, рудными или иными элементами, заключенная или переносимая в массе пород литосферы [6].

3. **Волков И. И., Дубинин А. В.** Редкоземельные элементы в гидротермальных накоплениях железа и марганца в океане // Литология и полезные ископаемые. 1987. № 6. С. 40-56.

4. **Дубинин А. В., Волков И. И.** Механизм накопления редкоземельных элементов на гидроксидах железа в океане // Геохимия. 1989. № 8. С. 1089-1100.

5. **Интерпретация геохимических данных** / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. Т. 1. 288 с.

6. **Летников Ф. А.** Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования // Смирновский сборник. М.: Изд-во Московского университета, 1999. С. 63-98.

7. **Мигдисов А. А., Балашов Ю. А., Шарков И. В. и др.** Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 789-803.

8. **Петтиджон Дж., Поттер П., Сивер Р.** Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 534 с.

9. **Ронов А. Б.** Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М.: Наука, 1993. 144 с.

10. **Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М.** Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

11. **Шатров В. А., Сиротин В. И., Войцеховский Г. В., Зеленская А. Н.** Реконструкция обстановок осадкообразования отложений девона геохимическими методами (на примере опорных разрезов Воронежской антеклизы) // Геохимия. 2005. № 8. С. 856-864.

12. **Condie K. C.** Plate tectonics and crustal evolution. 4th ed. Butterworth Heinemann. Oxford. 1997. 282 p.

13. **Geochemistry of sediments and sedimentary rocks: evolutionary considerations to mineral deposit-forming environments** / Lentz D.R. (Ed.). Geol. As. Canada. GEOtext 4. 2003. 184 p.

УДК 550.4+552.5 (571.1)

А. В. Маслов,

Уральский государственный горный университет, ИГГ УрО РАН

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МАКРОФАЦИЙ В НИЖНЕМЕЗОЗОЙСКОМ РАЗРЕЗЕ СЕВЕРО-ПОКАЧЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Широтное Приобье)

Анализ литохимических особенностей пород различных фациальных ассоциаций встречается в современной геологической литературе все еще достаточно редко, и связано это как с существенными финансовыми затрата-

ми, необходимыми для получения статистически представительных выборок, так и со значительной неопределенностью получаемых в ряде случаев выводов, хотя при всех указанных и других трудностях этот инструмент позволяет, тем не менее, получать достаточно интересные как в практическом, так и в теоретическом отношении выводы.

В процессе фациальных и литолого-геохимических исследований нижнемезозойских отложений Северо-Покачевского месторождения (Широтное Приобье) выполнены как детальные описания керн скважин (Северо-Покачевская 211, СП215, СП212, СП214, СП213, СП221, СП161, СП301, СП224, Нивагальская 210) (В. П. Алексеев, УГГУ, г. Екатеринбург), сопровождавшиеся отбором образцов (~ 200) для определения химического состава и содержания элементов-примесей, так и дана укрупненная (на уровне макрофаций) литолого-фациальная разбивка разреза юрских и меловых отложений, что явилось фактической основой настоящей работы. В результате для ряда выделенных В. П. Алексеевым макрофаций (БМ – открытого подвижного бассейнового мелководья, БП – полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья, БУ – отложений наиболее удаленной от побережья части бассейна и БД – отложений подводной части дельты) оказалось возможным сформировать более или менее представительные выборки крупнозернистых алевролитов, тонко-, мелко- и среднезернистых песчаников, характеризующие различные интервалы разреза Северо-Покачевского месторождения (пласты-коллекторы ЮВ₄, ЮВ₃, ЮВ₂, ЮВ₂⁰, ЮВ₁⁴, ЮВ₁¹, ЮВ₀, БВ₁₀, БВ₆₋₇ и др.).

Для каждого образца в химлаборатории Уральского государственного горного университета выполнен полный силикатный анализ (зав. лабораторией Н. В. Пенкина).

В целях сопоставления химического состава отложений различных макрофаций мы использовали четыре стандартные диаграммы, позволяющие получить самые общие представления о составе обломочных пород: 1) Na₂O+K₂O–ГМ^{*}) [3]; 2) K₂O–Na₂O [2]; 3) log(Fe₂O₃/K₂O)–log(SiO₂/Al₂O₃) [4]; 4) log[(CaO+Na₂O)/K₂O]–log(SiO₂/Al₂O₃) [1]. Первая диаграмма позволяет отнести изучаемые образования к различным по величине ГМ классам (силиты, сиаллиты, гидролизаты) одновременно с дискриминацией по сумме оксидов натрия и калия. Вторая – отражает преобладание плагиоклазов в граувакках и доминирование ортоклаза и микроклина в аркозах. Диаграмма М. Херрона дает возможность более точно классифицировать аркозы, а также позволяет оценить количество в породах Fe–Mg-минералов, менее устойчивых к процессам выветривания. В основу диаграммы Р. Гаррелса и Ф. Маккензи положены химические соотношения между главными петрогенными элементами, возникающие в процессе преобразования изверженных пород в осадочные. Этот процесс сопровождается образованием карбонатных минералов, накапливающихся в виде известняков и доломитов, выносом натрия в океаны и на-

^{*}) ГМ – гидролизатный модуль ((Al₂O₃+TiO₂+Fe₂O₃+FeO+MnO)/SiO₂), рассчитываемый непосредственно по данным химического анализа [3].

коплением калия в глинистых осадках. Мерой степени химической «дифференциации» какой-либо осадочной породы служит величина отношения $(\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO})/\text{K}_2\text{O}$, тогда как параметр $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ позволяет разграничить кварцевые и полевошпато-кварцевые песчаники и высокоглиноземистые лютиты.

Основными задачами исследований являлись: 1) сопоставление химического состава пород различных макрофаций вне зависимости от их стратиграфического положения; 2) анализ вариаций состава пород различных макрофаций снизу вверх по разрезу нижнемезозойских отложений Северо-Покачевского месторождения. Последнее оказалось возможным провести на статистически представительном материале только для отложений макрофаций БМ и БП.

Отметим сразу, что нам не удалось провести разграничение по химическому составу отложений макрофаций БМ, БП, БУ и БД с использованием всех четырех указанных выше диаграмм (рис. 1). Поля составов перечисленных макрофаций характеризуются на диаграммах 80-90-процентным перекрытием, и только тонко- и мелкозернистые песчаники макрофации КП, присутствующие в разрезе в составе котухтинского уровня, на диаграммах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ –ГМ и K_2O – Na_2O локализованы в областях силитов и аркозов, демонстрируя тем самым определенное наследование состава подстилающих образований фундамента. Однако на диаграммах М. Хиррона и Р. Гаррелса и Ф. Маккензи (см. рис. 1, в, г) указанное отличие между макрофациями практически сивелировано.

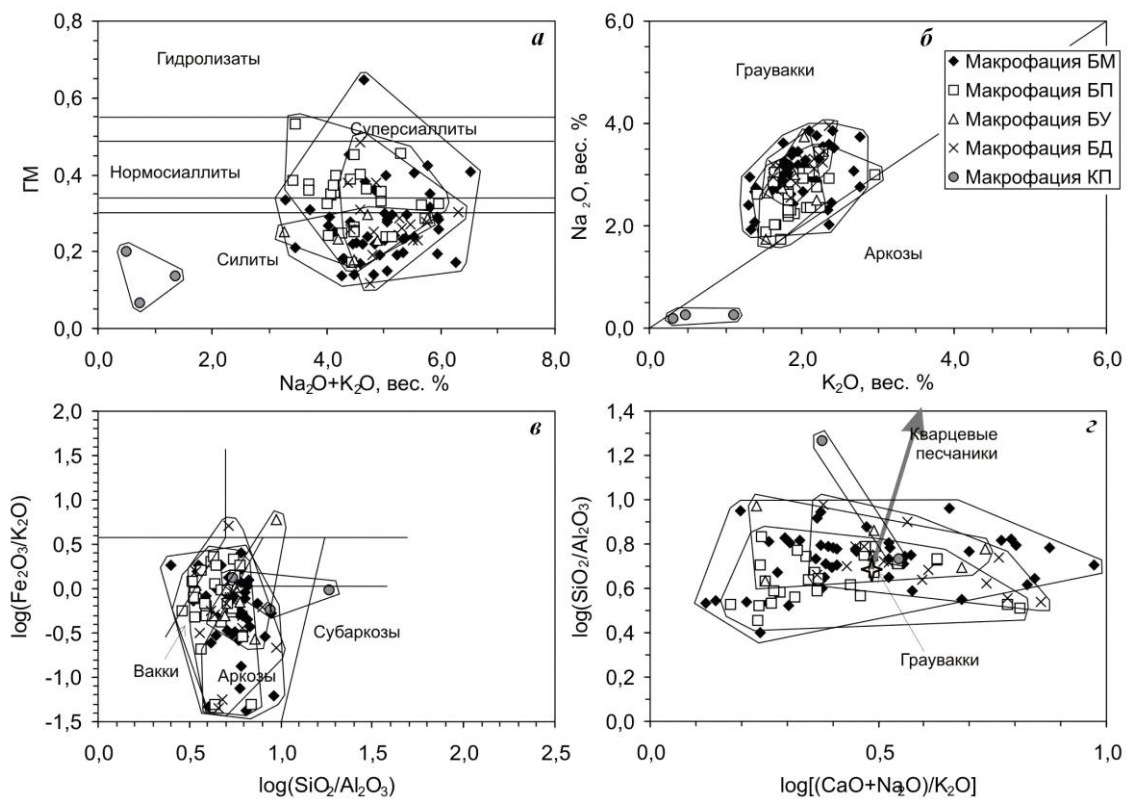


Рис. 1. Положение фигуративных точек состава пород различных макрофаций на диаграммах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ –ГМ, K_2O – Na_2O , $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ и $\log[(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O}]$ – $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$

Макрофация БМ. На диаграмме $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{ГМ}$ для выборок, принадлежащих разным стратиграфическим уровням, наблюдается некоторое различие по величине как суммы щелочей, так и ГМ (рис. 2, а). Так, отложения, входящие в состав макрофации БМ и присутствующие в разрезах пластов-коллекторов ЮВ₂ и ЮВ₀, характеризуются в целом несколько меньшим суммарным содержанием оксидов натрия и калия, а также несколько меньшими величинами гидролизатного модуля, чем те, что присутствуют в составе пластов БВ₁₀ и БВ₆₋₇. Промежуточное положение между двумя указанными крайними позициями занимают здесь отложения макрофации БМ, присутствующие в пласте ЮВ₁¹. В область гидролизатов, т. е. имея существенно более высокие значения ГМ, чем основная масса фигуративных точек, попадают мелкозернистые песчаники пласта ЮВ₂⁰ из скв. СП215 (обр. 42), однако связано это, по всей видимости, с особенностями их генезиса – указанные песчаники представляют, по данным В. П. Алексеева, береговые/близбереговые образования с высоким содержанием переотложенного/перемытого глинистого материала.

На диаграмме $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$ практически весь массив фигуративных точек пород, входящих на разных стратиграфических уровнях в состав макрофации БМ, локализован в области граувакк (рис. 2, б). В то же время между составом отложений данной макрофации разных уровней разреза в указанных ко-

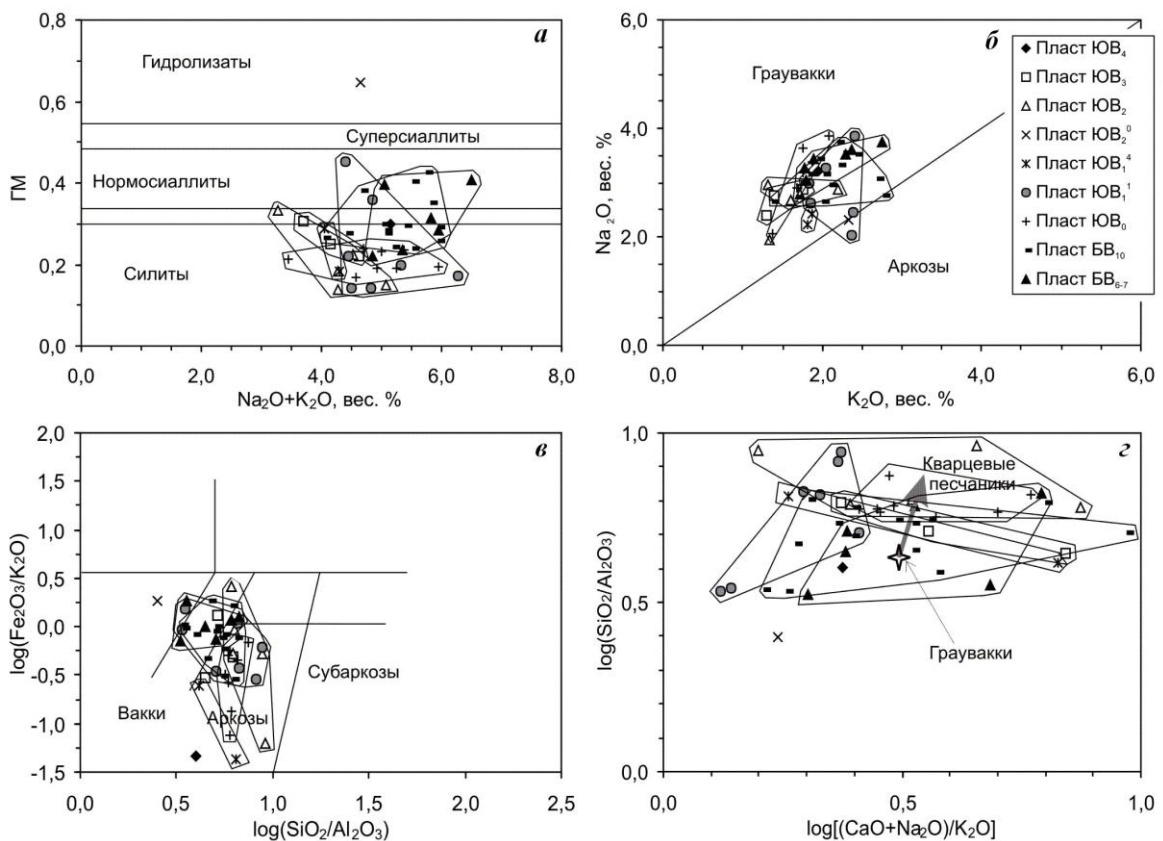


Рис. 2. Положение фигуративных точек состава пород макрофации БМ, присутствующих в разрезах различных пластов-коллекторов Северо-Покачевского месторождения, на диаграммах $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{ГМ}$, $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)-\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ и $\log[(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O}]-\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$

координатах наблюдается отличие по содержанию оксида калия. Как следует из анализа диаграммы K_2O-Na_2O , большинство выделенных на ней полей ($ЮВ_0$, $ЮВ_1^1$, $БВ_{10}$, $БВ_{6-7}$ и др.) характеризуются диапазоном вариаций параметра Na_2O в интервале 2,0-4,0 вес. %, в то же время по величине содержания оксида калия (1,25-2,25 вес. %) выборки для пластов-коллекторов $ЮВ_3$, $ЮВ_2$, $ЮВ_1^4$ и $ЮВ_0$ заметным образом отличаются от выборок для пластов $БВ_{10}$ и $БВ_{6-7}$. В последних содержание оксида калия варьирует от 1,75 до 2,75 вес. %.

Различие между юрскими и нижнемеловыми отложениями макрофации БМ достаточно хорошо видно и на диаграмме М. Хиррона (рис. 2, в). Здесь отложения макрофации БМ, присутствующие в разрезах пластов $ЮВ_2$ и $ЮВ_0$, имеют более аркозовый состав и, соответственно, более высокие значения логарифма отношения SiO_2/Al_2O_3 . Те же по своему фациальному облику образования в пластах $БВ_{10}$ и $БВ_{6-7}$ характеризуются меньшими значениями данного параметра и расположены ближе к полю вакк. Отложения макрофации БМ в разрезе пласта $ЮВ_1^1$ имеют промежуточные характеристики; поле их фигуративных точек в значительной мере перекрывает поля пластов $БВ$ и $ЮВ_2$ и $ЮВ_0$.

Примерно такая же картина наблюдается на диаграмме $\log[(CaO+Na_2O)/K_2O]-\log(SiO_2/Al_2O_3)$, где наиболее ярко различие между отложениями макрофации БМ, принадлежащими различным уровням разреза, так же, как и на диаграмме М. Хиррона, проявлено по величине параметра $\log(SiO_2/Al_2O_3)$ (рис. 2, г), тогда как по логарифму $(CaO+Na_2O)/K_2O$ отличий между пластами $БВ_{6-7}$ и $БВ_{10}$, с одной стороны, и $ЮВ_3$, $ЮВ_2$, $ЮВ_1^4$ и $ЮВ_0$ – с другой, нет. Показательно, что отложения макрофации БМ в разрезе пласта $ЮВ_1^1$ и здесь занимают специфическое положение, характеризуясь в целом несколько меньшими значениями $\log[(CaO+Na_2O)/K_2O]$, чем отложения этой же макрофации всех других проанализированных нами уровней.

Макрофация БП. На диаграмме $Na_2O+K_2O-ГМ$ различия между отложениями данной макрофации, отвечающими юрскому и нижнемеловому интервалам разреза Северо-Покачевского месторождения, наиболее отчетливо выражены по параметру Na_2O+K_2O (рис. 3, а). Если первым свойственен интервал значений суммы оксидов калия и натрия 3,25-4,75 вес. %, то для вторых – 4,75-6,0 вес. %. Величина ГМ в выборках для всех стратиграфических уровней варьирует примерно одинаково – от 0,25 до 0,47, т. е. общая совокупность входящих в состав макрофации образований представлена широким спектром пород (силиты, гипо- и нормосиаллиты).

Диаграмма K_2O-Na_2O также демонстрирует существование определенных различий между выборками макрофации БП, принадлежащими разным стратиграфическим уровням (рис. 3, б). В породах макрофации БП пластов $БВ_{10}$ и $БВ_{6-7}$ содержание оксида натрия варьирует от 2,75 до 3,75 вес. %, тогда как для аналогичных им по генезису образований данный параметр несколько ниже и находится в интервале 1,5-3 вес. %. Есть отличия и в содержании оксида калия. Так, выборки для пластов $ЮВ_2$, $ЮВ_2^0$ и $ЮВ_1^1$ имеют в целом несколько более низкое (1,25-2,25 вес. %) содержание K_2O , чем выборки для пластов $БВ_{10}$ и $БВ_{6-7}$ (2-2,5 вес. %).

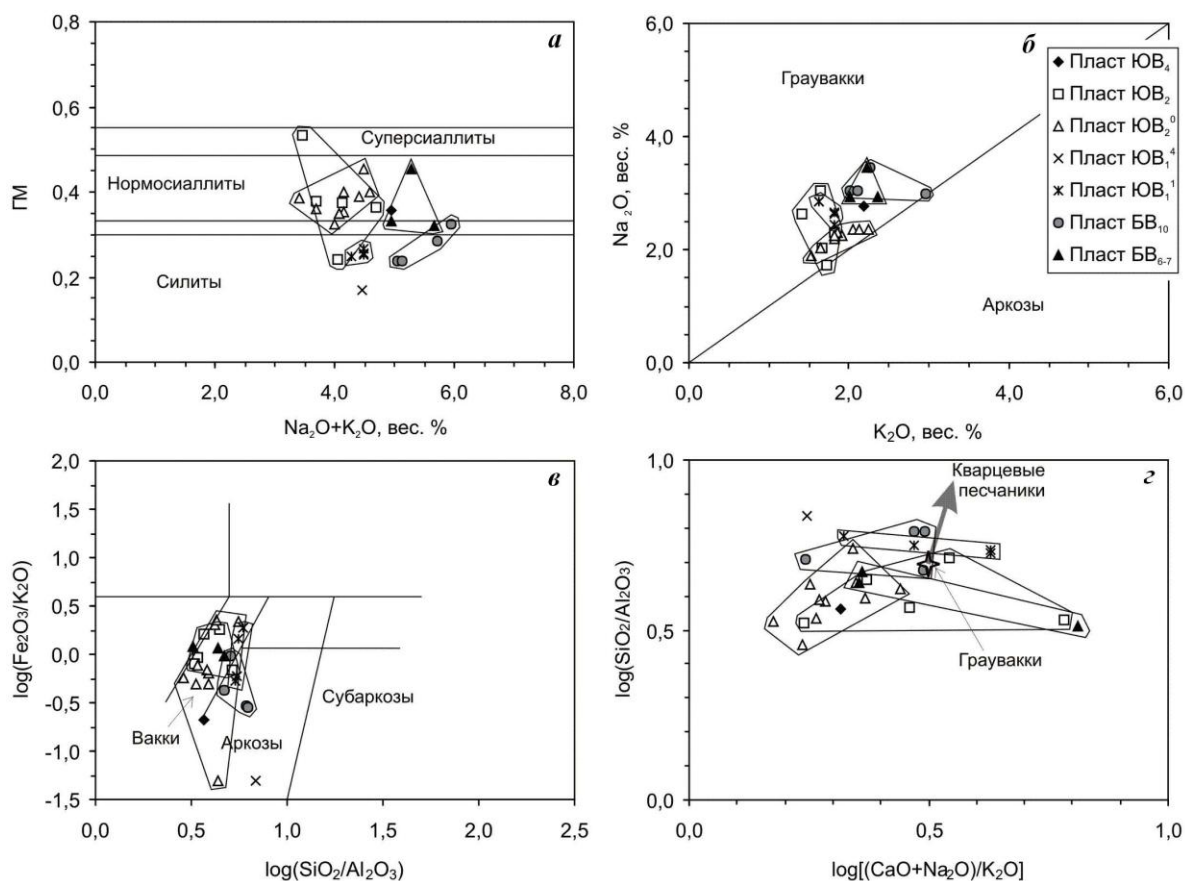


Рис. 3. Положение фигуративных точек состава пород макрофазии БП, присутствующих в разрезах различных пластов-коллекторов Северо-Покачевского месторождения, на диаграммах Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ –ГМ, Ф.Дж. Петтиджона K_2O – Na_2O , М. Хиррона $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ и Р. Гаррелса и Ф. Маккензи $\log[(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O}]$ – $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$

В то же время указанные выше различия практически не выражены на диаграммах М. Хиррона (рис. 3, в) и Р. Гаррелса и Ф. Маккензи (рис. 3, г). На первой из них подавляющее большинство точек состава алевролитов и песчаников макрофазии БП локализовано в поле вакк, и лишь только несколько точек попадает в поле аркозов. На второй – для каждой из рассматриваемых нами совокупностей пород мы видим значительные вариации как по параметру $\log[(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O}]$, так и по параметру $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$.

Кроме вертикальных вариаций химического состава пород, принадлежащих одной и той же макрофазии, намечаются и определенные изменения по латерали (макрофазия БМ, скважины СП221, СП215, СП224; макрофазия БП, скважины СП221, СП214), но говорить о них уверенно можно только на существенно более статистически представительном материале. Несомненно, что исследования в данном направлении следовало бы продолжить.

Суммируя все сказанное выше, можно сделать ряд выводов. На статистически представительном материале (более 100 полных химических анализов) установлено отсутствие существенных различий в химическом составе отложений различных макрофаций (БМ, БП, БУ и БД) в том случае, когда не задан такой параметр, как стратиграфическая принадлежность выборок. При

введении указанного параметра достаточно хорошо наблюдаются определенные различия между отложениями макрофаций БМ и БП, играющими значительную роль в общем разрезе нижнемелозойских отложений Северо-Покачевского месторождения, принадлежащих юрскому и нижнемеловому его интервалам. Юрские отложения в целом характеризуются меньшими значениями суммы щелочей, чем нижнемеловые. Значения ГМ в них для отложений макрофации БМ также меньше; для отложений макрофации БП такое отличие, однако, отсутствует. Юрские отложения, принадлежащие макрофации БП, имеют меньшие, чем это свойственно нижнемеловым образованиям этой же макрофации, содержания и оксида калия, и оксида натрия, тогда как отложения макрофации БМ содержат меньше только оксида калия. На диаграмме М. Хиррона $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}) - \log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, характеризующей взаимосвязь между химическим и петрографическим составом обломочных пород, принадлежащие макрофации БМ отложения юры локализованы преимущественно в поле аркозов, тогда как нижнемеловые образования такой же фациальной принадлежности тяготеют к полю вакк. Для макрофации БП такая закономерность не наблюдается.

Таким образом, можно с достаточным основанием полагать, что наиболее важными факторами, контролировавшими наблюдаемые нами различия в химическом составе отложений различных макрофаций в стратиграфическом разрезе Северо-Покачевского месторождения, являлись палеогеография и палеотектоника, определявшие общие особенности геологического развития территории и контролировавшие тем самым как состав пород в источниках сноса, так и особенности транспортировки и перераспределения кластики в бассейне седиментации.

Авторы признательны профессору В. П. Алексееву за помощь в проведении исследований.

Библиографический список

1. Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. М.: Мир, 1974. 272 с.
2. Петтиджон Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 534 с.
3. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
4. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820-829.

**В. П. Алексеев¹, Д. Д. Журавлева², Т. Ф. Красковская²,
В. И. Русский¹, В. А. Савенко³,**

¹Уральский государственный горный университет

²ФГУП «Восточный научно-иссл. углехимический институт» (ВУХИН)

³Тюменский филиал ООО «КогалымНИПИнефть»

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЗЕТ-МЕТАМОРФИЗМЕ ЮРСКИХ УГЛЕПРОЯВЛЕНИЙ ШАИМСКОГО РАЙОНА (Западная Сибирь)

Основные перспективы в наращивании сырьевой базы Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции связаны с нижнеплитным комплексом (поздний триас – средняя юра, без келловоя). Одновременно данный комплекс является типичным представителем раннемезозойской ($T_3 - J_2$) эпохи торфо(угле)накопления, концентрически «опоясывающей» южную часть Западно-Сибирской плиты (ЗСП). В ходе изучения углепроявлений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района, расположенного в центральной части Приуральской нефтегазоносной области, нами получены обширные результаты, изложенные в работе [9]. В отношении метаморфизма углей они отображены в предельно сжатом, модельном виде на рис. 1.

Принципиальная модель, отражающая зависимость метаморфизма углей от глубины их залегания и термального воздействия, показана на рис. 1, а. Суждения об обусловленности метаморфизма с суммарным воздействием температуры, давления вышезалегающих пород и геологического времени в общих чертах весьма «устоялись» и полно (а одновременно и сжато) изложены, в частности, в новейшей работе [5].

На рис. 1, б показана общая зависимость R_o от H для всех показателей по общему объему исследований в 15 скважинах (94 определения R_o). Она составляет в среднем 0,12 % R_o на 1 км глубины (0,012 % /100 м), что в целом полностью соответствует темпам преобразования самых низкометаморфизованных каменных углей. Максимальные известные значения $\Delta R/H$ присущи углям коксующихся марок и в основном колеблются в пределах 0,1 % /100 м (показано на рис. 1, б). Полученные же нами зависимости по конкретным скважинам в разы превышают это значение (см. рис. 1, б): $\Delta R/100$ м составило от 0,19 до 0,31, а степень метаморфизма ($\Delta H/0,1 \% R$) – от 32 до 52 м. При этом абсолютно тождественные результаты получены по всем шести скважинам, в которых имелось достаточное количество наблюдений (от 6 до 14): это позволяет быть уверенными в том, что результаты (полученные в одной лаборатории, но разными партиями в течение нескольких лет) не являются артефактом.

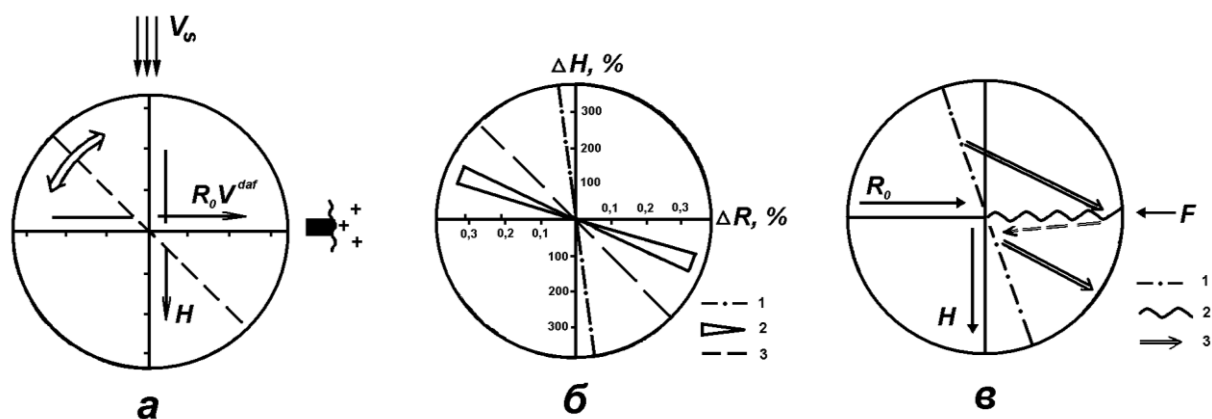


Рис. 1. Модельные представления о метаморфизме углей:

a – общая модель, отражающая зависимость показателей, характеризующих метаморфизм углей (повышение R_o и понижение V^{daf}) от глубины их залегания (H); справа – термальный прогрев толщи, в предельном случае – контактовый метаморфизм); V_∞ - максимальная скорость осадконакопления;

б – зависимость между глубинами залегания углепроявлений (H) и отражательной способностью витринита (R_o): 1 – для общего положения тюменской свиты; 2 – спектр корреляционных зависимостей по изученным скважинам; 3 – линия, соответствующая увеличению 0,1 % R_o на 100 м глубины;

в – принципиальная модель проявления зет-метаморфизма: 1 – региональная составляющая, отражающая повышение значений R_o с увеличением глубины H ; 2 – разделяющие поверхности (неоднородности в строении толщи); 3 – аномальные проявления метаморфизма углей, инициированные наложенным фактором F

По большинству изученных скважин намечаются отчетливые закономерности, подробно описанные в работе [9] и в данной статье, показанные на примере скв. 23 Западно-Тугровского месторождения (рис. 2, *a*, *б*). Прежде всего – это ступенчатость в изменениях R_o , показанная эллипсоидами рассеяния на рис. 2, *б*. С наращиванием глубины значения R_o изменяются скачкообразно, причем каждый следующий «скачок» возвращает R_o к начальным, или даже – более того – меньшим (!) значениям. По внешней (графической) форме такого проявления мы назвали его *Z*-метаморфизмом, или *зет-метаморфизмом*, как это сделано Ю. А. Косыгиным для зет-системы [2]. Модель *Z*-метаморфизма показана на рис. 1, *в*. Что касается границ указанных скачкообразных изменений R_o , то намечается их достаточно отчетливая геологическая природа.

Во-первых, это граница тюменской свиты и радомской пачки (см. рис. 2, *a*), а во-вторых, граница между нижним озерно-аллювиальным и верхним – прибрежно-бассейновым комплексами отложений (см. рис. 2, *б*), которая на северо-востоке Шаимского НГР часто совпадает с границами 3-го и 4-го литоциклов II порядка [9]. Особо подчеркнем, что анализируемые изменения *не зависят* от глубины залегания углепроявлений (равно как и от их абсолютных отметок), меняющейся в значительном диапазоне – от 1700 до 2400 м (см. выше). В целом этот диапазон немного превышает интервал обычной зоны перехода бурых углей в каменные, на уровне 1,5 – 2 км [5].

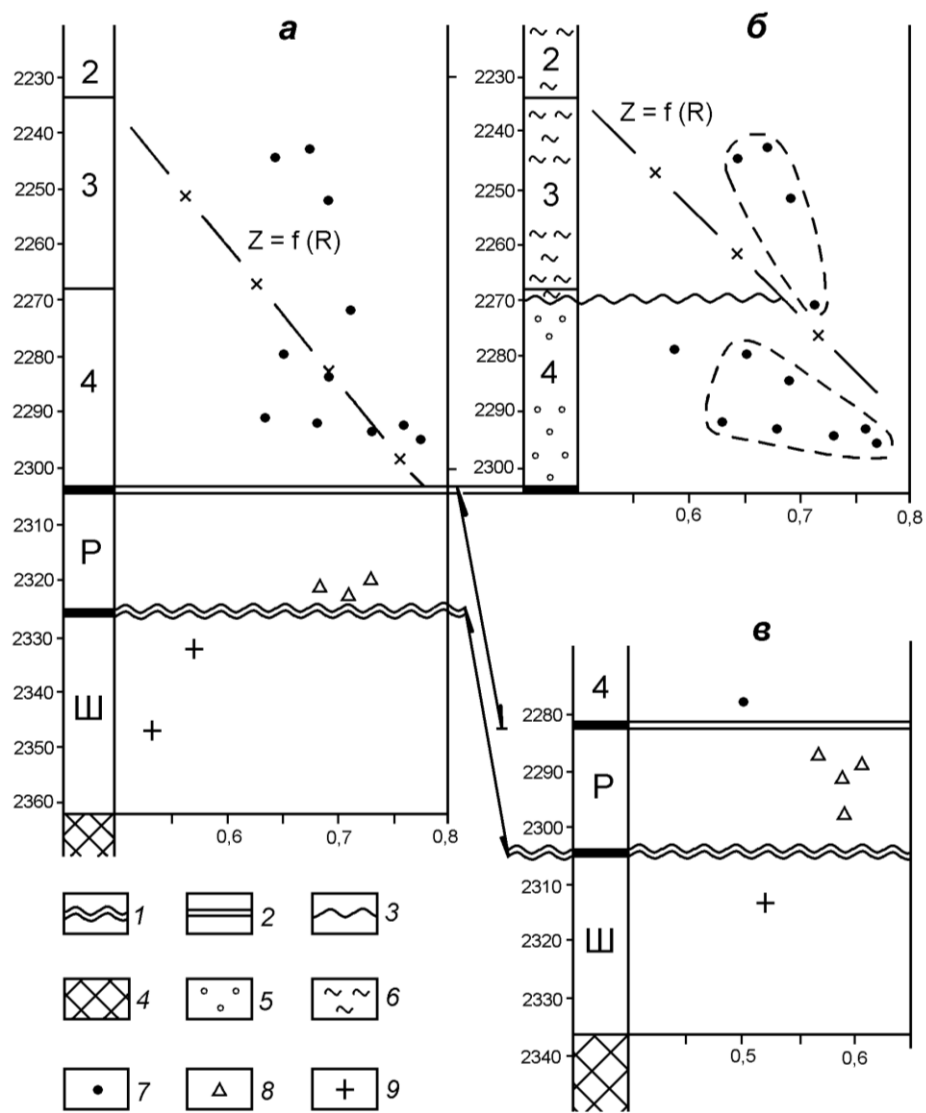


Рис. 2. Изменения метаморфизма углей по скв. 23 (а, б) и 26 (в) Западно-Тугровского месторождения (ЗТ23):

а – по всем проанализированным пробам в скв. 23 (уравнение регрессии для углепроявлений тюменской свиты: $z = -2,053 - 0,201 R_0$ с $r = -0,45$; $\Delta R/100 \text{ м} = 0,27$);

б – по тюменской свите в скв. 23 (выделены эллипсоиды рассеяния);

в – по пробам в скв. 26 (положение горизонтов сопоставлено со скв. 23);

границы: 1 – собственно шеркалинской свиты и радомской пачки, 2 – радомской пачки и тюменской свиты, 3 – аллювиально-озерного и прибрежно-бассейнового ландшафтов;

отложения: 4 – фундамента, 5 – аллювиально-озерные, 6 – заливово-прибрежно-бассейновые;

пробы: 7 – по тюменской свите, 8 – радомской пачке, 9 – шеркалинской свите

Цифрами обозначены литоциклы II порядка, выделенные в тюменской свите; Р – радомская пачка; Ш – шеркалинская свита

Как видно из рис. 2 (а, б), угли тюменской свиты в скв. 23 относятся к классам метаморфизма 06 и 07, что соответствует маркам Д-Г и определяет подстадию мезокатагенеза МК₁. На фоне постепенного увеличения R_0 с глубиной (рис. 2, а) совершенно *аномальными* выглядят показатели R_0 для двух

углепроявлений шеркалинской свиты. При невысокой зольности и весьма сложном («микститовом») петрографическом составе они имеют значения R_o 0,53-0,57 % (класс 05, соответствующий самой низкой стадии метаморфизма каменных углей – Д). Одна из возможных причин такого стратиграфического «несоответствия» полученных показателей, возможно, заключается в различных геологических условиях формирования шеркалинской и тюменской свит: меньшая зрелость углей шеркалинской свиты может определяться более «скоростным» режимом осадки и торфонакопления, то есть иметь первичную (генетическую) природу (см. рис. 1, а). В целом же по разрезу скважины, как и для тюменской свиты в частности (рис. 2, б), соблюдается абсолютно такое же проявление зет-метаморфизма, что и описано выше, с «многоступенчатым» понижением R_o на тех же границах с отчетливой геологической «привязкой».

С целью верификации полученных весьма нетривиальных для угольной геологии данных, нами приведено опробование углепроявлений в скв. 26 того же Западно-Тугровского месторождения, пробуренной в 1 км на восток от скв. 23. Результаты изучения 6 проб углей приведены в таблице, а значения R_o показаны на рис. 2, в.

Из этих данных отчетливо следует, что описанное нами ранее (и выше) скачкообразное снижение R_o при переходе от тонкозернистых отложений радомской пачки к преимущественно гравийно-песчаным породам шеркалинской свиты не *артефакт*. Оно имеет место даже несмотря на повышенное содержание липтинита (11 %) и составляет примерно 0,07 % R_o , что для углей данной стадии метаморфизма является весьма значимой величиной (см. выше).

Результаты исследования углей по пробам из керна скв. 26 Западно-Тугровского месторождения

Глубина, м (по бурению)	Свита, пачка	Вид пробы	Технический анализ, %			Петрографический анализ, % *)					
			W ^a	A ^d	V ^{daf}	V ^t	S ^v	I	L	MI	R _o
2277,0	Тюменская	Ряд.	3,1	1,6	48,1	82	1	9	8	1	0,49
2285,5	Радомская	Ряд.	2,3	42,0	–	93	1	3	3	3	0,56
		Фр.<1,5	3,1	4,0	43,4						
2287,7	Радомская	Ряд.	3,3	10,9	44,3	80	3	16	1	6	0,60
2289,5	Радомская	Ряд.	3,2	24,7	–	94	1	1	4	24	0,59
2297,4	Радомская	Ряд.	2,9	19,0	51,7	69	2	22	7	77	0,59
2312,0	Шеркалинская	Ряд.	2,2	38,4	–	76	2	11	11	10	0,52
		Фр.<1,5	2,0	10,5	49,2						

*) При высокой зольности исходного (рядового) угля – по обогащенному углю (концентрату) с плотностью менее 1,5 г/куб. см.

По сути описываемое явление нестандартно и даже «аномально» с позиций, рассматриваемых в «классической» угольной геологии (речь идет о

нарушении закона Хильта!). Однако в геологии нефтегазоносных толщ подобный характер распределения R_o в разрезе отложений Манычского прогиба (по А. Н. Стафееву) приведен в работе [8]. Здесь он объяснен «... формированием барьеров «накопленного» преобразования органического вещества и затем резких скачков зрелости (курсив наш. – авт.) практически на тех же термобарических уровнях (с. 14). Естественно, что такие скачки и определяют *нелинейность* преобразования ОВ. Е. П. Свистуновым [7] четко определено, что в ходе развития нефтегазоносных бассейнов «... по мере погружения происходит их самоорганизация и формируются энергетические уровни, на которых идет трансформация потенциальной энергии, аккумулированной в процессе образования...». При этом один из типов геотермических *аномалий* связан «... со скачкообразным изменением теплофизических свойств пород при нелинейно протекающих процессах литогенеза, что приводит к локальной деформации теплового поля (разуплотнение пород, трансформация минералов и др.)». Что же касается именно угля, то весьма возможный ответ на причину аномального метаморфизма дан В. В. Мокринским в понятии *фрикциометаморфизма* (лат. *frictio* – трение), использованном им при изучении углей Южно-Якутского бассейна [3]. К таковому отнесен особый вид динамометаморфизма, возникающий под влиянием давления или сильного перенапряжения пород, переходящего в трение и сопровождаемого значительным выделением тепла. Идея фрикциометаморфизма как таковая была достаточно быстро дезавуирована даже для южно-якутских углей. Однако изложенные факты по несогласованности изменений органического вещества с классически линейными представлениями угольной геологии позволяют вернуться к ней, рассматривая проблему в несколько ином ракурсе.

Так, В. Б. Писецким предложена *дискретная модель среды* (DFM – динамико-флюидная модель), в которой рассматривается «... организованное множество блоков различного порядка, образовавшихся в результате закономерного процесса разрушения среды с предварительной *системой дефектов структуры, заложенной на временных границах седиментационных циклов и событий* (курсив наш. – авт.) [6]. Запас накопленной энергии реализуется в виде трения между плоскостями, где флюидная составляющая играет роль смазки поверхностей. Тем самым обеспечивается высокая изменчивость горизонтальной компоненты напряжения, которая достигает экстремальных значений на фрикционных границах. То, что углепроявления как нельзя лучше подходят на роль этой «смазки», не нуждается в расшифровке.

Возвращаясь к угольной геологии, отметим, что «Метаморфизм углей вызывается не температурой самой по себе, а тепловой энергией, лишь характеризующейся той или иной температурой» [5, с. 150]. В этом плане существенно важна роль динамического давления, возникающего именно при тангенциальных усилиях – напряжениях и разгрузке. В статье [1] убедительно показана наибольшая эффективность в динамометаморфизме углей *деформаций сдвига*, в связи с передачей механической энергии в межатомные

связи угольного вещества, что вызывает сложные структурно-химические преобразования [10].

Что же касается геологии нефтегазовой, несомненно, имеющей свою специфику, то основным выводом из полученных результатов следует признание правильности основных концепций флюидодинамической модели нефтегазообразования [8]. В процессе саморазвития (самоорганизации) осадочных бассейнов, одним из наиболее ярких примером, которым явился Западно-Сибирский, несомненно имели место субвертикальные тектонические подвижки. В основном они «гасились» мощным осадочным чехлом, но импульсы литостатического напряжения «разряжались» на фрикционных полойных границах (см. выше), что и зафиксировано зет-метаморфизмом углей. Возраст этих подвижек – не древнее позднего олигоцена (23 млн лет) [4, 9]. Соответственно этому выводу находит дополнительное подтверждение весьма важное в практическом отношении положение. Оно сводится к тому, что «... в пределах Западно-Сибирской плиты ... к новейшему времени приурочена фаза довольно интенсивного формирования месторождений нефти и газа ... неотектонические движения контролировали аккумуляцию, дифференциальное улавливание и рассеивание углеводородов из залежей в процессе формирования месторождений» [4, с. 216].

Пока за пределами обсуждения мы оставляем относительно высокие значения R_0 именно из радомской пачки (см. рис. 2, в), что вполне может быть связано с ее повышенным нефтегазогенерирующим потенциалом. В любом случае приведенные данные показывают значимость сведений о сконцентрированном в углепроявлениях органическом веществе для решения собственно нефтегазогеологических проблем и вопросов.

Библиографический список

1. **Егоров А. И., Кизильштейн Л. Я.** Стерильный динамометаморфизм? // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. Вып. 7. С. 167-172.
2. **Косыгин Ю. А.** Тектоника. М.: Недра, 1983. 536 с.
3. **Мокринский В. В.** Метаморфизм углей Южной Якутии // Южно-Якутская угленосная площадь. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 382-420. (Тр. ЛАГУ. Вып. 11).
4. **Новейшая** тектоника нефтегазоносных областей Сибири / Под ред. Н. А. Флоренсова, И. П. Варламова. М.: Недра. 1981. 239 с. (Тр. СНИИГ-ГиМС. Вып. 285).
5. **Петрологический** атлас ископаемого органического вещества России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.
6. **Писецкий В. Б.** Механизм разрушения осадочных отложений и эффекты трения в дискретных средах // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 1. С. 48-65.

7. **Свистунов Е. П.** Геотермическая зональность нефтегазоносных бассейнов // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2003. № 6. С. 54-56.0

8. **Соколов Б. А., Абля Э. А.** Флюидодинамическая модель нефтегазообразования. М.: ГЕОС, 1999. 76 с.

9. **Угленасыщенность**, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 158 с.

10. **Фролков Г. Д. и др.** Взаимосвязь газовыделения со структурно-химическими преобразованиями углей при разрушении пластов в процессе горных работ // Химия твердого топлива. 1993. № 4. С. 11-18.

УДК 547.211: 553.94/96

В. Н. Новикова,

С. – Петербургский гос. горный институт (технический университет)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ МЕТОДАМИ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ (РЭМ)

Изучение в растровом электронном микроскопе (РЭМ) раскрывает фрактальную надмолекулярную и полостную (поровую, трещинную) структуру витринита углей как генератора и коллектора метана. Изучаются взаимосвязанные процессы углеобразования и метаногенерации витринита умеренно и глубоко метаморфизованных углей. Витринит является главным компонентом углей, чутко реагирующим на действие геостатических и геодинамических факторов, создающих и изменяющих напряженное состояние горного массива. Метод РЭМ позволяет также изучать при различных увеличениях (от 10-20 до 80-200 тыс. раз) строение надмолекулярных агрегатов углей, как модели процессов, происходящих в препарате витринита при его подготовке к изучению. РЭМ имеет существенные преимущества перед другими методами изучения полостного пространства ископаемых углей, так как позволяет наблюдать практически малоизмененный объект с последовательным переходом увеличений от небольших до многих десятков тысяч раз. С изменением масштаба наблюдений РЭМ выявляются разные типы надмолекулярных структур.

Агрегаты (кластеры) молекул, наблюдаемые в электронном микроскопе (крупнее 1 мкм в поперечнике), характеризуют угли на промежуточном иерархическом уровне между молекулярным и микроскопическим строением.

В ранее проведенных исследованиях выделены основные типы надмолекулярной структуры углей на уровне от 10 до 10^4 мкм: однородная, глобулярная сферолитовая (крупноструктурная) и глобулярная гроздьевидная, и их изменения на стадии полуантрацитов и антрацитов, ламелярная (полосчатая) и фибриллярная, и деформированные структуры. Эти типы структур не имеют аналогов описания другими методами на микро- и мезоструктурном уровне строения [3, 5].

Фрактальность структуры углей как определенной группировки молекулярных и надмолекулярных агрегатов, слагающих витринит, является основной характеристикой его тонкой структуры. Фрактальность отражает крупность и организованность скоплений молекул и способность расчленяться на надмолекулярные агрегаты.

Выделены основные типы фрактальности надмолекулярной структуры донецких углей, отражающие их генетическую природу: гомогенная – витринит не склонен к агрегированию или агрегатной полимеризации; таблитчато-фрагментарная; регулярная с петельчато-извилистыми контактами, характерная для невосстановленных углей; однородная и неоднородно-овоидальная из округлых нечетко ограниченных агрегатов, характерная для восстановленных углей [5].

С увеличением метаморфизма контуры надмолекулярных образований витринита становятся более четкими. На стадиях 1Д-2Г-3Г наблюдается преимущественно «рыхлая» регулярная структура, на стадиях 4Ж-5К она становится более четкой и плотной. На стадии 6ОС появляются признаки послышной ориентировки (сланцеватости); а в антрацитах при выравнивании размеров агрегатов происходят структурные изменения – переход фрагментарной некристаллической структуры в однородную кристаллитную гомогенную [3, 4]. Изучение надмолекулярной структуры в РЭМ дает представление о сорбирующих поверхностях агрегатов макромолекул угля, а изучение полостного пространства – о емкостях сорбирующих и вмещающих свободные газы.

Методика изучения надмолекулярной структуры, полостного пространства в РЭМ находится в определенной связи с другими методами. Для исследования пористых сред наибольшее применение нашли методы малоуглового рассеяния рентгеновского излучения (МРР) и нейтронов (МНР), сходные по теоретическому обоснованию и обработке экспериментальных данных. Углететрографические методы дали данные по связи показателя отражения витринита (R) с плотностью и твердостью исследований [4].

Методика наблюдений РЭМ включает: выбор объекта наблюдения (обломков витринита) из определенных проб углей; подготовку к наблюдению; наблюдение особенностей структуры, микропор и микротрещин в направлениях вкрест и по наслоению. В РЭМ наблюдаются изменения характерных показателей микроструктуры (на глубину до 1 мкм), размер и относительное количество надмолекулярных агрегатов и пор. Поры сложной формы и агрегаты – тела оцениваются по параметрам «эквивалентных» сферических пор тел равного объема, а в плоских изображениях (в сколах) «эквивалентного

круга», равного по площади сечению сложной поры тела. Используются также представления о «гидравлической характеристике», то есть отношения поперечного сечения поры к ее периметру, и «фактор формы», то есть отношения расчетного периметра круга к площади, равной сечению сложной поры к ее замеренному периметру в том же сечении. Показателем, характеризующим общую пористость, является доленое участие площади пор определенного размера в общей площади наблюдаемых пор.

Типы полостей. Полостное пространство витринита характеризуется видом, формой и размером полостей. Различают виды по морфологии: неплотного прилегания частиц, межчастичные, межультрамикрoагрегатные, межзерновые, внутризерновые, межагрегатные; анизометричные и щелевидные; по проницаемости – открытые и закрытые. Форма пор по отношениям: 1) изометричные – разница размеров по направлениям менее 1,5 мкм; 2) анизометричные – отношения размеров пор от 1,5 до 10 мкм; 3) щелевидные – отношение более 10 мкм.

Основные типы структур витринита: молекулярная и макромолекулярная – не устанавливаемая РЭМ, и надмолекулярная, определяемая методами РЭМ, дифрактометрии и специальных поровых анализов надмолекулярного уровня, ультрамикрo-, мезомикрo- и макроуровней.

В виду отсутствия или крайне низких значений поверхностного натяжения миграция газов рассматривается без учета явления капиллярности. Поверхностные процессы частично учитываются при характеристике форм движения газов – фольмеровское, кнудсеновское, броуновское [4, 5].

С точки зрения объективности критерия разделения пор на отдельные разновидности заслуживают внимания два подхода [7, 8] – формальный: критерием разделения служит принцип относительности размеров пор и основных элементов скелета пористого тела – и вещественно-генетический: основы параметров размерности пор включают: а) разделение по размерам удовлетворяет требованиям генерации и миграции метана; б) соответствие размеров пор способам замера и анализа пористости; в) соотношение размеров пор и основных элементов структуры, слагающих уголь, т. е. агрегатов молекул: макропоры в несколько раз превышают размеры агрегатов макромолекул угля; микропоры соизмеримы с элементами структуры ($10^2 < r < 10^3$ нм). Поры существенно меньше структурных частиц, т.е. агрегатов молекул относятся к субмикропорам (< 100 нм). Среди последних отдельно выделяются ультрапоры (< 1-2 нм), которые могут располагаться внутри структурных элементов пористой матрицы.

Физическая природа пористости рассматривается как состояние или явление само по себе и в соотношении с другими элементами строения угля – поверхностями наслонения, дислокациями, границами зерен и др. Переход от нанопор к микропорам и мезопорам постепенный. Наблюдается их волновое распределение в пространстве.

По морфологии различают полости: сфероидные, веретенoвидные, цилиндрические, простые и сложные щелевидные полости. По условию образо-

вания выделяются структуры поровости: корпускулярные – исходные, за счет первичной пористости углеобразующих микрокомпонентов; корпускулярные и гранулярные седиментационные, возникшие при формировании осадка; литогенетические – образующиеся в процессе углеобразования при газогенерации и при неравномерном уплотнении; литодинамические – возникающие при тонкой деформации углей в тектонических процессах разрыво- и складкообразования с сопровождающими уплотнением и разуплотнением; техногенные – являющиеся результатом разнообразных проявлений горного давления, например при газодинамических процессах (внезапных выбросах), системы симулированных полостей сложной формы.

По типу физико-химических преобразований выделяются структуры пор: коллоидальные, гомогенные и квазигомогенные агрегированные и флокулированные, турбулентно и ламинарно-микрослоистые. По функциональному отношению и размерности частиц структуры поровости могут быть однородными, разнородными, беспорядочными и ориентированными, матричными, изометричными и анизометричными [5].

Изменение структуры угля при метаморфизме. Изменения, происходящие в молекулярной структуре углей и их надмолекулярной организации в процессе метаморфизма, неизменно сопровождаются изменениями их физических и физико-химических свойств в макроскопических процессах, протекающих в угольных пластах. По данным рентгеноструктурных исследований, малометаморфизованные угли сложены преобладающей аморфной массой, включающей небольшие по размерам рассеянные структурно организованные элементы (по интерпретации многих специалистов «кристаллиты») [1, 2, 3]. С увеличением стадии метаморфизма угля кристаллиты укрупняются, их число увеличивается, на переходе к антрацитам становятся квазистабильными. При метаморфизме на стадии каменных углей происходит ориентировка и трансформация отдельных агрегатов макромолекул, и только в антрацитах начинается интенсивная развивающаяся ступенчато (скачкообразно) кристаллизация. Структурная модель углей низких стадий метаморфизма представлена деформированными сетчатыми надмолекулярными образованиями, с аморфными боковыми цепями. Строение надмолекулярной организации в таких углях близко к строению кристаллоподобных цепных молекул. Основным структурным элементом для углей средних стадий метаморфизма является анизометричная глобула. Надмолекулярная организация антрацитов агрегатная кристаллитная (аналогичная для жесткоцепных полимеров модель Хирла – фибриллярная) с межагрегатными связями; ей в полуантрацитах предшествовала аналогичная, но более хаотичная и менее четкая.

Общая пористость ископаемых углей низких стадий метаморфизма (блестящие бурые, длиннопламенные, газовые и коксовые угли) уменьшается по мере увеличения их метаморфизма (до жирных углей), а затем при дальнейшем его росте вновь повышается, достигая максимума у слабометаморфизованных антрацитов на начальных этапах формирования их структуры. Природные макропористость и трещиноватость углей (в интервале попереч-

ников пор $10^3 - 10^7$ мкм) также зависят от их метаморфизма и изменяются по параболе, имеющей максимум в области углей средней стадии метаморфизма.

Характеристика полостного пространства витринита по В. В. Кирюкову [3, 4]. *Полостное поровое внутри и межагрегатное пространство (поры):*

1. Молекулярные поры: 0,0005 – 0,0007 мкм и менее, появляются в молекулярной, макро- и межмолекулярной структурах. Газ – молекулярно связанный, клатратный, сорбированный, диффузная миграция активная;

2. Ультрамикропоры – фольмеровские: 0,001 – 0,01 мкм, удлиненные поры в структуре с преобладанием поверхностных процессов. Преобладающая часть сорбированного газа, не выделившегося при разрушении угля;

3. Мезомикропоры:

➤ а) кнудсеновские: 0,01 – 0,1 мкм, появляются в бесструктурном витрините с равновесным отношением поверхностных процессов и вязкостного течения. Значительная часть сорбированного газа, выделяется в лавинно-протекающих процессах интенсивного диспергирования;

➤ б) броуновские: 0,1 – 1,0 мкм, поры коллоидной и кристаллитной структур витринита с преобладанием молекулярного движения, вязкостное течение. Меньшая доля газа, свободно мигрирующего в газоносной системе замкнутого пласта;

➤ в) пуайзелевские: 1,0 – 10,0 мкм, появляются в структуре фрагментов витринита и в бесструктурной массе. Преобладает вязкостное течение. Свободно выделившийся газ; участник горно-динамического процесса.

4. Собственно микропоры: более 10 мкм, появляются в структуре клеточных фрагментов – фюзинита, семифюзинита, семи- и структурного витринита. Газ не всегда свободно выделяющийся.

Полостное трещинное и сложное межслоевое и межагрегатное пространство (щели, зоны трещиноватости).

5. Трещинное и межслоевое пространство: Зияние 0,01 – 10,0 мкм. Формы пор: секущие – послойные, межслойные, внутрислойные. С увеличением зияния поверхностные процессы снижаются, вязкостное течение преобладает. Газ: от сорбированного до свободного; в местах локализации горно-динамических явлений.

Связь пористости с процессами углеобразования. Пористость витринита выражена в его α , β , γ структурах, по И. Э. Вальц. Пористость исходных растительных тканей колеблется в пределах 30-60 %. Первичная пористость в ограниченной мере сохраняется в фюзините, снижается в семифюзините, часть пористости развивается за счет фрагментарного или мелкообломочного измельчения микрокомпонентов и их беспорядочной упаковки.

«Губчатые структуры» витринита выражены в полостях, возникающих на стадии биохимической углефикации – заплывания и возникновения пор – пузырьков диоксида углерода в твердых растворах гумусового геля и в процессе углефикации за счет обезвоживания – дегидроксилирования на стадии БД и Д и выделения газа при метаногенерации.

При уменьшении масштаба изображения в РЭМ происходит снижение величины коэффициента анизотропии (влияние степени ориентации и масштабный фактор усреднения), остается без изменения направление преимущественной ориентации структурных элементов.

Образование сети микротрещин. Макроскопические разрушения угля и трансформация его строения при действии внешних нагрузок от 16 до 200 МПа происходят в последовательности: образование сети микротрещин, переориентировка – уплотнение микроблоков и образование их новых границ.

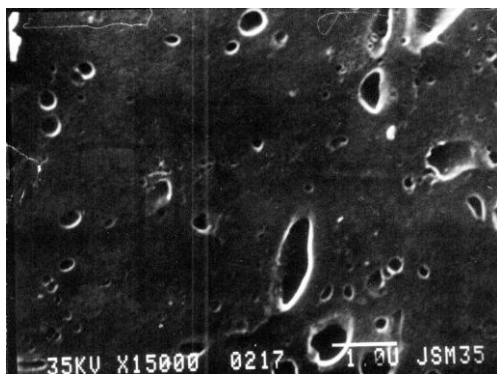
Формирование микротрещин происходит под воздействием внутренних сил, приложенных в точках контакта двух микроотдельностей. Поверхности интер- и часто трансмолекулярных трещин часто имеют следы пластической деформации, скольжения и ступени хрупкого скола. В экспериментальном случае формируются зоны микроотдельностей с заполненными милонитом первичными трещинами. В углях невыбросоопасных пластов зоны милонитизированных углей не образуются [4, 5].

Связь пористости и надмолекулярной структуры углей с процессами миграции газов. Пористость ископаемых углей определяет не только их свойства как коллектора метана, но и как источника газоотдачи пласта и твердого напряженно деформируемого пористого природного сорбента. В каменных углях различают пористость, обусловленную метаморфизмом и пористость изменений физической структуры угля, вызванных тектоническими процессами.

Микропоры при очень малом объеме (их размеры и размеры молекул газа соизмеримы) являются областью развития сорбционных сил [5]. Природные угольные поры, имеющие диаметр более 100 мкм, вместе с трещинами образуют в угольном массиве сложную газогидродинамическую систему. Уплотнение молекулярной структуры углей, вызванное метаморфизмом, сопровождается их сжатием и усадкой с одновременным отщеплением боковых групп (радикалов) с отделением метана и образованием полостей. Таким образом, формируется устойчивая динамическая система «метан – уголь – природная влага». Ископаемые угли имеют как открытые, так и замкнутые (проницаемые и непроницаемые) поры и трещины природного генезиса в диапазоне – от соизмеримых с размерами молекул метана (диаметр 41,4 мкм) до трещин с просветом в несколько миллиметров (см. таблицу).

В неразгруженных от горного давления угольных пластах сорбционные и газофильтрационные свойства определяются структурой и распределением природных пор по размерам. Повышение давления с глубиной сжимает поры – более крупные интенсивнее сравнительно с мелкими, а объем наиболее мелких пор сорбента практически не изменяется. Исключения составляют выбросоопасные зоны и очаги, с повышенной «закрытой» пористостью и зоны тектонических деформированных углей, заполненные высокодисперсным углем (супермилонитом).

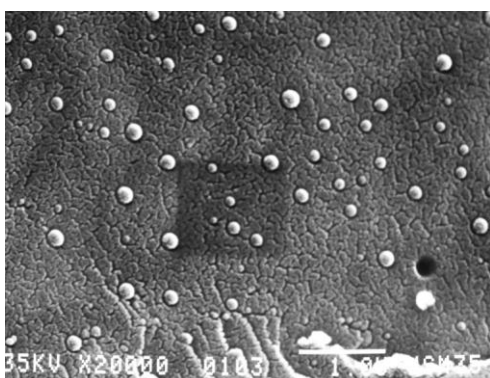
Снимки растровой электронной микроскопии



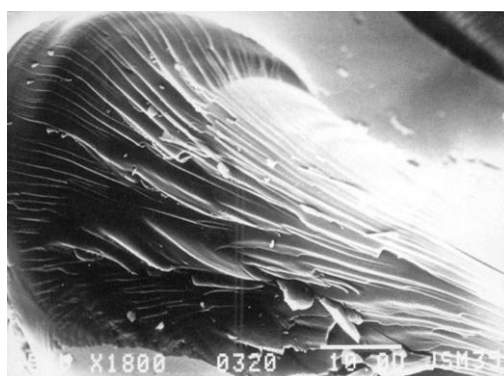
Поры проницаемые, шахта Кочегарка, пласт k_5 , стадия 10-11А



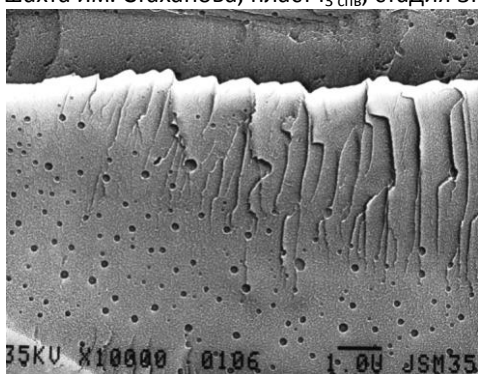
Трещины, шахта Нижняя Крынка, пласт k_8 , стадия 2Т



Поры: проницаемые и непроницаемые поры; шахта им. Стаханова, пласт l_3 св, стадия 3Г



Выброс, трещины; шахта им. Калинина, пласт h_8 , стадия 2Т



Поры проницаемые, трещины; шахта им. Стаханова, пласт l_3 св, стадия 3Г



Выброс, поры проницаемые, трещины; шахта им. Калинина, пласт h_8 , стадия 2Т

Природные трещины и макропоры, составляющие значительно меньшую часть общего объема пористой структуры ископаемых углей, имеют протяженность, во много раз превышающую их зияние, и поэтому служат каналами диффузии и фильтрации метана по угольным пластам и из них, в углях средней стадии метаморфизма.

Формы миграции метановых газов представлены собственно молекулярной диффузией, надмолекулярным и свободным движением фольмеровского, кнудсеновского и паузелевского типов [4].

Прогноз газоносности в значительной степени условен, так как связан с решением проблем газогенерации, емкости и проницаемости, наличием открытой и закрытой пористости. Активизация процесса диффузии газа происходит на контактах слоев и на участках развития микротрещин, т. е. связана с наличием вторичных межслоевых трещинных полостей. Свободный метан распространен в полостных емкостях в однородном витрините (поровая емкость), но более характерен для зонально-трещинных полостей разгрузки.

Изменение состава и молекулярной структуры при углеобразовании и метаногенерации. В процессе метаморфизма эквивициально идет изменение разнохарактерных составляющих молекулярной структуры компонентов угля в направлении образования трехмерной «однородной» полисопряженной системы большого размера с минимальным содержанием водорода, кислорода и гетероатомов. Молекулярная структура уплотняется в результате упорядочения расположения атомов углерода, более симметричными становятся углеродные пакеты [4].

Основными классификационными признаками метаноносных углей являются частота проявления структурных элементов и их размеры. Установлено, что количество, форма и размер микропор в углях находятся во взаимосвязи со стадией метаморфизма и петрографическим составом угля.

Состав и формы нахождения угольных газов. Свободный метан и водно-метановые флюиды в угольных пластах находятся в поровых, кавернозно-поровых, трещинных, послойно-трещинных и послойных полостях, составляя 5-10 % от общих ресурсов метана. Различные формы сорбированного метана образуют тонкие пленки на внутренних поверхностях полостей. Сорбированный метан составляет более 40 % от его общего количества. Химически несвязанный метан в составе псевдоклатратов составляет от 5 до 20-30 %. Всего физически связанного метана в углях от 60 до 70 %. Молекулярно (химически) связанный метан в количестве от 5 до 10 % частично отделяется от молекулы угля при интенсивных лавинно-протекающих процессах внезапных выбросов.

Вывод. Таким образом, электронно-микроскопические исследования наноструктуры угля открывают новые возможности прогнозирования метаноносности ископаемых углей, повышают их точность.

Библиографический список

1. Ван-Кревелен Д. В., Шуер Ж. Наука об угле. М.: Гостоптехиздат, ГНТИ, 1960. 303 с.
2. Гросберг А. Ю., Хохлов Р. В. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989. 344 с.
3. Кирюков В. В., Брижанев А. М., Очкур Н. П. Электронно-микроскопические исследования витринита донецких углей с целью прогноза внезапных выбросов угля и газа // Уголь. 1994. № 5. С. 44-47.

4. **Кирюков В. В., Куш О. А.** Молекулярная и надмолекулярная структура углей и метаногенерация // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. Вып.12. С. 257-267.

5. **Кирюков В. В., Новикова В. Н.** Наноконпоненты и наноструктуры ископаемых углей // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. Вып. 14. С. 172-183.

6. **Мальшев Ю. Н., Трубецкой К. Н, Айруни А. Т.** Фундаментально-прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Изд. АГН, 2000. 519 с.

7. **Плаченев Т. Г., Колосенцев С. Д.** Порометрия. Л.: Химия, 1988. 176 с.

8. **Черемской П. Г.** Методы исследования пористости твердых тел. М.: Энергоатомиздат, 1985. 112 с.

Раздел III. РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УГОЛЬНАЯ БАЗА И ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЕЕ ОСВОЕНИЕМ

УДК 553.93/.96:550.812

А. Е. Веницкий, Б. И. Журбицкий, С. А. Пахомов, А. Б. Тарасов,
Всероссийский научно-исследовательский геологоразведочный институт
угольных месторождений (ВНИГРИуголь)

ПОДСЧЕТ И КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ/РЕСУРСОВ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Проблемы с топливно-энергетическим обеспечением энергодефицитных регионов, обострившиеся на фоне роста мировых цен на углеводородные энергоресурсы, поставили в первый ряд задачу повышения доли угля в топливно-энергетическом балансе страны до 30-35 % по сравнению с 18-19 % в настоящее время. В основных угледобывающих странах эта доля составляет 50-80 и более %, что обеспечивает их энергетическую безопасность в условиях возникновения непредсказуемых ситуаций на мировом рынке нефти и газа, обусловленных природными и политическими причинами.

Вовлечение в эксплуатацию активных запасов угольной сырьевой базы для ускоренного решения этой задачи потребует в ближайшие годы интенсификации поисковых и разведочных работ с целью восполнения запасов/ресурсов твердых горючих ископаемых. Между тем углеразведочный комплекс, понесший большие кадровые потери в предшествующие годы, уже сейчас сталкивается с проблемой качественного проведения и квалифицированной интерпретации результатов поисково-разведочных работ на уровне, требуемом новыми экономическими реалиями. Последнее в немалой степени касается достоверности и качества подсчета и классификационной оценки изученных запасов/ресурсов.

Подсчет запасов и оценка ресурсов угля на стадиях поисков, оценки и разведки месторождений производятся в основном методами геологических блоков или параллельных сечений.

Метод геологических блоков заключается в оконтуривании на подсчетном плане пласта площади распространения запасов с подразделением ее на блоки, характеризующиеся общностью основных параметров оценки – мощности и строения пласта, условий его залегания, степени нарушенности, качества угля, горно-геологических и гидрогеологических условий. Тело пласта преобразуется в ряд сомкнутых разновеликих фигур, каждой из которых придают средние характеристики основных горно-геологических показателей. Запасы или ресурсы угля в каждом блоке подсчитываются как произведение его площади на среднюю для блока величину мощности пласта и на величину принятой кажущейся

щейся плотности угля. Общие запасы (ресурсы) угля определяются как сумма запасов (ресурсов), содержащихся в отдельных блоках.

Метод разрезов (сечений) заключается в построении по данным выработок геологических разрезов, на которых отображаются сечения пласта в вертикальной или горизонтальной плоскости. На этих сечениях выполняются оконтуривание запасов, выделение фигур подсчета, объединяющих запасы различного промышленного значения (балансовые и забалансовые) и степени разведанности.

Анализ материалов поисковых и оценочных работ на угольных объектах, поступающих на экспертизу во Всероссийский геологоразведочный институт угольных месторождений, позволил выявить основные причины неадекватной оценки общего количества запасов/ресурсов, их площадной локализации и назначаемой категории изученности. Выяснилось, что вышеописанные традиционные методы подсчета запасов и оценки прогнозных ресурсов на угольных месторождениях обеспечивают приемлемую точность определения их общего количества, однако часто приводят к ошибкам в оценке величины и геологической достоверности запасов/ресурсов по локальным частям (блокам) месторождения. Это связано как с неправильной блокировкой площади подсчета, когда в один блок включаются зоны пласта с резко различающимися величинами подсчетных параметров и с разной степенью геологической изученности, так и с субъективным характером определения категории запасов/ресурсов. Между тем адекватная локализация однородных участков (блоков) месторождения или углепроявления с одинаковой изученностью геолого-промышленных параметров и их обоснованная категоризация обеспечивают объективность дифференцированного подсчета запасов/ресурсов, достоверность их технико-экономической оценки и правильность выбора участков для постановки работ следующей стадии.

Особенно важна задача достоверной локализации на площади запасов/ресурсов углей на стадиях поисков и оценки месторождений, так как с ней связаны вопросы обоснования продолжения геологоразведочных работ, выбора первоочередных участков для их проведения и подготовки материалов для лицензирования.

Одной из главных методических ошибок при оценке ресурсов углей методом геологических блоков на этих стадиях следует назвать распространение данных опробования (замера) в единичных точках (скважинах или горных выработках) на большие неизученные зоны площади оценки с квалификацией локализованных на ней ресурсов одной категорией изученности. Это завышает действительную степень изученности ресурсов в таких зонах, что может привести к ошибкам в их технико-экономической оценке и, соответственно, в принимаемых проектных решениях по продолжению работ.

Во многих случаях геологи понимают ошибочность такого подхода и применяют различные эмпирические приемы для устранения его последствий. Обычно используют несколько таких приемов.

Один из них заключается во введении так называемых «расчетных точек», параметры оценки ресурсов в которых определяются чаще всего путем экстраполяции данных действительных точек (скважин или горных выработок) на неизученные части подсчетного блока. Такой прием создает иллюзию более равномерной изученности блока, однако фактически не решает этой задачи, искусственно завышая достоверность оценки ресурсов на его неизученных частях.

На некоторых объектах наряду с введением «расчетных точек» для повышения равномерности изученности площади исключают из расчета действительные точки под предлогом, что они не находятся на разведочных линиях. Это значит, что при оценке ресурсов не используется ценная геологическая информация, для получения которой в свое время были затрачены значительные материально-технические, трудовые и интеллектуальные ресурсы.

Методически более правильным является прием раскройки неравномерно изученной площади оценки на блоки, различающиеся по степени геологической изученности. При этом используется метод «подвешивания» блоков с ресурсами, не обеспеченными действительными точками опробования пласта, к блокам, запасы или ресурсы которых опираются на такие точки либо имеют их вблизи границ блока. Категория изученности в «подвешенных» блоках обычно принимается пониженной на одну ступень.

При использовании такого приема, однако, часто применяют некоторые необоснованные дополнительные операции с целью еще большего понижения значения ресурсов в «подвешенных» блоках.

Так, расчетную мощность пласта в некоторых «подвешенных» блоках произвольно принимают вдвое уменьшенной по сравнению с блоками, к которым производится «подвеска». Учитывая, что при технико-экономических расчетах ресурсы категории P_2 и так принимаются с понижающим коэффициентом 0,3, можно констатировать, что этот прием фактически сводит на нет ресурсы таких блоков.

Иногда на площади, где нет действительных точек опробования пласта, но которая прилегает к блоку с ресурсами категории P_1 , не довольствуются понижением категории обоснованности ресурсов до категории P_2 , а выделяют в ее наиболее удаленной от границы с блоком P_1 части отдельный блок, ресурсы которого оцениваются по категории P_3 . Эта операция противоречит действующим нормативным документам – Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и Положению о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям. В них четко указывается, что прогнозные ресурсы категории P_3 учитываются только на этапе регионального геологического изучения недр и предполагают «...лишь потенциальную возможность открытия месторождений», «без привязки к конкретным объектам». Квалификация части ресурсов на стадии поисков по категории P_3 фактически исключает их из расчетов при геолого-экономической оценке.

На месторождениях, где оценка прогнозных ресурсов производится по группам сближенных пластов, отмечаются ошибки завышения подсчетной площади, связанные с тем, что некоторые участвующие в оценке пласты и пач-

ки распространены лишь на части площади подсчетного блока, хотя их мощности полностью учитываются в суммарной мощности по группе пластов. Для компенсации вводятся понижающие коэффициенты достоверности прогноза, т. е. вначале допускается ошибка, а затем на нее вводится поправка. На месторождениях с крутым падением пластов, где оценка ресурсов выполняется по объемным блокам, также часто допускается их заведомое завышение вследствие того, что значения мощности пластов, принимаемые в расчет суммарной мощности по блоку, определяются по пластопересечениям вне его границ без гарантии того, что эти пласты имеют распространение в объеме блока.

Перечисленные выше методические ошибки в основном имеют субъективный характер, так как обусловлены либо сложившейся практикой подсчета и оценки запасов/ресурсов углей, различной в разных бассейнах и геологоразведочных организациях, либо недостатком опыта у молодых геологов, выполняющих эти работы. Однако сама возможность появления этих ошибок обусловлена другой причиной – принятой методикой подсчета запасов пластовых полезных ископаемых. Созданная на рубеже XIX-XX вв., когда еще не были разработаны вероятностно-статистические и геостатистические методы, а также вычислительные средства для их реализации, эта методика не дает возможности производить дифференцированный подсчет запасов/ресурсов и обоснованную оценку их достоверности по локальным элементарным ячейкам площади подсчета, что вынуждает к применению описанных выше паллиативных приемов.

Современный подход к проблеме подсчета и квалификации запасов/ресурсов твердых горючих полезных ископаемых должен основываться на создании по дискретным разведочным данным адекватной модели тела полезного ископаемого как некоторого непрерывного объекта, основные свойства которого с вполне определенной степенью достоверности могут быть определены в любой его точке. При условии решения этой задачи подсчет количества запасов/ресурсов в любом локальном объеме занимаемого им геологического пространства становится просто технической операцией, а категоризация запасов или прогнозных ресурсов по степени разведанности (обоснованности прогноза) сводится к вероятностному оцениванию их достоверности.

При реализации такого подхода важнейшее значение приобретает выбор математического аппарата, в наилучшей мере учитывающего свойства геологической изменчивости параметров данного вида полезного ископаемого.

Генетические особенности пластовых угольных залежей не позволяют эффективно использовать аппарат геостатистики, автокорреляционного и структурно-спектрального анализа для оценки изменчивости геологических параметров на ранних стадиях геологоразведочного процесса. Количество поисковых и разведочных выработок на таких объектах исчисляется единицами или первыми десятками, а расстояния между ними многократно превышают радиусы автокорреляции мощности пласта и, особенно, зольности угля. Надежно определяются только трендовые составляющие изменчивости первого и второго порядков. Положение также усугубляется обычно крайне неравномерным расположением выработок на площади объектов. В таких условиях использование

сложного математического аппарата перечисленных видов анализа либо невозможно, либо не дает прироста информации по сравнению с вероятностно-статистическими методами, применяемыми после исключения трендовой составляющей изменчивости, но при этом увеличивает неустойчивость получаемых оценок. Это оправдывает использование приемов теории вероятности и математической статистики для прикладных целей, связанных с оценкой достоверности геологических показателей и категоризацией запасов/ресурсов. В то же время богатый набор разработанных методов автокорреляционного и геостатистического моделирования, учитывающих составляющие геологической изменчивости первого-второго порядка, позволяет создавать пространственные компьютерные модели, с вполне определенной надежностью отражающие действительное пространственное распределение таких геологических параметров, как конфигурация залежей, их мощность и качество полезного ископаемого.

Применение разработанных на таких принципах компьютерных программ позволяет минимизировать субъективность и повысить достоверность подсчета – классификации запасов/ресурсов на основе оптимизационного моделирования подсчетных параметров, более обоснованного оконтуривания площади кондиционных значений мощности – зольности, выявления и исключения из рассмотрения зон суммарной «аномальности», объективной количественной оценки «изученности» и «экономичности» запасов и прогнозных ресурсов углей.

В процессе разработки компьютерных программ опробованы различные подходы и методики, в том числе интегрального (по подсчетным блокам) и дискретного моделирования. Были разработаны и апробированы три программы, описание которых дано ниже.

Программа «Оценка изученности запасов углей» предназначена для количественной оценки разведанности запасов и обоснованности прогнозных ресурсов углей с присвоением им той или иной категории в геологических блоках, выделенных в соответствии с традиционной эмпирической методикой.

Категоризация запасов производится на основе расчета доверительной вероятности оценки запасов/ресурсов с 10 %-ным односторонним ограничением их расчетного количества. Геологический смысл этого показателя состоит в определении вероятности того, что фактические запасы/ресурсы ТГИ не будут ниже оцененных более чем на 10 %. Чем выше геологическая изученность участка, тем достовернее подсчитаны его запасы или оценены ресурсы, что находит отражение в расчетной величине доверительной вероятности их подтверждения. Для того чтобы исключить влияние размера оцениваемой площади, расчет доверительной вероятности приводится к ее единичному размеру (1 км²).

Интервалы значений единичной доверительной вероятности оценки (подтверждения) для каждой категории геологической изученности, в соответствии с классификацией ТПИ России 1997 г. и модификацией МРК ООН применительно к угольным месторождениям РФ (проект Классификации ТГИ РФ-04), представлены в табл. 1 и 2.

Исходными данными для расчета единичной доверительной вероятности запасов/ресурсов на определенном участке (в подсчетном блоке) являются:

- показатель сложности контура и величина площади оцениваемого участка (блока) S ;
- количество скважин n ;
- данные о мощности пласта, зольности угля, кажущейся плотности угля и углу падения в скважинах.

Таблица 1

Уровни достоверности запасов/ресурсов по категориям геологической изученности (при одностороннем ограничении допуском 10 %)

Категория (подкатегория) изученности запасов/ресурсов		Значение единичной доверительной вероятности подтверждения запасов/ресурсов	
		интервальное	усредненное
Разведанные (A+B+C ₁)	достоверные (A+B)	0,76 – 0,99	0,86
	подтвержденные (C ₁)	0,66 – 0,75	0,70
Предварительно разведанные (C ₂)		0,61 – 0,65	0,62

Таблица 2

Уровни достоверности предполагаемых и прогнозных ресурсов (при одностороннем ограничении 10 %)

Категория (подкатегория) изученности ресурсов		Значение единичной доверительной вероятности оценки ресурсов	
		интервальное	усредненное
Предполагаемые (P ₁ +P ₂)	обоснованные (P ₁)	0,55 – 0,60	0,57
	перспективные (P ₂)	0,51 – 0,54	0,52
Прогнозные (P ₃)		< 0,51	0,50

Расчет производится в такой последовательности:

- 1) рассчитывается плотность сети скважин c ;
- 2) определяются оценки относительной дисперсии мощности пласта, кажущейся плотности угля; секанса угла падения пласта;
- 3) рассчитывается контурный модуль оцениваемого участка (блока) $\text{const}(T)$;
- 4) рассчитывается t_1 -критерий;
- 5) по значению критерия t_1 и числу степеней свободы $k=c-1$ определяется значение доверительной вероятности $p(t_1)$. Эта величина может определяться тремя методами в зависимости от числа степеней свободы:
 - при количестве степеней свободы $k > 4$ используется метод интерполяции по квантилям t -распределения [6],

– при числе степеней свободы $1 > k \leq 4$ используется аппроксимационная формула,

– при числе степеней свободы $k \leq 1$ (весьма низкой плотности сети скважин) применяется упрощенная аппроксимационная формула;

б) по величине доверительной вероятности производится категоризация запасов/ресурсов в соответствии с табл. 1 и 2.

Программа «Оценка изученности запасов углей» автоматизирует все вышеуказанные операции. Она создана на базе файла Microsoft Excel с применением оболочки, написанной на языке HTML. Используется при экспертизе авторской категоризации запасов/ресурсов.

Программа «Расчет и оценка запасов и ресурсов углей» позволяет осуществлять подсчет запасов (оценку ресурсов) по малым элементарным ячейкам с определением их кондиционности, а также оценку их геолого-промышленной ценности для обоснования экономической эффективности освоения.

В основе работы программы лежит дифференцированная оценка подсчетных параметров по локальным элементарным ячейкам заданной сети аппроксимации.

Отличием представляемой технологии от других технологий, использующих разбиение подсчетной площади на элементарные блоки, является применение в качестве критерия квалификации запасов/ресурсов в этих блоках не дисперсии оценки подсчетных параметров, характеризующейся неустойчивостью определения, а более устойчивого показателя - доверительной вероятности этой оценки.

Величина доверительной вероятности кондиционности запасов/ресурсов в элементарных блоках, учтенная совместно по параметрам мощности пласта и зольности угля, характеризует их геолого-промышленную ценность. В качестве расчетных величин этих параметров для прямоугольных элементарных блоков принимаются их значения в точках сети линейной аппроксимации, являющихся геометрическими центрами блоков. Значения доверительной вероятности кондиционности мощности пласта и зольности угля для каждого блока рассчитываются по количеству скважин, попавших в круговую зону охвата проб (замеров) с центром, расположенным в центральной точке элементарного блока, и радиусом, устанавливаемым в зависимости от плотности и формы разведочной сети. Варьированием величины радиуса охвата точек исходных данных (замеров и данных опробования по пластопересечениям) находится оптимальный уровень генерализации, позволяющий добиться необходимой дифференциации на площади оценки доверительной вероятности по ячейкам при достаточном количестве исходных точек внутри круговой зоны охвата, обеспечивающем надежность аппроксимированных значений подсчетных параметров.

Одновременно по критерию кондиционности общей мощности пласта и зольности товарного угля в элементарных блоках выполняется разделение запасов/ресурсов угольной залежи на запасы (балансовые запасы) и потенциально экономические ресурсы (забалансовые запасы).

Важным преимуществом технологии является возможность оценки в ячейках аппроксимированных значений элементов залегания пласта (углов и азимутов), что позволяет нейтрализовать технические ошибки их определения по скважинам. По величинам дисперсий этих показателей на площади устанавливаются зоны возможных тектонических разрывов и резких перегибов (пликативных нарушений) пласта, учитываемые при блокировке запасов/ресурсов.

Концентрация элементарных ячеек с одинаковыми или близкими значениями доверительной вероятности кондиционности запасов/ресурсов и дисперсий оценочных параметров позволяет локализовать участки одинаковой геолого-промышленной ценности и геологической изученности пласта, которые служат основой для их объективной блокировки и категоризации.

Программа написана на языке программирования Си++ и состоит из нескольких модулей, каждый из которых предназначен для решения своей определенной задачи. Работа с каждым модулем осуществляется в интерактивном режиме (т. е. ряд параметров для расчета может быть изменен в любое время без выхода из программы).

Программа «Подсчет и оценка изученности запасов углей V.7.0» предназначена для: подсчета запасов/ресурсов углей методом элементарных блоков и классификационной оценки их геологической изученности в соответствии с классификацией ТПИ России 1997 г. и проектом Классификации ТГИ РФ-04.

В основе работы программы также лежит дифференцированная оценка по локальным элементарным ячейкам заданной сети аппроксимации. Категоризация элементарных блоков выполняется на основе расчетных величин доверительной вероятности соблюдения 10 %-ного допуска подсчета (оценки) количества запасов/ресурсов в сторону завышения на единичной (1 км²) площади подсчета.

Подсчет и оценка запасов-ресурсов углей с помощью описываемой программы выполняется в следующей последовательности операций:

1. Разбиение исследуемого участка на квадратные или прямоугольные блоки (ячейки) с длиной стороны 250-500 м.

2. Расчет параметров подсчета-оценки запасов/ресурсов в элементарных блоках методом скользящего окна. Операция заключается в проведении вокруг центра каждого выделенного блока окружности заданного радиуса и вычислении средних значений геологических параметров (мощности, зольности, угла падения пласта) по данным пластопересечений, попадающих в это окно, дисперсий этих оценок и величины плотности сети s .

3. Вычисление для каждого из выделенных элементарных блоков среднего значения плотности угля по формуле

$$d^r = k_1 + k_2 A^d,$$

где d^r – кажущаяся плотность угля при известной зольности; k_1 – кажущаяся плотность органической массы угля; k_2 – коэффициент ее изменения при повышении зольности на 1 %; A^d – средняя зольность угля в ячейке.

4. Оценка кондиционности запасов в каждом блоке (т. е. проверка условий $m \geq m_{\text{конд}}$ и $A^d \leq A^d_{\text{конд}}$).

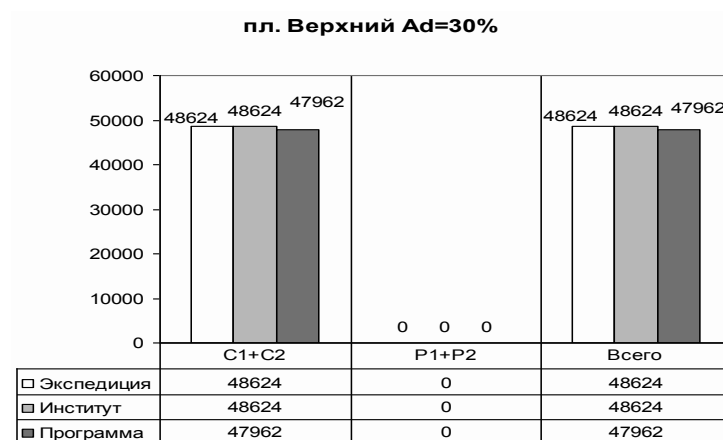
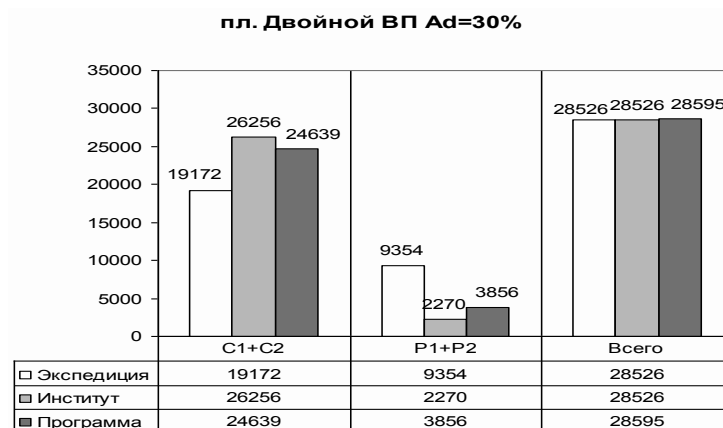


Рис.1. Примеры результатов сравнения подсчета запасов на участке «Конюхтинский»: наименованием «Экспедиция» обозначаются результаты авторского подсчета и категоризации запасов/ресурсов в геологических отчетах; наименованием «Институт» – результаты использования экспертной программы «Оценка изученности запасов углей», наименованием «Программа» – результаты использования программ «Расчет и оценка запасов и ресурсов углей» и «Подсчет и оценка изученности запасов углей V.7.0»)

Подсчет запасов угля в каждой ячейке (тыс. т) по формуле:

$$3Pi = 0,001 \cdot dX \cdot dY \cdot d_i^r \cdot m_i \cdot \sec \alpha_i,$$

где $3Pi$ – запасы по ячейкам; dX и dY – размеры ячейки (м); d_i^r – средняя плотность угля в ячейке (t/m^3); m_i – средняя мощность пласта в ячейке (м); $\sec \alpha_i$ – среднее значение секанса угла падения пласта в ячейке.

6. Вычисление для каждой ячейки значения единичной доверительной вероятности оценки запасов/ресурсов с односторонним ограничением допуском 10 %.

7. Присвоение запасам/ресурсам в каждой из ячеек категории в соответствии с процедурами, представленными в описании программы «Оценка геологической изученности» в МРК ООН.

Программа «Подсчет и оценка изученности запасов углей V.7.0» обеспечивает:

- возможность подсчета и оперативной оценки запасов в элементарных подсчетных блоках по вариантам моделирования для различных значений кондиций по мощности пласта, зольности угля и других параметров;
- устойчивость работы и объективность оценок в условиях малых выборок исходных данных;
- ускорение и оперативность подсчета, уменьшение трудозатрат;
- исключение субъективных и расчетных ошибок.

Апробация новых компьютерных технологий подсчета и классификации запасов/ресурсов ТГИ выполнялась на материалах поисковых и оценочных работ 2003-2005 гг. по конкретным участкам различных бассейнов и угленосных районов. На рис. 1 и 2 для примера представлено сопоставление полученных разными методами результатов подсчета и категоризации запасов/ресурсов ряда пластов на двух существенно различающихся по геологическим условиям участках (Северный участок Миллеровской Восточной площади в Донбассе и Конюхтинский Поисковый в Кузбассе).

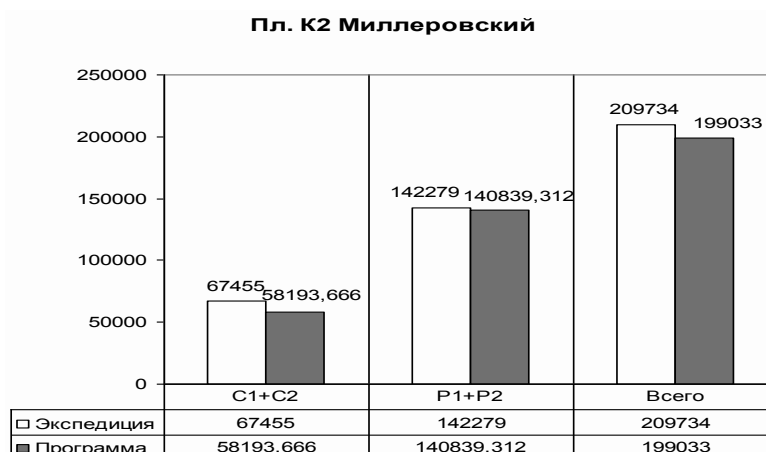


Рис. 2. Примеры результатов сравнения подсчета запасов на участке «Миллеровский»

В целом апробация разработанного программного комплекса подтвердила его работоспособность на геологических объектах разной степени сложности.

Преимущества его применения (обоснованность и дифференцированность оценок, ускорение подсчета и уменьшение трудозатрат, оперативность в выполнении расчетов, исключение субъективных и расчетных ошибок др.) при внедрении в практику поисков и оценки угольных месторождений должны существенно увеличить надежность результатов и экономическую эффективность этих стадий геологоразведочного процесса.

УДК 662.33.004.18

Г. К. Хрусталёва, Г. А. Медведева,

Всероссийский научно-исследовательский геологоразведочный институт
угольных месторождений (ВНИГРИуголь)

УГОЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Необходимость создания промышленности синтетических топлив из угля в России обусловлена резким падением добычи нефти, трудностью транспортировки дешёвых углей Сибири в Центральные районы, высоким соотношением цен нефть/уголь, а также экологическим ограничением крупномасштабного сжигания углей вблизи мест их добычи с последующей передачей электроэнергии в Центральные районы.

К настоящему времени в России разработаны теоретические основы технологии процесса деструктивной гидрогенизации углей (метод Института горючих ископаемых), обоснован единый научный принцип подбора сырья для ожижения (ГОСТ 25545-88) и выявлены наиболее предпочтительные для гидрогенизации угли (гелиты, липоидо-гелиты, липоидо-гелититы, фюзинито-гелиты, липоидо-фюзинито-гелиты марок 2Б, 3Б, Д, ДГ, 1Г, 2Г), а также установлено совокупное влияние на степень гидрогенизационного ожижения параметров: A^d , V^{daf} , ΣOK , H_o^{daf} , C_o^{daf} [6].

По мере решения теоретических вопросов, касающихся технологии и выбора качественного угля для деструктивной гидрогенизации по методу ИГИ, осуществлялась прогнозная оценка угольной сырьевой базы для производства синтетических жидких топлив (И. В. Ерёмин с соавторами, 1978; 1980; 1984; 1994; Н. Н. Уланов с соавторами, 1982; 1988; Д. В. Клер с соавторами, 1988 и др.).

Общие геологические ресурсы бурых и каменных углей (марок Д и Г), прогнозируемые для ожижения, составляют более 3000 млрд т, но экономически выгодно отрабатывать и перерабатывать в синтетические жидкие топлива (СЖТ) десятки миллиардов тонн [1].

Целью настоящей работы является анализ современных данных о запасах углей указанных марок в наиболее изученных для рассматриваемой переработки угольных бассейнах России и обоснования выбора объектов (месторождений, участков, пластов) по степени пригодности углей для производства синтетического жидкого топлива.

Проведённый анализ состояния сырьевой базы углей по маркам в Канско-Ачинском, Кузнецком, Ленском, Иркутском и других бассейнах России, потенциально пригодных для производства СЖТ, свидетельствует о наличии значительного количества разведанных и предварительно оцененных запасов, в том числе на действующих и строящихся угледобывающих предприятиях. Также обеспечены запасы участки, подготовленные как для нового шахтного и карьерного строительства, так и для реконструкции и продления срока службы действующих шахт и разрезов (табл. 1).

Таблица 1

Запасы углей, пригодных для производства жидкого топлива

Бассейн (субъект Федерации, месторождение)	Марка, технологическая группа	A+B+C ₁ +C ₂
Канско-Ачинский (Красноярский край, Иркутская, Кемеровская области)	2Б	109608,8
	3Б	1289,6
Кузнецкий (Кемеровская, Новосибирская области)	Д	15985,8
Иркутский (Иркутская область, Усть-Ордынский Бурятский автономный округ)	3Б	2436
	Д	7502,3
	ДГ	0,4
	Г	944,1
Ленский (Республика Саха (Якутия), Таймырский (Долгано-Ненецкий) округ)	2Б	1695,1
	3Б	4050,3
	Д	713,4
Минусинский (Черногорское, Изыхское)	Д	1622,6
	ДГ	485,9
Угловский (Артёмовское, Шкотовское)	2Б	487,2
	3Б	136,6
Западно-Камчатский (Корякский автономный округ, Корфское)	3Б	10,7
Сахалинский (Тихменёвское, Вахрушевское, Макаровское)	3Б	308,1

Крупные запасы таких углей имеются на объектах остальных групп балансового учёта и на участках с запасами, не учтёнными Госбалансом. Что касается прогнозных ресурсов, то их количество на глубинах реальной отработки многократно превышает имеющиеся запасы, чем определяются весьма широкие перспективы воспроизводства сырьевой базы углей для гидрогенизации.

В основном месторождения углей перечисленных выше марок в отмеченных бассейнах характеризуются благоприятными горнотехническими условиями эксплуатации, в том числе – открытым способом добычи.

Геологоразведочные работы в этих бассейнах в части воспроизводства сырьевой базы углей перечисленных марок практически свёрнуты ввиду их нецелесообразности. В Кузнецком, Иркутском бассейнах они выполняются в крайне ограниченных объёмах с целью доизучения ранее разведанных участков или полей действующих угледобывающих предприятий. В Канско-Ачинском бассейне производство геологоразведочных работ связано с подготовкой к отработке «малых» углеразрезов для местных нужд.

Оценивая свойства углей, адаптированные к разработанным критериальным показателям для гидрогенизации, установлены возможные помимо отмеченных выше объекты, угли которых представляют интерес в качестве сырья для производства синтетического жидкого топлива. Это следующие месторождения: Чернышевское (2Б, Ханкайский бассейн), Тавричанское (3Б) и Шкотовское (2Б-3Б, Угловский бассейн), Тихменевское, Вахрушевское, Макаровское (3Б, Сахалинский бассейн), Корфское (3Б, Западно-Камчатский бассейн), Гореловское (Д, ДГ, Камчатский бассейн), Верхне- и Нижне-Аркагалинское (Д, ДГ), Изыхское (Д, ДГ, Минусинский бассейн), Улугхемский бассейн (пласт Улуг, Г, ГЖ).

Анализ результатов экспериментального ожижения углей и прогнозной оценки их пригодности для гидрогенизации по разработанным критериям свидетельствует о самой различной степени их пригодности.

Следует заметить, что оценка пригодности углей для ожижения часто затруднена из-за отсутствия полной информации о свойствах углей. Поэтому на уровне современных сведений о качественно-вещественных и химико-технологических свойствах углей даже самых изученных бассейнов страны можно высказать предположение о том, что только определённые типы угольных пластов (или их часть) по отдельным показателям ($\Sigma\text{ОК}$, A^d , R_o и др.) удовлетворяют принятым требованиям (ГОСТ 25543-88) на сырьё для производства СЖТ.

Так, в *Канско-Ачинском бассейне* угли отдельных прослоев пласта Мощного (Абанское месторождение) отличаются содержанием мацералов инертинита и зольностью, превышающих требуемые величины. Пласт Нижний лишь на отдельных участках представляет интерес для производства СЖТ. Именно неоднородность свойств (состава и качества) угольных пластов привела к «попаданию» углей одного и того же месторождения в разные группы по степени пригодности к рассматриваемому процессу переработки. Практически не пригодны для гидрогенизации угли Ботогольского, Пашинского, Казанского, Дудетского месторождений бассейна.

В *Кузнецком бассейне* по качественно-вещественным показателям мало пригодны для гидрогенизации по методу ИГИ угли соответствующих процессу марок всех пластов участка Инского, часть караканских пластов, участков Уропского 3, ряда пластов углеразреза Уропского-Северного, угли месторождений Терсинского района (Кушеяковские участки). Проблематично использование в рассматриваемом направлении углей Барзасского месторождения.

Длиннопламенные и газовые (энергетические) угли Кузбасса, перспективные по зольности, величинам R_o , S_t^d , $H/C_{ат}$ в качестве сырья для производства СЖТ, отличаются по петрографическому составу (ΣOK), в ряде случаев неблагоприятному для гидрогенизации. Этот вывод иллюстрируется данными табл. 2.

Таблица 2

Содержание отошающих компонентов (ΣOK , %) в углях Кузнецкого бассейна

$\Sigma OK > 20 \%$	$\Sigma OK \leq 20 \%$
<i>Длиннопламенные угли</i>	
<i>Ерунаковский район:</i> Караканский углеразрез 1-2; Караканский Восточный; месторождения Караканское и Восточно-Караканское (часть пластов); Новоказанские 1-2 (кроме пластов 89-97 и 101); участки продолжения Талдинских 1-2	<i>Ерунаковский район:</i> Караканский Южный; месторождение Соколовское (кроме пласта 7); Евтинское
<i>Ленинский район:</i> Участок Инской; месторождение Уропское и Уропский углеразрез (№ 1, Северный, Северный 2; кроме пластов 11, 13, 14, 9а)	<i>Ленинский район:</i> Пласты Сычевский III, IV, Колмогоровский-Шурфовой, Красногорский, Красноорловский, Несложный, Инские I-III, Спутник
<i>Газовые угли (Гбэ)</i>	
<i>Ерунаковский район:</i> Талдинский Южный (пласты 59, 60, 68, 69); Ерунаковский Южный (пласт 78)	<i>Беловский район:</i> Беловское (Бабанакровский 4) <i>Ерунаковский район:</i> участки Кыргайские (пласты Кыргайский – 38, 37, 32); месторождение Тагарышское (пласт Тагарышский 33, 28); месторождение Восточно-Караканское (пласты 18-21); месторождение Караканское (пласты 18, 20, 21, 24-27, 29); месторождения: Соколовское, Евтинское, Красулинское (пласт Кыргайский 30); поле шахты Ульяновской (пласты 50-53). <i>Ленинский район:</i> месторождения Егозовское (пласты Поджуринский 4, 6 и др.); Никитинское (пласты 2-7); поле ш/у Кольчугинское (пласты Надбайкаимский, Байкаимский, Меренковский); Южное замыкание Ленинской синклинали (пласты Польшаевские 1, 2; Байкаимский, Надбайкаимский и др.

Особенностью состава золы кузнецких углей, планируемых для рассматриваемой переработки, является высокое ($> 3 \leq 6\%$) по сравнению с золами углей других бассейнов содержание щелочных оксидов, в то время как наиболее предпочтительное значение этого показателя должно быть менее 3.

Наиболее полно и комплексно изучена пригодность *ленских углей* для гидрогенизации (месторождения Кангаласское, Хапчагайское, Джебарики-Хая) [5]. Из приморских углей исследовались гелиты Бикинского месторождения,

которые отличаются повышенной зольностью, низким показателем отражения витринита, величины которых менее предпочтительны для процесса ожижения (табл. 3).

Анализ современных данных по изучению качества углей *Иркутского бассейна* [2, 3] с целью оценки их пригодности для производства СЖТ позволяет сделать следующие выводы:

- по принадлежности к марочному составу (технологической группе) угли могут рассматриваться в качестве сырья для гидрогенизационной переработки;

- по зольности (A^d до 12%) наиболее предпочтительны угли Кармагайского, Владимиро-Забитуйского, Ишидейского, Азейского (разрез Азейский; участки Заазейские 2, 3; Юго-Западный), Ново-Метёлкинского (отдельные пласты) месторождений; угли Ишинского, Бозойского, Черемховского, Забитуйского, Ново-Черемховского, Мугунского, Тарасовского, Тулунского, Каранцайского, Ново-Метёлкинского более зольные по сравнению с выше отмеченными (A^d до 20 и более %);

- угли большей части перечисленных месторождений по петрографическому составу ($\sum OK < 20\%$) и количеству щелочных оксидов ($\sum R_2O < 6\%$) могут быть использованы для гидрогенизационного ожижения, однако по величине отношения оксидов каталитического и нейтрального действия ($K_p > 2$) они неблагоприятны для этого процесса;

- не имеется сведений о результатах экспериментального ожижения иркутских углей по методу ИГИ;

- по величине отношения $N/C_{ат}$, превышающей 0,6, угли пригодны для гидрогенизации;

- длиннопламенные угли Каранцайского месторождения, благоприятные для ожижения по ряду показателей, отличаются высокой сернистостью (S_t^d до 5,8%), последствия переработки которых необходимо учитывать в плане воздействия на окружающую среду (выброс соединений серы);

- комплексной и полной характеристики состава и качества иркутских углей, прогнозируемых по отдельным показателям для гидрогенизации по методу ИГИ, составить не представляется возможным, поэтому проблема их использования в качестве сырья для производства СЖТ подлежит дальнейшему исследованию и обсуждению.

Из-за отсутствия необходимых данных по качеству и экспериментальному ожижению затруднена оценка углей Минусинского и Тунгусского бассейнов, хотя ресурсы приемлемых для гидрогенизации марок углей огромны. Особый интерес представляют малозольные длиннопламенные и бурые угли Маймеча-Кутуйского, Анабаро-Попигайского, Восточного угленосных районов Тунгусского бассейна.

Помимо зольности угли районов отличаются приемлемыми для гидрогенизации величинами $\sum OK$, R_o , C_o^{daf} , H_o^{daf} [4].

Таблица 3

Качественная модель оценки пригодности углей Якутии и Приморья для получения СЖТ

Месторождение, пласт (марка, технологическая группа)	Показатели состава и качества угольных пластов месторождений (%)											Оценка пригодности
	Vt+L	Ro	V ^{daf}	C _o ^{daf}	H _o ^{daf}	H/C _{ar}	A ^d	S _t ^d	ΣR ₂ O	Кп	К	
Хапчагайское: Нижний (ЗБ)	65-95	0,44	45-47	65-86	>5	>0,8	>12	0,7	<3	<1	>0,5	+(A ^d)
Верхний (ЗБ)	53-91	0,42	48-50	73	>5	>0,8	>12	<1	<3	<1	0,6-8,0	+(A ^d)
Рудничный (ЗБ)	79-86	0,42	48-46	72	≤5	≤0,8	≤12	<1	3-6	<1	0,1-3,5	
VIII (ЗБ)	83-97	0,43	45-47	73	>5	>0,8	>12	<1	<3	≤1	3,0	+(A ^d)
X – XI (ЗБ)	80-82	0,44	44-45	73	5	>0,8	<12	<1	<3	>1	1,25-9,5	++
Кангаласское: (ЗБ) Верхний + Нижний	82	0,43	47	74	>5	0,9	>12	0,3	<3	<1	-	+(A ^d)
IX – X – XI (ЗБ)	78-100	0,46	46	75	<5	0,74	<12	0,25	<3	>1	0,5-3,2	++
VIII (ЗБ)	76-98	0,47	43	76	<5	0,73	<12	0,2	>3	>1	21,5	++
Верхний (ЗБ)	79-100	0,50	46-52	74	5	0,81	12	0,3	>3	<1	1,1-11,0	++
Нижний (ЗБ)	82-100	0,50	49-50	74	<5	0,83	>12	0,3	<3	<1	-	+(A ^d)
Джебарикки-Хая:												
d ₉ (Д)	66-98	0,56	41	78	>5	0,82	10	0,4	<3	<1	-	++
d ₁₀ (Д)	60-96	0,55	43	78	>5	0,86	7	0,3	<3	<1	-	++
Первый + Второй	90-94	0,60	40	77	>5	0,79	9	0,2	<3	<1	4,8	++
Бикинское (ЗБ)	92-99	0,37-0,40	56-59	≥65	>5	≥1	>20	<1	<3	<1	<0,5	-+(A ^d , V ^{daf})

Примечания.

++ Угли, наиболее пригодные для гидрогенизации

+ Угли, пригодные для гидрогенизации (в скобках – показатели, значения которых незначительно отличаются от требуемых).

–+ Угли, менее пригодные для гидрогенизации (в скобках – показатели, значения которых отличаются от требуемых).

ΣR₂O = Na₂ + K₂O; Кп = (Fe₂O₃ + CaO + MgO + TiO₂ + SO₃) / (SiO₂ + Na₂ + K₂O); К = (Co • Ni) / (Ga • V).

Таким образом, оценивая угольную сырьевую базу производства жидкого топлива России, необходимо отметить:

– в зависимости от степени изученности и результатов экспериментальных исследований по гидрогенизации углей можно констатировать наличие их запасов и ресурсов для рассматриваемой переработки (например, для углей Канско-Ачинского, Кузнецкого бассейнов) или предполагать возможность использования углей для ожижения;

– из анализа степени пригодности для гидрогенизационной переработки различных угольных пластов Кузнецкого, Канско-Ачинского бассейнов следует, что только на базе обобщенных сведений о качестве и составе углей месторождения в целом не корректно судить о его перспективах в рассматриваемом аспекте;

– несмотря на доказанность и обоснованность пригодности углей различных отечественных угольных бассейнов для производства жидких топлив, качество их как сырья для указанной цели не регламентировано специальными требованиями.

Библиографический список

1. **Еремин И. В., Броневец Т. М.** Марочный состав углей и их рациональное использование: Справочник. М.: Недра, 1994. 254 с.
2. **Минерально-сырьевая** база угольной промышленности России. В 2-х томах. М.: Изд-во Московского горного университета, 1999. 648 с.
3. **Угольная** база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Красноярский край, Канско-Ачинский бассейн, Республика Хакасия, Минусинский бассейн, Республика Тыва, Улугхемский бассейн и др. месторождения; Иркутская область, Иркутский бассейн и угольные месторождения Предбайкалья). М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 448 с.
4. **Угольная** база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 493 с.
5. **Хрусталева Г. К.** Низкометаморфизованные угли Ленского бассейна – сырье для производства синтетических жидких видов топлива // Советская геология. 1991. № 7. С. 16-22.
6. **Хрусталева Г. К., Андрианова Т. П., Медведева Г. А., Квочкина Л. В., Уланов Н. Н.** Геологические аспекты производства жидких топлив из углей // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: Обзор / ЗАО «Геоинформмарк». М., 2001. 55 с.

А. К. Седых, Н. А. Нагорнова,
Дальневосточный гос. технический университет

УГЛИ ВОСТОКА РОССИИ, КАК ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Химико-технологическое направление использования угля, прежде всего, как заменителя нефти и горючего газа, уже в ближайшей перспективе будет востребовано человеческим сообществом. Это связано с интенсификацией отработки нефтяных и газовых месторождений, сроки эксплуатации которых значительно меньше, чем твердых полезных ископаемых.

Учитывая возрастающую роль Дальнего Востока в экономике стран Азиатско-Тихоокеанского региона и принимая во внимание выделяемые правительством конкретные финансовые вложения, направленные на освоение восточной окраины России, необходимо отчетливо представлять, каким потенциалом она располагает для развития химико-технологического направления использования углей.

Хорошо известно, что наиболее оптимальным сырьем для химико-технологического производства являются сапропелевые и липтобиолитовые угли либо гумусовые угли с высокими концентрациями липтинита. Сапропелевые угли установлены почти на всех угольных месторождениях Дальнего Востока (а их более 100), но в виде редких маломощных прослоев, не представляющих промышленного интереса. Единственная группа месторождений с «рабочими» параметрами пластов сапропелевых углей находится на севере Республики Саха (**Оленекский угленосный район Ленского бассейна**). Что же касается липтобиолитов и гумусовых углей с высокими содержаниями липтинита, то они установлены в центральной части Республики Саха (**Якутско-Кангаласский угленосный район Ленского бассейна**), в Приморье (**Раздольненский бассейн**) и в Приамурье (**Амуру-Зейский бассейн**).

Оленекский угленосный район примыкает к морю Лаптевых и дельте р. Лены. Группа месторождений сапропелево-гумусовых углей охватывает территорию нижнего течения р. Оленек и ее левого притока р. Чарчык в непосредственной близости от Оленекского залива. Пласты, линзы и прослои богхедов среди гумусового угля имеют мощности от 0,6 до 2,9 м и установлены на *Чарчыкском, Таймылырском, Уку-Суруктахском, Турахском* и *Лукумайском* месторождениях. Основная угленосность связана с укинской свитой (альб), реже с огонер-юряхской (апт). Угли каменные (ДВ), малозольные. Содержание альгинита в богхедах – 70-85 %, липтинита – до 1 %. Качество сапропелитов наиболее полно изучено на Чарчыкском и Таймылырском месторождениях. Выход смолы составляет 62,9-72,0 %; полукокса – 18,7-32,0 %; газа – 8,0-11,5 %. Смолы содержат мало фенолов, имеют нейтральную реакцию и высокий выход легких фракций. В 1946-1948 гг. сапропелевые угли вышеназванных месторожде-

ний использовались для получения жидкого топлива на полузаводской установке. При сухой перегонке из них получали до 70 % смолы на органическую массу. При этом запасы богхедов Чарчыкского месторождения были почти полностью отработаны.

В настоящее время запасы угля на Таймыльском месторождении для отработки подземным способом составляют по категориям А + В + С₁ – 163 млн т, по категории С₂ – 160,1 млн т. Предполагаемые ресурсы угля на Уку-Суруктахском месторождении – 44,0 млн т. По остальным месторождениям сведений нет. Их изученность слабая [5]. Необходимо проведение оценочных работ на всей площади распространения сапропелевых углей Оленекского угленосного района.

Якутско-Кангаласский угленосный район находится в 45 км к северу от г. Якутска и объединяет большую группу месторождений. Наиболее хорошо изучены *Кангаласское*, *Хапчагайское* и *Кильдямское* месторождения, расположенные непосредственно вдоль бортов р. Лены. На Кангаласском месторождении действует угольный разрез, производственная мощность которого составляет 180-200 тыс. т угля в год.

Кангаласское месторождение расположено на левом берегу р. Лены и его угленосность связана с отложениями батыльхской свиты (берриассбаррем), содержащей 14 пластов угля с «рабочими» параметрами. Мощность пластов колеблется от 1,3 до 18,7 м. Иногда пласты сливаются, образуя угольные залежи мощностью до 24,0 м. Пласты преимущественно выдержанные и относительно выдержанные.

Геологическое строение месторождения простое. Угольные пласты залегают полого с падением на север под углами 1-3°. Разрывные нарушения отсутствуют. Вскрываемая часть угольного разреза расположена в зоне многолетней мерзлоты, мощность которой колеблется от 200 до 400 м, уменьшаясь до 30-100 м в долине р. Лены, где установлен сквозной талик. Подмерзлотные воды напорные, однако они не представляют опасности при отработке основных запасов угля открытым способом.

Южнее Кангаласского расположено *Кильдямское месторождение*. Его угленосные отложения представлены марыкчанской и бергеинской свитами (оксфордский-киммеридж-волжский ярусы) с пятью-восемью пластами угля мощностью от 1,2 до 11, 8 м. Пласты простого и сложного строения, выдержанные и относительно выдержанные.

Хапчагайское месторождение представляет собой продолжение угленосных батыльхской, марыкчанской и бергеинской свит на правом берегу р. Лены.

Угли всех месторождений гумусовые с преобладанием в мацеральном составе витринита (60-85 %). В качестве второстепенных присутствуют мацералы группы инертинита и липтинита. Количество последних по некоторым пластам достигает 40 %, а на Хапчагайском месторождении – 50-68 %. Липтинит представлен преимущественно резинитом, реже – кутинитом, споринитом, суберинитом и липтодетринитом. Поэтому среди гелитолитов активное участие при-

нимают гелито-резиты класса липоидолитов (особенно нижняя группа пластов Хапчагайского месторождения).

Угли месторождений среднезольные, малосернистые подгрупп 2БВ и 3БВ. При полукоксовании углей Кангаласского месторождения получен выход смолы в крайних значениях от 2,3 до 17,7 %, полукокса 58,4-68,2 %, газа 10,3-14,8 %. Угли пригодны для переработки в синтетическое жидкое топливо, 60 % органической массы угля превращается в жидкие и газообразные продукты. Угли пригодны также к биологической переработке в гумуссодержащую суспензию, которая содержит до 63 % гуминовых кислот и до 32 % воднорастворимых фракций.

Подготовленные запасы угля под открытую добычу на Кангаласском месторождении могут обеспечить работу нескольких крупных разрезов и составляют по категориям А+В+С₁ 3,5 млрд т. На Кильдямском месторождении запасы угля этих категорий составляют около 163 млн т, а на Хапчагайском – 428 млн т [5].

Якутско-Кангаласский угленосный район имеет особое значение для формирования в Центральной Якутии собственных производственных мощностей. С завершением строительства Алдано-Якутской железнодорожной магистрали будет налажена прямая связь с освоенным промышленностью югом Дальнего Востока.

Основные запасы угля сосредоточены на левобережье р. Лены. На правобережье (Хапчагайского месторождение) запасы угля под открытую добычу ограничены из-за значительной мощности (до 150 м) покровных палеоген-неогеновых отложений. Одна из основных проблем промышленного освоения рассматриваемого угленосного района, прежде всего, Кангаласского месторождения, заключается в том, что строящаяся железная дорога подходит к месторождениям правобережья р. Лены, а г. Якутск и Кангаласское месторождение расположены на левом берегу. Необходимо строительство железнодорожного моста через р. Лену, что в условиях развития многолетнемерзлых пород и значительной ширины реки потребует больших капитальных затрат и времени. Поэтому одним из основных вариантов проектного задания будет, вероятно, строительство на первом этапе Хапчагайского угольного разреза (правобережье р. Лены) с последующей модернизацией Кангаласского разреза.

Окончание строительства железной дороги, включая мост через р. Лену и железнодорожные ветки к Хапчагайскому и Кангаласскому месторождениям, потребует структурной перестройки и технологического перевооружения речного флота Республика Саха. Ввод в действие нескольких крупных угольных разрезов вызовет необходимость строительства крупной ТЭС, так как вывозить полностью весь добываемый уголь будет просто экономически нецелесообразно, да и вся задействованная транспортная инфраструктура (речная и железнодорожная) будет не в состоянии это сделать. Ввод в эксплуатацию крупной ТЭС потребует строительство электропотребляющих производств, прежде всего химико-технологического направления.

Каждый новый шаг в этом направлении приведет, с одной стороны, к увеличению численности населения, а с другой – к усилению техногенной нагрузки на природную среду и ее загрязнению с формированием взамен природных – техногенных ландшафтов, деградации толщи многолетнемерзлых пород, нарушению гидрологического режима р. Лены и ее притоков, ухудшению качества как надмерзлотных, так и подмерзлотных вод.

Деградирующее воздействие промышленных комплексов отрабатываемых месторождений на растительный и животный мир будет проявляться, прежде всего, в вырубке и угнетении окружающей растительности, вытеснении животных в более отдаленные места. В результате фотохимических реакций с окислами азота и углеводородами будет образовываться озон и различные кислоты, что приведет к выпадению кислотных дождей, формированию смога. Следствием этого будет загрязнение почв, усыхание лесов, утрата рыбных ресурсов, повышенная заболеваемость населения.

Поэтому необходима разработка конкретных мероприятий, направленных на минимизацию промышленного воздействия на природную среду путем применения передовых способов отработки угольных пластов с новейшими технологиями, утилизации отходов, неукоснительного грамотного и последовательного проведения рекультивации земель.

Раздольненский бассейн расположен на юге Приморья, наиболее обжитом и освоенном промышленностью. Он включает в себя несколько месторождений рабдописсито-гумусовых углей: *Липовецкое, Ильичевское, Константиновское* и *Алексее-Никольское*. Эксплуатационные работы ведутся в основном на наиболее изученном Липовецком месторождении уже около ста лет, а уголь используется как энергетическое топливо. В настоящее время на месторождении работает эксплуатационный уклон и угольный разрез с общей мощностью около 500 тыс. т угля в год.

Угленосными на месторождениях являются отложения верхней подсвиты липовецкой свиты (апт). Установлены три группы угольных пластов (снизу вверх) – Рабочая, Средняя и Верхняя. Все они сложного строения и представлены переслаиванием пластов углей различного петрографического состава и невыдержанной мощности с породными прослоями. Общее количество пачек угля и породных прослоев в группе колеблется от 3-15 до 40-47. Мощность угленосной подсвиты меняется от 30 до 120 м, а крайние значения выемочных мощностей пластов – от 1 до 7 м.

Угленосные отложения нижнемелового возраста залегают с резким несогласием на фундаменте, сложенном преимущественно средне- и позднепалеозойскими гранитоидами. Преобладающие углы падения угольных пластов – $10-30^{\circ}$, однако на выходах и вблизи крупных разрывов они увеличиваются до 45° . Угленосные отложения разбиты сбросами и сбросо-сдвигами на крупные тектонические блоки с относительными вертикальными смещениями между собой до 200 м и горизонтальными до 5 км. Внутри крупных блоков, по данным горных работ, установлены локальные ослабленные зоны мелкоамплитудной тектоники с вертикальными амплитудами смещения до 5 м типа сбросов, реже – взбросов.

Угленосные отложения в отдельных случаях прорываются некками, дайками и силлами андезито-дацитового состава верхнемелового возраста.

Угли месторождений бассейна отличаются повышенным содержанием резинита и выделяются в виде трех разновидностей: гумусовые, рабдописсито-гумусовые и рабдописситовые. Они содержат витринита 1-90 % (в среднем 45), инертинита 1-70 % (в среднем 20), липтинита 1-85 % (в среднем 35). Мацералы группы липтинита представляют наибольший интерес, так как именно они обуславливают уникальные химико-технологические свойства углей. Преимущественно распространен резинит (смоляные тела) – до 80 %. Это мелкие и крупные включения разнообразной формы (овальной или неправильной, удлиненной) и цвета от бледно-желтого до оранжевого. Характер их сохранности меняется от чистых бледноокрашенных зерен до пористых, сетчатых, густоокрашенных, с большим количеством трещин и бороздок. Значительно меньше в углях кутинита, споринита и липтодетринита.

Угли месторождений каменные марки Д класса гелитолитов, фюзенолитов, микстогумолитов и липоидолитов. Угли средне-высокозольные (22-35 %), малосернистые (0,18-0,3 %), высококалорийные (низшая теплота сгорания рабочего топлива 19-21 МДж/кг, высшая до 33 МДж/кг), влажность рабочего топлива 3-7 %. Угли труднообогатимые. Рабдописситы отличаются повышенным содержанием водорода (до 7,6 %), наиболее высоким выходом летучих веществ (до 72,4 %) и удельной теплоты сгорания (до 35 МДж/кг) [4].

Рабдописситы Раздольненского бассейна неоднократно обращали на себя внимание как сырье для получения жидкого топлива и других продуктов углехимии. При полукоксовании они дают от 17 до 30 % смолы в расчете на горючую массу. На этих углях работал опытный завод, где перегонке на жидкое топливо и масло подвергался рядовой уголь. Работала установка по полукоксованию угля. Из углей получали бензин, керосин, пек, парафиновое масло, отопительный газ, деготь, феноляты. Из последних – черную карболку, крезот и лизол.

Кроме промышленного нетопливного использования углей бассейна известны случаи термической переработки угля в пилотных и опытно-промышленных установках. Жидкие продукты опытных переработок угля использовались для получения и испытания различных материалов: полимерных, антикоррозионных, электро- и гидроизоляционных, а также химических препаратов. Был разработан оригинальный способ применения рабдописситов для получения пластмасс и резино-технических изделий. В лабораторных условиях получены и испытаны образцы втулок, тормозных колодок, изоляторов и других материалов [2, 4].

При обогащении гумусовая составляющая раздольненских углей как более хрупкая измельчается и переходит в мелкие классы. Она может использоваться как энергетическое топливо для пылевидного сжигания. Наиболее крупные разности состоят из рабдописситовых углей.

На основании анализа данных предшествующих работ рекомендуются в качестве приоритетных следующие виды химико-технологического примене-

ния рабдописситов: *полукоксование, термическое растворение и окисление*. При этом из углей можно получить:

– полукоккс, бензино-легроин, деготь, керосин, парафиновое масло, феноляты, крезот, лизол и пек;

– эмали, мастики, пластмассы, поверхностно-активные вещества, гидро-тепло-электроизоляционные и отделочные материалы, спекающиеся добавки, керамические изделия, дорожные покрытия;

– меллитовую и адипиновую кислоту [4].

Необходимо особо подчеркнуть, что рассматриваемый бассейн распространения рабдописситовых углей по масштабам проявления – крупнейший в мире. Его значительная часть (около 90 %) находится на территории Приморья, а оставшаяся – Китая. Специальных работ по разведке и геолого-экономической оценке липтобиолитов как химического сырья не проводилось. Раздольненский бассейн рассматривался и использовался как источник энергетических углей. Разведывались участки и шахтные поля в основном Ильичевского и Липовецкого месторождений, на которых в настоящее время подготовлено общих запасов угля категорий А + В + С₁ около 70 млн т и категории С₂ – 235 млн т. Общее количество запасов и ресурсов рабдописсито-гумусовых углей бассейн оценивается в 988 млн т, из которых 477 млн т – это угли, пригодные для химико-технологического производства, что позволяет относить бассейн к уникальному по ресурсам и запасам химического сырья.

При дальнейшем освоении месторождений бассейна основные экологические проблемы будут обусловлены формированием техногенных ландшафтов и как следствие нарушением почвенного покрова, загрязнением поверхностных и подземных вод, приземной атмосферы. Значительное отрицательное воздействие будет связано с нарушением гидрогеологического режима и формированием депрессионной воронки.

Наиболее рациональным является комплексное освоение месторождений (энергетическое топливо и химическое сырье) с широким использованием природоохранных мероприятий при постоянно действующем горно-экологическом мониторинге.

Амуро-Зейский бассейн расположен в междуречье Амура и Зеи и включает четыре основных месторождения с угленосной бузулинской свитой (нижний – средний миоцен) – *Сергеевское, Ерковецкое, Свободное и Тыгдинское*. Пласты угля бузулинской свиты пока не отрабатываются, но наиболее изученным и подготовленным для комплексного освоения является Свободное месторождение. Оно расположено в 15 км к юго-западу от Транссибирской железнодорожной магистрали между городами Свободный и Шимановск. На месторождении развита островная многолетняя мерзлота.

Угленосная бузулинская свита Свободного месторождения залегает с размывом на древних образованиях протерозоя и палеозоя. Свита содержит 10 пластов и пропластков угля, верхние из которых сливаются на севере в единую угольную залежь мощностью около 20 м при общей мощности свиты 90 м. Залежь индексируется как пласт II, от которого в юго-восточном направлении

отщепляются три угольных пласта. Мощность залежи уменьшается от бифуркации до 2,6 – 3,9 м. Ее строение в основном простое. Породными прослоями мощностью до 1,4 м она разделена на 2-3 пачки угля.

Угли содержат прослои и линзы лигнита мощностью до 10 см. В мацеральном составе углей преобладает гуминит с подчиненным значением инертинита и липтинита. Угли класса гелитолитов составляют 47 %, сапрогелитолита – 33 % и микстогумолита – 20 %.

Особый интерес представляют липоидолиты, залегающие среди гелитолитов. Их суммарное среднее содержание изменяется сверху вниз от 31,2 до 35,5 %, а мощность пачек липоидолитов от 0,2 до 1,8 м. Наибольшее участие (до 75 %) липоидолиты принимают в сложении пласта II центральной части месторождения, где мощность их прослоев достигает 7,5 м в средней и верхней частях угольного пласта.

Липоидолиты на 50-75 % сложены желтой бесструктурной или слабоструктурной основной массой, условно относимой к липоидодесмиту и в меньшей (25-50 %) – к гелифицированным мацералам. Липоидолиты отличаются от других типов углей малой зольностью (12,5 %), повышенным выходом летучих веществ и повышенной теплотворной способностью. В них высоки битуминозность, выход смол и воска. Угли плотные и вязкие, имеют преобладающий светло-коричневый цвет [1].

В целом угли Свободного месторождения средnezольные (18,3 %), малосернистые (0,2 %), с низкой теплотой сгорания рабочего топлива (8,4 МДж/кг). Среднее содержание углерода 67 %, водорода – около 6 %. Угли отнесены к технологической группе 1Б из-за высоких значений влаги рабочего топлива (53,4 %) [4].

Угли месторождения характеризуются высоким выходом первичного дегтя (смолы) – 29,8 %. Содержание смол убывает от верхних пластов к нижним (до 13 %). Выход полукокса, обладающего высокой пористостью и реакционной способностью на аналитическую массу, достигает 62,8 %. Угли обладают высоким химическим потенциалом (выход смолы при полукоксовании в реторте составляет 16,8 % на горючую массу, а выход газа на аналитическую массу – 24,5 %). При термической переработке углей с твердым теплоносителем в условиях высокоскоростного процесса из тонны сухого угля получено: 440 – 478 кг полукокса; 374 – 412 мм³ газа; химические продукты (бензол, ксилол, нафталин, низкокипящие фенолы), растворители, технические масла, пек в количестве 52 – 85 кг. Все они характеризуются низким содержанием серы (0,1 – 0,3 %), что значительно упрощает их последующую переработку.

Свободненские угли имеют высокое содержание битумов (13,2 – 14,8 %). При их экстрагировании установлено значительное содержание восков (52,8 – 73,3 %). В зависимости от природы растворителя получена восковая фракция, содержащая 99,15 % воска при выходе на сухой уголь 3,78 %, что свидетельствует о целесообразности производства воска из этих углей. Угли обладают также высоким выходом гуминовых кислот, достигающим 68,1 % [3].

Таким образом, угли Свободного месторождения можно рассматривать в качестве сырья для получения высококалорийного полукокса, газа, смол, газового бензина и ценных продуктов химической переработки – бензола, нафталина, толуола, ксилолов, фенола, крезола, ксиленолов и др., а также для получения горного воска, гуминовых удобрений и стимуляторов роста сельскохозяйственных культур.

Общие балансовые запасы углей Свободного месторождения по категориям А + В + С₁ составляют 1,69 млрд т, из них подготовлено для открытой добычи 876 млн т с глубиной залегания пластов 20 – 100 м и средним объемным коэффициентом вскрыши около 5 м³/т. Из подготовленных к открытой добыче углей одна треть – это угли, являющиеся химическим сырьем, а 20 % - угли с высоким содержанием гуминовых кислот [4].

Промышленное освоение Свободного месторождения будет осуществляться путем строительства и эксплуатации мощных угольных разрезов, ТЭС, брикетной фабрики, предприятий углехимии. Все это окажет серьезное негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому необходима разработка и выполнение целого комплекса мероприятий, направленных на сведение к минимуму техногенных последствий на горный массив, гидро-, био- и атмосферу.

Из выделенных четырех угленосных районов Востока России, содержащих на месторождениях пласты углей, пригодных для химико-технологического производства, исходя из их географического положения, сложности геологического строения угольных месторождений, их разведанности, степени изученности качественных и технологических свойств углей и в целом экономической целесообразности, предполагается следующая последовательность их промышленного освоения: **первоочередные объекты** – *Свободное* месторождение в Приамурье и *Липовецкое* – в Приморье; **объекты ближайшей перспективы** – *Кангаласское* и *Ханчагайское* месторождения Центральной Якутии. Месторождения сапропелевых углей *Оленекского угленосного района* ввиду их недостаточной изученности, удаленности и очень слабой заселенности с отсутствием промышленного производства отнесены к объектам далекой перспективы.

Библиографический список

1. **Крапивенцева В. В., Китаев И. В.** Битуминозные угли Приамурья и Восточного Китая // Проблемы угольной геологии Востока СССР. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 52-66.
2. **Мизь Н. Г., Старовойтов В. Е.** Химико-технологическое использование углей Приморья // Там же. С. 48-51.
3. **Сорокин А. П., Головкова И. Г., Артеменко Т. В.** Комплексное использование бурых углей Верхнего Приамурья // Там же. С. 67-70.
4. **Угольная база России.** Том V, книга первая. М.: Геоинформмарк, 1997. 371 с. (С. 21-54, 328-336).
5. **Угольная база России.** Том V, книга вторая. М.: Геоинформмарк, 1999. 638 с. (С. 143-169, 226-233).

О. А. Куш, И. В. Филатова,
Донецкий национальный технический университет

ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРОК УГЛЕЙ ДОНБАССА

Одним из основных критериев прогноза направления промышленного использования углей является марка, которая отражает комплекс определенных технологических свойств, на которых сказываются в совокупности как степень метаморфизма, так и вещественный состав углей [7].

В статье рассмотрены два направления подготовки исходной информации для определения марочного состава углей Донбасса. Первое направление включает анализ использования качественных показателей марочного состава угля, второе – применение методов геометризации качественных показателей угольных месторождений, которые позволяют извлекать из геологоразведочных данных информацию о качестве углей, заключенных в углевмещающей толще без увеличения объемов геологоразведочного бурения.

Наиболее сложной частью при определении марочного состава угля является выбор минимального, но достаточного числа показателей, которые обеспечивают возможность и целесообразность применения углей в отраслях промышленности Украины.

Исходная информация собирается в полном объеме из дел разведочных скважин и по результатам опробования в горных выработках.

Анализ материалов показал, что опробование проводится в отдельных точках, в которых фиксируются основные показатели угля, но между разведочными линиями остаются неразведанные участки, представляющие собой зоны неопределенности. Результаты опробования пласта геологоразведочными скважинами следует рассматривать как систему неравномерно расположенных данных, в которой имеются окна пропуска информации и неравенство покрытия данными опробования по пачкам и прослойкам.

Например, по данным разведки на площади первоочередной отработки пласта k_5^1 по шахте «Никанор-Новый» для построения топографических поверхностей используются данные 21 скважины. Структура пласта меняется от простого строения до сложного пятипачечного строения. Определение зольности и содержания серы выполнено в основном для нижней пачки (табл. 1).

Анализ материалов опробования показал значительную разницу в количестве классификационных показателей опробования на площадях шахтопластов, которая обусловлена тем, что геологоразведочные работы проводятся со значительным разрывом во времени. Показатели марочного состава углей, используемые в промышленных классификациях в течение последних пятидесяти лет, изменялись несколько раз (табл. 2).

Таблица 1

Показатели опробования пласта k_5^1 шахты «Никанор-Новый»

Номер пачки	Мощность пачки, м				Зольность, %				Сера, %			
	количество подсечений	минимальная	максимальная	средняя	количество проб	минимальная	максимальная	средняя	количество проб	минимальная	максимальная	средняя
5	19	0,00	0,40	0,21	5	19,4	47,2	32,6	2	2,2	2,4	2,3
4	4	0,00	од о	0,01	3	72,6	83,1	77,9	-	-	-	-
3	4	0,00	0,12	0,02	2	21,4	52,5	37,0	1	-	-	5,0
2	13	0,00	0,30	0,07	3	66,0	72,1	69,4	-	-	-	-
1	21	0,35	0,85	0,57	21	9,4	23,8	16,0	20	1,2	9,3	3,1

Таблица 2

Классификационные показатели марочного состава каменных углей Донбасса

Нормативный документ	Классификационные показатели						
	средний показатель отражения витринита R_o , %	выход летучих веществ V^{daf} , %	толщина пластического слоя y , мм	индекс Рога RI , ед	теплота сгорания Q^{daf} , МДж/кг	количество марок угля	наличие технологических групп
До 1956 года	-	+	+	-	-	7	-
ГОСТ 8180-56	-	+	+	-	+	9	+
ГОСТ 8180-75	+	+	+	+	+	8	+
ГОСТ 25543-88	+	+	+	+	+	13	-
ДСТУ 3472-96	+	+	+	+	+	8	-

Для определения марочной принадлежности каменных углей в бассейновых классификациях долгое время использовались два основных классификационных параметра - выход летучих веществ V^{daf} (%) и толщина пластического слоя y (мм), что подтверждается данными табл. 1.

Значение V^{daf} при прогнозе выхода кокса и химических продуктов коксования подтверждается многолетней практикой [4, 5, 7]. Это обстоятельство подтверждается тем, что промышленные классификации стран мира основываются на данном показателе. К достоинствам показателя выхода летучих ве-

ществ относятся простота, быстрота и достоверность его определения, недостатками является то, что его значения искажаются зольностью.

Выход летучих веществ в пересчете на органическую массу тесно связан с толщиной пластического слоя y . Определение выхода летучих веществ и пластометрических показателей не лимитируется.

До настоящего времени отражательная способность витринита определяется в воздухе (R_a^n) и используется для подтверждения степени метаморфизма. Начиная с 1983 года средний показатель отражения витринита R_0 (%) используется как классификационный показатель марки, но его применение в промышленных классификациях затрудняется недостаточной точностью его определения. Замеры в воздушной среде отличаются большей простотой, но замеры в иммерсионном масле дают более точные данные, так как производятся при больших увеличениях микроскопа, поэтому количество проб с данной характеристикой незначительно. На основании данных, приведенных в работе [17], для пересчета R_a^n в R_0 получена зависимость

$$R_0 = 0,0507 \cdot (R_a^n)^2 + 0,5025 R_a^n + 1,5309, \quad (1)$$

где R_0 – средний показатель отражения витринита, определяемый в иммерсионном масле;

R_a^n – показатель, определенный в воздушной среде.

Коэффициент корреляции $\rho = 0,9991$, что свидетельствует о хорошей функциональной зависимости. Пересчет показателя из R_a^n в R_0 обусловлен тем, что в действующем ДСТУ 3472-96 [2] применяется средний показатель отражения витринита R_0 .

Точность определения среднего показателя отражения витринита R_0 для каменных углей колеблется в пределах 0,06-0,12 % при диапазоне изменения значений данного параметра 0,10-0,20 %.

Кроме того, R_0 не является полностью независимым показателем. Его определение не свободно от влияния петрографического состава и степени восстановления углей. Маловосстановленные угли имеют более высокие значения R_0 по сравнению с восстановленными.

Отсутствие анализов среднего показателя отражения витринита в комплексах прошлых лет компенсируется использованием расчетных значений по корреляционным связям с традиционными показателями. Расчет среднего показателя отражения витринита R_0 производится по уравнениям связи [4]:

– для каменных углей производится по выходу летучих веществ:

$$R_0 = 2,295 - 0,039 \cdot V^{daf}; \quad (2)$$

– для антрацитов по выходу летучих веществ и удельному электросопротивлению и плотности органического вещества:

$$R_0 = 6,735 - 0,013 \cdot V^{daf}, \quad (3)$$

$$R_0 = 7,692 + 7,908 \cdot \lg \rho. \quad (4)$$

Анализ данных, которые получены по керновому опробованию и пробам, отобраным в шахте, и вычисленных аналитическим методом для 23 шахтопластов различных шахт Донбасса, показал, что значения среднего показателя отражения витринита R_0 совпадают в пределах точности определений.

ГОСТ 8180-56 в качестве классификационного показателя вводится теплота сгорания Q_s^{daf} (МДж/кг), отражающая степень метаморфизма, элементарный состав и генетический тип углей. Теплота сгорания используется для сопоставления марок между собой и является классификационным показателем слабометаморфизованных и окисленных углей.

Индекс Рога RI (%) характеризует способность угля образовывать спекшийся кокс различной прочности при коксовании. Индекс Рога используется в промышленных классификациях начиная с 1975 года и дает хорошие результаты при исследованиях углей марок ОС и Т.

С 1996 года (ДСТУ 3472-96), в соответствии с единой классификацией углей Украины [2] по степени метаморфизма и технологическим свойствам, основными классификационными параметрами марки угля являются средний показатель отражения витринита R_0 , выход летучих веществ V^{daf} , толщина пластического слоя y , индекс Рога RI и теплота сгорания Q_s^{daf} . Согласно [2], выделяют девять марок углей: бурые (Б), длиннопламенные (Д), длиннопламенные газовые (ДГ), газовые (Г), жирные (Ж), коксовые (К), отошенные спекающиеся (ОС), тощие (Т) и антрациты (А).

Определяющим фактором в формировании свойств углей Донбасса является степень их восстановленности. При близких значениях среднего показателя отражения витринита и петрографического состава угли Донбасса разной степени восстановленности обладают резко различными технологическими свойствами. В качестве примера углей с низкой степенью восстановленности приведены показатели по пласту d_4 участка «Красноармейский Западный № 2-3». Так, толщина пластического слоя для данного пласта колеблется в пределах от 0 до 25 мм, выход летучих веществ – 15,5-36,8 %, средний показатель отражения витринита – 1,00-2,12 %, теплота сгорания Q_s^{daf} – 34,1-36,6 МДж/кг.

Анализ материалов ПО «Укруглегеология», данных кернового опробования по скважинам и проб в горных выработках различных шахт Донбасса, выполненный по сорока одному шахтному пласту, показывает, что наиболее широко в промышленных классификациях углей используется выход летучих веществ V^{daf} .

Например, по шахте им. В. Н. Бажанова: всего пластопересечений по восьми пластам – 1345, из них показатель V^{daf} определен по 1344 пластопересечениям, y – по 1118 пластопересечениям, R_0 – 719 пластопересечениям; по шахте «Ясиновская Глубокая»: всего пластопересечений по 11 пластам – 910, из них показатель V^{daf} определен по 904 пластопересечениям, y – 450 пластопересечениям, R_0 – 160 пластопересечениям, RI – 155 пластопересечениям.

По результатам подготовки данных создается база данных, которая включает основные характеристики: номер скважины или точки опробования, плановые координаты, отметку поверхности, отметку пересечения скважины с пластом, результаты лабораторных исследований.

Для определения марки угля база данных формируется по результатам морфологического анализа пачек угля и породных прослоев и классификационным показателям (среднему показателю отражения витринита R_0 (%), выходу

летучих веществ V^{daf} (%), толщине пластического слоя y (мм), индексу Рога RI (ед.) и теплоте сгорания Q_s^{daf} (МДж/кг)). Для коксующихся углей вводятся показатели содержания серы (S_1^{d}) и пластово-промышленная зольность (A^{d}). Этот этап подготовки исходной информационной базы является важным и трудоемким.

В представленной работе выполнены исследования качественных показателей на примере пластов $l_1^{1\text{e}+\text{h}}$ и $l_1^{1\text{e}}$ шахтоучастка «Свято-Владимировский». База данных показателей опробования пластов сформирована на основании данных сопоставительных разрезов.

Анализ данных литолого-стратиграфического разреза части свиты C_2^6 среднего отдела карбона выполнен по пластам $l_1^{1\text{e}+\text{h}}$ и $l_1^{1\text{e}}$ шахтоучастка «Свято-Владимировский». Пласт $l_1^{1\text{e}+\text{h}}$ имеет сложное строение, пласт $l_1^{1\text{e}}$ – простое и сложное строение.

В качестве минимальной единицы анализа литолого-стратиграфического разреза принят слой, под который рассматривается угольная пачка или породный прослой.

В результате анализа литолого-стратиграфического разреза определен последовательный порядок расположения слоев базы данных структуры пластов, приведенный ниже:

1-й слой по всем трем скважинам (1889, С-106 и 1887) представлен угольной пачкой мощностью 0,20 м (пласт $l_1^{1\text{e}}$);

2-й слой – аргиллитом мощностью 2,97 м (по данным скважины 1889);

3-й слой – алевролитом песчаным мощностью 4,16 м (по данным скважин С-106 и 1887);

4-й слой – угольным пластом $l_1^{1\text{h}}$ переменной мощности (по скважине 1889 – мощность угля 0,45 м; скважине С-106 – 0,30 м; скважине 1887 – 0,29 м);

5-й слой – аргиллитом мощностью 5,79 м, по данным скважины 1889, и мощностью 1,39 м, – по данным скважины 1887;

6-й слой представлен алевролитом песчаным переменной мощности от 3,81 по скважине 1889 до 22,02 м по скважине С-106;

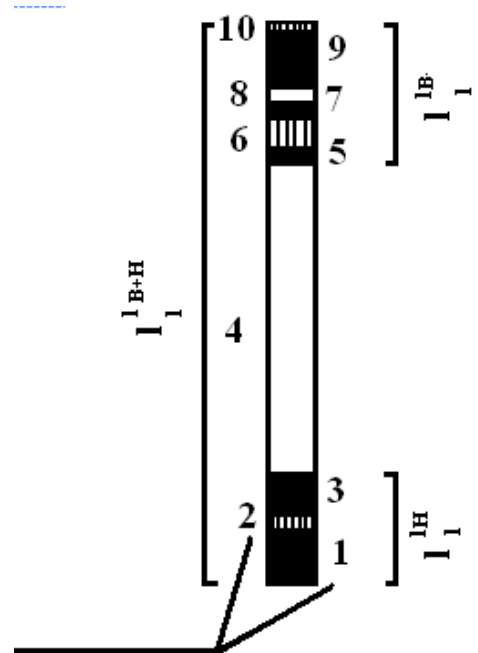
7-й слой – песчаником мощностью 2,87 м (по данным скважины 1887);

8-й слой – угольной пачкой пласта $l_1^{1\text{e}}$;

9-й слой – алевролитом песчаным;

10-й слой – угольной пачкой пласта $l_1^{1\text{e}}$.

База данных показателей опробования пласта, полученная на основании полного анализа литолого-стратиграфических разрезов по пластам $l_1^{1\text{e}+\text{h}}$ и $l_1^{1\text{e}}$ шахтоучастка «Свято-Владимировский», состоит из десяти слоев информации, в точках пластопересечений количество пачек и прослоев не превышает шести (см. рисунок).



Номера пачек в информационной базе

Схема модели структуры пласта

По результатам анализа литолого-стратиграфического разреза формируется исходная база данных показателей опробования. По материалам исходной базы данных и опробования и модели структуры пласта (см. рисунок) формируется сводная база данных опробования, приведенная в табл. 3.

Таблица 3
Сводная база данных опробования по пластам l_1^{16+n} и l_1^{16} шахтоучастка «Свято-Владимировский»

Слой	Показатель	Количество проб	Уровень информативности, %	Значение			Коэф. вариации, %
				мин	макс	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	m	106	—	0,09	0,66	0,46	17,8
	A^d	51	48,1	7,1	25,5	15,1	34,9
	S_i^d	48	45,3	1,1	10,3	3,1	64,7
	V^{daf}	45	42,5	5,5	11,5	7,1	18,3
2	m	5	—	0,03	0,20	0,13	53,7
	A^d	2	40,0	49,6	78,0	63,8	31,5
3	m	2	—	0,22	0,42	0,32	44,2
	A^d	1	50,0	—	—	16,7	—
4	m	108	—	0,15	19,9	2,39	168,3
	A^d	29	26,8	61,2	88,0	79,1	8,9

1	2	3	4	5	6	7	8
5	m	27	–	0,10	0,39	0,16	44,4
	A^d	17	63,0	19,0	42,5	31,9	22,5
	S_i^d	15	55,6	1,5	7,4	3,1	42,1
	V^{daf}	12	44,4	3,7	11,1	7,5	26,2
6	m	48	–	0,02	0,58	0,20	62,1
	A^d	27	56,3	46,6	75,0	57,1	13,8
7	m	2	–	0,10	0,22	0,16	53,1
	A^d	1	50,0	–	–	21,1	–
	S_i^d	2	100,0	2,9	7,1	5,0	59,4
	V^{daf}	2	100,0	6,7	10,9	8,8	33,8
8	m	6	–	0,03	0,30	0,14	69,4
	A^d	5	83,3	52,7	80,2	68,1	18,3
9	m	122	–	0,10	0,88	0,45	33,0
	A^d	65	53,3	5,4	41,7	19,3	31,5
	S_i^d	58	47,5	1,3	8,9	4,2	34,0
	V^{daf}	54	44,2	4,9	11,4	7,3	15,9
10	m	3	–	0,05	0,20	0,10	86,6

Литолого-стратиграфический анализ показал, что по пластам l_1^{1g+n} и l_1^{1g} шахтоучастка «Свято-Владимировский» наблюдается неравномерное размещение показателей опробования.

Для определения недостающих показателей разработана структура экспертной оценки показателей марок угля, приведенная в табл. 4. Ее характеристиками выступают количество проб и изменчивость классификационного показателя.

Группировка по количеству проб проведена в соответствии с рекомендациями работ [4, 5, 7, 8, 13, 14]. Выборки объемом $n < 10-30$ считаются малыми, а выборки объемом свыше 30 проб – большими.

Наиболее сложной частью задачи определения марочного состава угля является выбор критерия изменчивости исходных данных для принятия решения по выбору типа поверхности разграничения.

В этом качестве использован коэффициент вариации с граничной характеристикой 20 %, что подтверждено выводами работ [10, 13] и практическими исследованиями, выполненными для различных качественных показателей по восьми шахтам. Такой же граничный критерий используется в работе [11] для оценки средних значений мощности пласта в очистных забоях. Оценка средних значений производится крайгином и по критерию Аббе.

Структура формирования рекомендаций при экспертной оценке

Количество проб	Коэффициент вариации, %	Разброс значений	Рекомендации экспертной оценки	
			до определения тренда	после определения тренда
Менее 10	До 20		Достаточно среднего	
	Более 20		Возможно среднее	
10-30	До 20	В пределах одной марки	Достаточно среднего	
		Более одной марки	Выбор типа поверхности тренда	Выбор другого типа поверхности тренда Дигитализация границы
	Более 20	В пределах одной марки	Достаточно среднего	
		Более одной марки	Выбор типа поверхности тренда	Выбор другого типа поверхности тренда Дигитализация границы
Больше 30	До 20	В пределах одной марки	Достаточно среднего	
		Более одной марки	Выбор типа поверхности тренда	Выбор другого типа поверхности тренда Дигитализация границы
	Более 20	В пределах одной марки	Достаточно среднего	
		Более одной марки	Выбор типа поверхности тренда	Выбор другого типа поверхности тренда Дигитализация границы

При оценке изменчивости по коэффициенту вариации от поверхности разграничения меняется классическое его определение. В этом случае отражается не отклонение параметра от среднего, а его изменение между конкретными определениями и поверхностью тренда относительно среднего значения.

В процессе оценки разброса значений проявляется парадокс Берксона [1]. Парадокс выявлен для шахтных полей больших размеров со значительным количеством проб (обычно больше 200). Суть эффекта (парадокса) Берксона заключается в том, что при проверке статистических гипотез для больших выборок принимается заведомо неправильное решение. Чтобы избежать этого явления при больших объемах выборок, рекомендовано уменьшать при проверке гипотез уровень значимости p . Так, например, при оценке по критерию Аббе для выборок объемом 100 уровень значимости $p = 0,05$. При выборках свыше 200 принимаем $p = 0,01$.

Применительно к экспертной оценке марочного состава углей по коэффициенту вариации 20 % производится построение поверхности разграничения.

В качестве примера определения недостающих качественных показателей рассмотрим 1-й слой. Количество проб, в которых определен выход летучих веществ, равно 45. Согласно работе [2], разброс значений V^{daf} находится в пределах двух марок А и Т ($V_{min}^{daf} = 5,5\%$ и $V_{max}^{daf} = 11,5\%$). Коэффициент вариации равен 18,3 %. Таким образом, для определения недостающих показателей (по 61 скважине) необходимо построение топографической поверхности.

Количество проб с определенным показателем серы S_t^d составляет 48, и коэффициент вариации 64,7 %, для точек с определенным показателем пластово-промышленной зольности A^d количество проб 51 и коэффициент вариации равен 34,9 %. Для определения недостающих показателей серы S_t^d для 58 скважин и пластово-промышленной зольности A^d для 55 скважин необходимо построение топографической поверхности.

Аналогичным образом анализируем остальные слои. По слоям 2-4, 6 и 10 выход летучих веществ не определен. Для определения недостающих показателей по слою 9 для 65 скважин – построение топографической поверхности, а по слою 7 значения для 15 скважин определяются по среднему значению.

Построение изолиний распределений качественных показателей выполнено методом крайгинга [3, 9]. Для скрытых поверхностей определение структурных элементов возможно со степенью достоверности, и их изображение менее точно. Рекомендовано использовать при определении недостающих показателей шаг сетки 50 м. По результатам определения недостающих показателей формируется база данных, в которую заносятся определенные недостающие показатели.

Для точек, в которых значения показателей были определены лабораторным способом и расчетным, выполнен расчет средних квадратических отклонений значений, которые составили 0,03 %. Полученное среднее квадратическое отклонение меньше предельно допустимого расхождения, получаемого при внешнем контроле ($0,03 \leq 0,5$) [5, 6].

Интегральные значения показателей в точках пластопересечений и опробования в горных выработках определяются одним из методов определения средних значений: арифметическим простым и взвешенным средним, гармоническим.

Выводы

1. Наиболее широко в промышленных классификациях углей используется выход летучих веществ V^{daf} .

2. База данных показателей опробования пласта формируется на основании полного анализа литолого-стратиграфических разрезов. По данным анализа формируется модель структуры пласта и сводная база данных опробования пласта.

3. Минимальное количество данных опробования, необходимых для построения топографических поверхностей, определяется в зависимости от характера распределения показателя. В качестве критерия оценки изменчивости ре-

комендовано использовать коэффициент вариации.

4. Для определения недостающих показателей разработана структура экспертной оценки показателей марок угля, основу которой составляют количество проб, коэффициент вариации, разброс значений. По результатам анализа выдается рекомендация экспертной оценки.

5. Средние квадратические отклонения значений составляют 0,03 %, что меньше предельно допустимого расхождения, получаемого при внешнем контроле ($0,03 \leq 0,5$).

Библиографический список

1. Вистелиус А. Б. Основы математической геологии (определение предмета, изложение аппарата). Л.: Наука, 1980. 389 с.

2. ДСТУ 3472-96. Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація: Держстандарт України. Київ, 1997. 5 с.

3. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. В 2 кн. М.: Недра, 1990. Кн.2. 427 с.: ил.

4. Кирюков В. В., Дмитриев А. М., Очкур Н. П. Геолого-промышленная оценка угольных месторождений: Учебное пособие. Л.: ЛГИ, 1987. 97 с.

5. Клер В. Р. Изучение и геолого-экономическая оценка качества углей при геологоразведочных работах. М.: Недра, 1975. 320 с.

6. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах: Інструкція КД 12.06.203-2000: Затв. Наказом М-ва палива та енергетики України 12.12.2000. Донецьк: ТОВ «АЛАН», 2001. 264 с.

7. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика. М.: Недра, 1982. 311 с.

8. Рыжов П. А. Геометрия недр. Л.: Углетехиздат, 1952. 604 с.

УДК 622.324.5

Е. В. Швачко,
ВНИИПромгаз

ПЕРЕХОДНАЯ ЗОНА В ГАЗОВОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ТАЛДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ - ЗОНА НАИБОЛЬШЕГО РИСКА ПРИ ВЫБОРЕ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ДОБЫЧИ МЕТАНА

Изучение изменения состава газа и содержания метана в угольных пластах является актуальной задачей для района, в котором ведется активная добыча угля открытым и подземным способами и проводятся экспериментальные работы по добыче метана из угольных пластов скважинами, пробуренными с поверхности.

В настоящее время специалистами, занимающимися проблемами газоносности угольных месторождений (как в России, так и за рубежом), угольные пласты рассматриваются как мощные генераторы углеводородных газов, крупнейшие аккумуляторы (коллекторы, резервуары) метана. Метан, который представлял серьезную угрозу безопасности горных работ при добыче угля, становится ценным полезным ископаемым при комплексной совмещенной (с попутным извлечением метана) или поэтапной (с самостоятельной первоочередной добычей метана) эксплуатации газоносных угольных месторождений, при решении технологических и экономических проблем извлечения и использования газа.

За многолетний период исследований проблем газоносности угольных месторождений были сформулированы различные научные концепции генерации, миграции и аккумуляции газов угленосных отложений.

Фундаментальные положения сформулированы ведущими учеными, внесшими большой вклад в познание основных закономерностей формирования газовой зональности и газоносности угленосных отложений.

Первое – это положение, сформулированное Н. М. Страховым о том, что современный газ, содержащийся в угленосной толще, – это остаточный газ, сохранившийся в результате дегазации в течение всего геологического времени, начиная с периода углеобразования. Объемы и относительная доля сохранившегося газа зависят от геологических условий каждого бассейна и месторождения, только отчетливое понимание «остаточности» метана и огромного значения процессов выветривания (дегазации) делает возможной методически правильную постановку исследования связи газа с самим угольным пластом [8].

Второе – это установленная А. И. Кравцовым взаимосвязь газовой и гидрохимической зональности [5,6].

Третье – это утверждение В. А. Соколова о том, что глубины границ газовых зон в разных месторождениях каменного угля неодинаковы, они зависят от геологических условий и интенсивности газообмена с атмосферой, и ниже границы метановой зоны газообмен с атмосферой уже не играет существенной роли [7].

На современном этапе при изучении газоносности угленосных отложений решаются две взаимосвязанные задачи:

1. Получение исходных данных для прогноза газобильности угледобывающих предприятий, предопределяющей необходимость проведения дегазации, а следовательно, и целесообразности оценки метана как попутного полезного ископаемого.

2. Получение исходных данных для оценки ресурсов и подсчета запасов метана как самостоятельного полезного ископаемого.

Для решения как первой, так и второй задач необходимо установить положение верхней границы зоны метановых газов и определить основные закономерности изменения метаносности угольных пластов по глубине и площади месторождений. Методы, технические средства исследования, требования к результатам при решении первой задачи регламентируются действующей инструкцией [2], в то время как для решения второй задачи методическая и нормативная базы пока только разрабатываются.

Современная газовая зональность угольных пластов, геологические факторы, влияющие на ее формирование

Современная газовая зональность формируется под воздействием комплекса факторов, предопределяющих глубину проникновения атмосферных газов, миграцию метаморфогенных газов и образование зоны газового выветривания в приповерхностной части угольной толщи, где в результате происходящих физических, химических, физико-химических процессов метан в угольных пластах замещается азотом и углекислым газом. Зона газового выветривания (с позиций гидродинамической зональности) соответствует зоне активного водообмена.

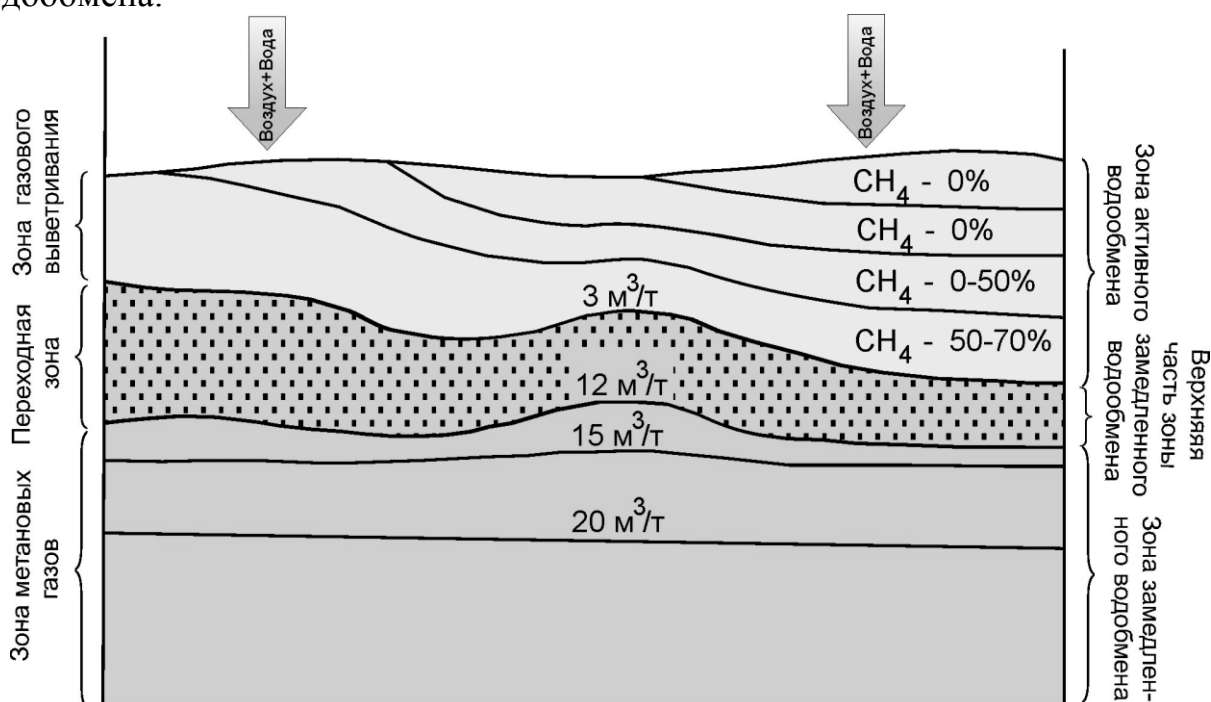


Рис. 1. Схема газовой зональности угольных пластов и гидродинамической зональности угольной толщи

В этой приповерхностной зоне активного газоводообмена угольной толщи с атмосферой за счет движения атмосферных газов на глубину и встречного движения метаморфогенных газов к дневной поверхности сформировалась зона газового выветривания (деметанизации). В соответствии с «Инструкцией...» [2], выделяется пять последовательно и постепенно сменяющихся газовых зон (азотно-углекислых газов, углекисло-азотных газов, метано-азотных газов, азотно-метановых газов, метановых газов), каждая из которых характеризуется определенным соотношением основных газовых компонентов – метана, азота и углекислого газа, а также определенным химическим составом подземных вод. Чаще всего четыре верхние зоны объединяются в одну – зону газового выветривания (ЗГВ). Концентрация метана в угольных пластах в зоне газового выветривания изменяется от 1-3 до 70-80 %, а метаносодержание угольных пластов не превышает 3-5 м³/т угля (рис. 1).

Мощность зоны газового выветривания в различных горно-геологических условиях изменяется от первых до 300-500 м и характеризуется резкой изменчивостью на сравнительно небольших расстояниях.

Представляется возможным выделить основные геологические факторы, оказывающие воздействие на формирование зоны газового выветривания и факторы, предопределяющие изменение метаносности угольных пластов в метановой зоне. На формирование ЗГВ влияют палеогеографические, геодинамические, структурно-геологические и гидрогеологические особенности месторождений. Степень влияния (ранги) этих факторов приведена в таблице.

«Ранги» геологических факторов, обуславливающих формирование современной газовой зональности угольных месторождений

Ранг	Факторы	Масштабность и последовательность воздействия на естественную дегазацию месторождений	Проявления
I	Палеогеографические и геодинамические условия формирования бассейна	Определяют особенности формирования угленосной толщи, угленосность, петрографический состав и метаморфизм углей, масштабы генерации газов. Обуславливают различную глубину дегазации бассейнов, площадей	Продолжительность свободной дегазации угленосной толщи, с увеличением которой мощность зоны газового выветривания возрастает, или процессы денудации, сокращавшие, а местами и уничтожавшие интервалы демегазации угленосных толщ
II	Тектоника бассейна, месторождения	Предопределяет различную глубину дегазации отдельных месторождений и шахтных полей, приуроченных к различным тектоническим структурам. В пределах месторождения влияет на изменчивость мощности ЗГВ	Степень дислоцированности толщи, увеличение которой приводит к увеличению глубины и неравномерности дегазации угольных пластов. При миграции газов большое значение имеют величины углов залегания пластов
III	Гидрогеологические условия месторождения	Влияют на глубину дегазации месторождения (структуры)	Условия циркуляции подземных вод являются одним из основных факторов, определяющих перемещение газов и их распределение в разрезе угленосной толщи. Газовая зональность тесно связана с гидродинамической и гидрохимической зональностью
IV	Покровные отложения и многолетняя мерзлота	Предопределяют местные локальные колебания мощностей зоны газового выветривания в соответствии с изменениями покрова и мерзлоты	Газонепроницаемые отложения или наличие многолетнемерзлых пород препятствуют дальнейшему росту зоны газового выветривания

Рассматривая влияние геологических факторов на распределение газов в угленосной толще, необходимо отметить, что все вышеперечисленные факторы (за исключением I) наиболее активно проявляются вблизи дневной поверхности

сти, т. е. они действуют в зоне газового выветривания. С глубиной их влияние существенно снижается и в метановой зоне становится практически незаметным. В зоне метановых (метаморфогенных) газов основными факторами, предопределяющими природную метаноносность угольных пластов, становятся давление флюидов, температура и сорбционные характеристики углей.

Газовая зональность и газоносность угольных пластов Талдинского метанугольного месторождения

Талдинское метанугольное месторождение расположено в центральной части Ерунаковского геолого-промышленного района в пределах одноименной брахисинклинали. Площадь структуры составляет 31 км². В плане Талдинская брахисинклиналь представляет собой почти изометричную структуру, западное крыло которой срезано нарушением взбросового типа. Углы падения в крыльях складки составляют порядка 10-15 градусов, исключая западное крыло, которое характеризуется углами падения 35-45 градусов [1].

В геологическом строении Талдинского месторождения принимают участие угленосные отложения верхнепермского возраста, которые повсеместно перекрыты рыхлыми четвертичными отложениями. Угленосная толща представлена переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей.

Газовая зональность и газоносность угольных пластов Талдинского месторождения прогнозировались на основе результатов исследований геолого-разведочных скважин (в период 1967-1997 гг.) и специальных глубоких керновых скважин (в период 1996-2001 гг.), выполненных по российским методикам. Кроме того, были использованы результаты исследований газоносности углей по американским методикам в экспериментальных скважинах УМ-1 и УМ-5 (2003-2004 гг.).

Геологическое строение Талдинского метанугольного месторождения и расположение глубоких керновых и экспериментальных скважин показано на рис. 2.

Мощность зоны газового выветривания (ЗГВ) в пределах Талдинской синклинали изменяется в пределах от 100-150 до 400-450 м (рис. 3). Минимальная мощность ЗГВ отмечается на восточном и северо-восточном крыле синклинали, в зоне сочленения с Жерновской антиклиналью. Здесь граница метановой зоны находится на отметках 150-200 м, а ее мощность составляет около 100-200 м. В районе куста экспериментальных скважин УМ-5, по данным опробования скважины 16320, находящейся в 150 м от скважин УМ-5, природная метаноносность пласта 62 на глубине 204 м составляет 4,1 м³/т. В южном направлении мощность ЗГВ увеличивается. На южном крыле Талдинской синклинали поверхность метановой зоны находится на отметках от 150 до 50 м, а ее мощность составляет 200-300 м. В центральной части Талдинской площади угольные пласты тайлуганской свиты, включая пласт 78, находятся в зоне газового выветривания, мощность которой составляет здесь 300-350 м. Такое увеличение мощ-

ности ЗГВ обусловлено тем, что к пластам, находящимся в ядре синклинали, не происходит подтока газа с нижних горизонтов.

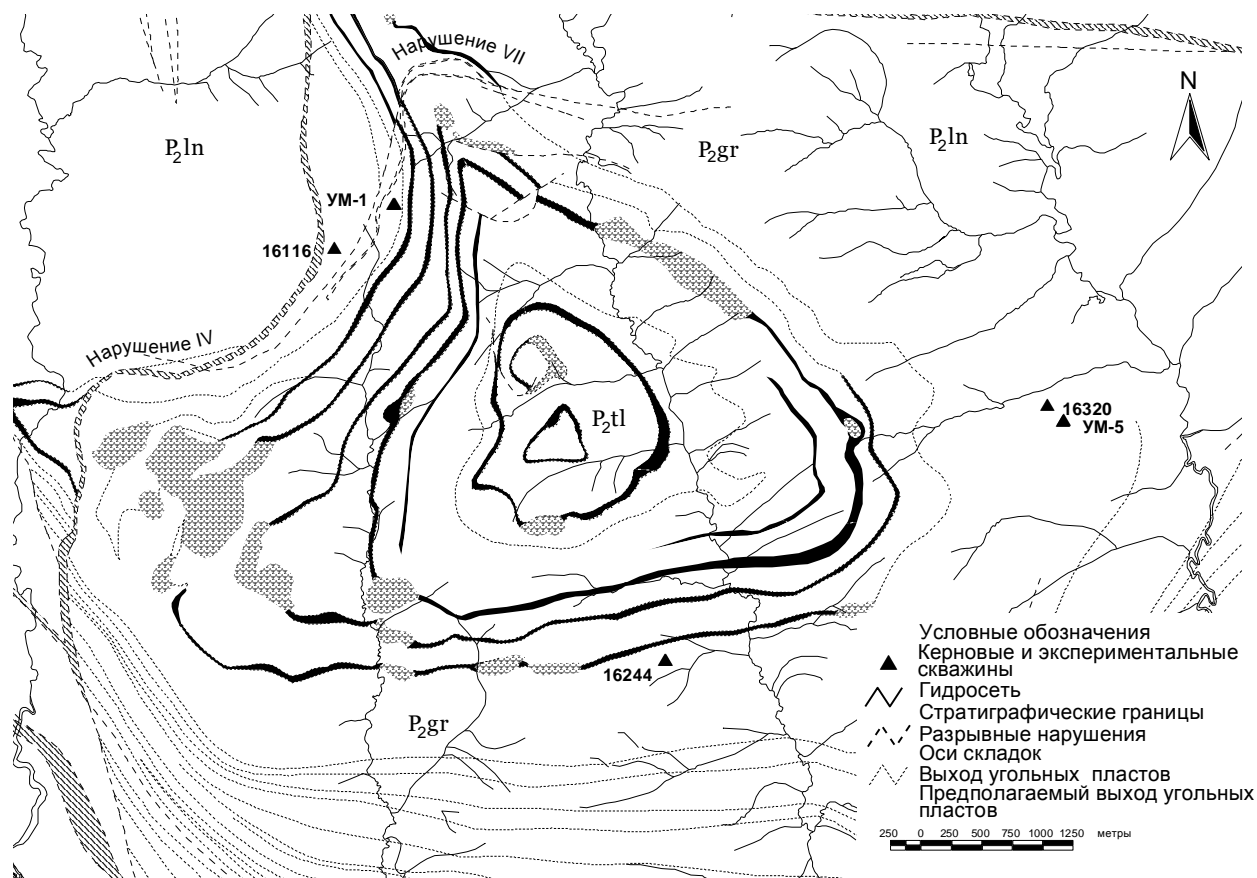


Рис. 2. Геологическая карта Талдинского метаноугольного месторождения

Максимальная мощность ЗГВ (до 400-450 м) наблюдается в северо-восточной части Талдинской синклинали вблизи взброса № 7 в его лежачем крыле. Здесь поверхность метановой зоны находится на отметках от 0 до -150 м. В районе куста экспериментальных скважин УМ-1, по данным опробования скважины 16116, находящейся от него в 650 м, метаноносность пласта 60-59 на глубине 391 м (отметка -40 м абс.) составляет 4,2 м³/т. Метаноносность этого же пласта в скважине УМ-1.2 на глубине 499 м (отметка -144 м абс.) составляет 4,4 м³/т.

Такое существенное различие изменения мощности ЗГВ на восточном и западном крыле Талдинского месторождения вероятнее всего объясняется структурными особенностями синклинали. Участок экспериментального полигона куста скважин УМ-5 представляет собой моноклираль с выдержанными углами падения 12-15 градусов и практическим отсутствием разрывных нарушений. Участок экспериментального полигона куста скважин УМ-1 расположен в зоне сочленения двух геологических структур – Талдинской брахисинклинали,

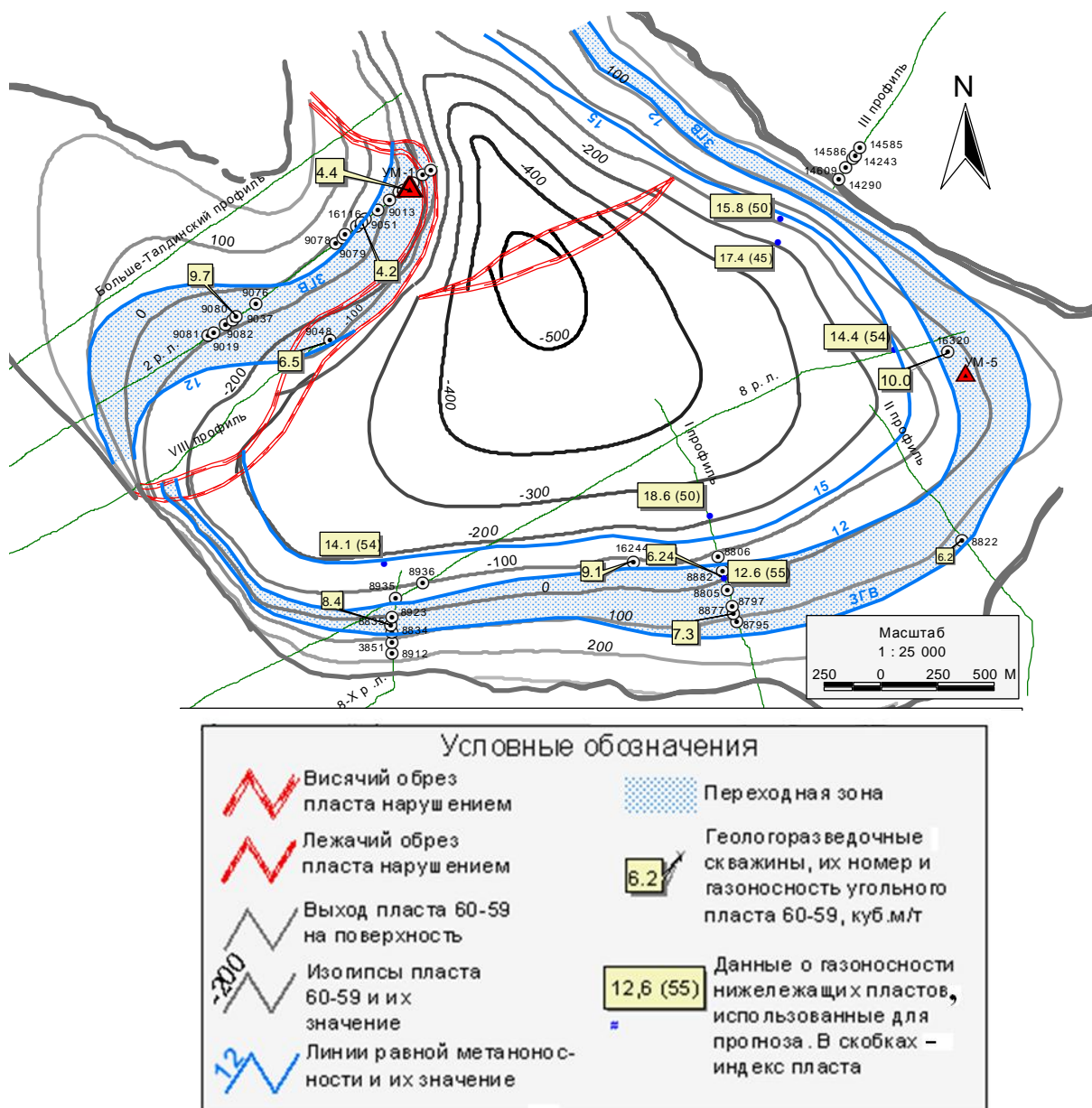


Рис. 3. Схема газовой зональности и газоносности пласта 60-59 Талдинского метаноугольного месторождения

западная часть которой в лежащем крыле нарушения IV продолжается Караканской синклиналию. Район характеризуется сопряжением нарушения IV с региональным Воробьевским взбросом в лежащем крыле и нарушением VII, осложняющим висячее крыло. Такое локальное погружение метановой зоны вероятно связано с тем, что угольные пласты от 69 до 60-59, имеющие выход на поверхность, оказались отрезанными поверхностью сместителя взброса № 7 от более глубоких горизонтов, что предопределило возможность миграции метана в атмосферу без подтока его с глубины. Кроме того, возможно, в связи с повышенной трещиноватостью пород в зоне нарушения, зона активного водообмена, составляющая обычно 50-160 м, здесь имеет аномально большую мощность. Угленосная толща в интервале между пластами 66-65 и 60-59, представленная группой угольных пластов средней и малой мощности, а также слоями песча-

ников, характеризуется повышенной водообильностью, которая установлена гидрогеологическими исследованиями скважин 2304 и 13740 [10].

Газоносность угольных пластов в соответствии с требованиями «Инструкции...» [2] в пределах Талдинской площади изучена в основном до глубины 400 м (горизонт -100 м абс.). До глубин 500-600 м газоносность изучена по отдельным скважинам. На глубинах более 600 м газоносность угольных пластов изучалась в глубоких керновых скважинах №№ 16116, 16320 и 16244, а также в экспериментальных скважинах УМ-1 и УМ-5 (см. рис. 2, 3).

Количественные характеристики метаноносности угольных пластов являются одним из важных критериев оценки перспективности метаноугольных площадей для подготовки к освоению газовым промыслом и служат одним из основных (вместе с массой угля) расчетных параметров в подсчете запасов и оценке прогнозных ресурсов газов в угленосных толщах метаноугольных месторождений, площадей, участков.

На Талдинской площади в продуктивном интервале глубин (400-1200 м) находятся угольные пласты тайлуганской, грамотеинской, ленинской и ускатской свит.

Угольные пласты тайлуганской свиты находятся в центральной части Талдинской площади, которая практически вся занята горными отводами действующих разрезов. Метаноносность углей тайлуганской свиты невысока, поэтому маловероятно, что они будут являться первоочередными объектами промышленной добычи метана. Угольные пласты ускатской свиты в центральной части Талдинской площади находятся ниже продуктивного интервала и представляют интерес для добычи метана только в бортах Талдинской синклинали на глубинах порядка 900-1200 м.

В пределах Талдинской площади основной интерес для добычи метана будут представлять угольные пласты грамотеинской и ленинской свит. Метаноносность угольных пластов этих свит показана на карте прогноза метаноносности пласта 60-59 (см. рис. 3). Наиболее полно проведено опробование угольных пластов ленинской свиты, разрез которой полностью вскрыт скважиной 16116 и частично скважиной УМ-1.1.

В районе куста скважин УМ-1 метаноносность пласта 53 на глубине 570 м (отметка -220 м абс.) составляет 14,6 м³/т.

Максимальная метаноносность угольных пластов, по данным прямого опробования, отмечена на восточном крыле Талдинской синклинали. В районе куста скважин УМ-5 по данным опробования скважины 16320 метаноносность пласта 51 на глубине 501 м составляет 11 м³/т (см. рис. 3). В скважине УМ-5.2 метаноносности пласта 50 на глубине 572 м уже составляет 18 м³/т. Метаноносность пласта 48-45 на глубине 690 м (по данным опробования скважины 16320) составляет 20 м³/т. Метаноносность пласта 39 на глубине 849 м составляет 22,5 м³/т. Примерно такие же величины метаноносности угольных пластов наблюдаются на южном крыле Талдинской структуры.

Переходная зона в газовой зональности - зона максимальной неопределенности прогноза газоносности угольных пластов

Анализ характера изменения мощности зоны газового выветривания и природной метаноносности угольных пластов в пределах Талдинского месторождения, выполненный для выбора объектов исследования (продуктивных групп пластов), а также опыт газодинамических исследований экспериментальных скважин показал, что при выборе объектов для добычи метана необходимо учитывать некоторые особенности распределения газов вблизи поверхности метановой зоны.

При анализе изменения величин природной метаноносности в верхней части зоны метановых газов в ряде случаев наблюдался значительный разброс значений в интервале равных глубин.

Как один из наиболее типичных примеров может быть представлен характер изменения метаноносности пласта 50 в пределах участка Талдинский Южный. Этот участок был выбран в качестве примера, поскольку здесь на сравнительно небольшой площади (около 12 км²) хорошо изучена газоносность верхних горизонтов угленосной толщи, а газоносность пласта 50 изучена в интервале глубин от 9 до 600 м. Анализировалась выборка из 45 представительных проб.

Изменение газоносности пласта (суммарный объем всех газовых компонентов отнесенных на сухой беззольный уголь), концентрации метана и углекислого газа с глубиной от дневной поверхности показано на рис. 4. На этом рисунке отчетливо видно закономерное уменьшение с глубиной концентраций углекислого газа и увеличение концентраций метана. Наиболее интенсивно уменьшение концентраций углекислого газа от 13 до 4 % отмечается в интервале глубин 0-150 м, а рост концентраций метана от 3-8 до 75 % – в интервале 100-200 м. Причем, если для углекислого газа максимальная изменчивость (неопределенность) значений приходится на интервал глубин 0-100 м, то для метана этот интервал соответствует 100-200 м. Таким образом, поверхность метановой зоны по результатам опробования пласта 50 должна быть (по критерию концентрации метана >70 %) на глубине 150 м, т. е. в интервале наибольшей неопределенности этого показателя.

Изменение с глубиной от дневной поверхности газоносности пласта 50, его природной метаноносности (по результатам опробования) и сорбционной метаноемкости (по результатам лабораторных исследований вышележащего пласта 59-60) показаны на рис. 5. Значения сорбционной метаноемкости взяты для условий (Т и Р), аналогичных условиям отбора проб по пласту 50.

На этом рисунке видно, что в интервале глубин 0-130 м (в зоне газового выветривания) величина сорбционной метаноемкости достигает 8-9 м³/т с.б.м., в то время как природная метаноносность пласта 50 не превышает 0,1-0,3 м³/т с.б.м. Это объясняется тем, что в зоне газового выветривания сорбционный объем углей занят преимущественно углекислым газом, азотом, парами воды.

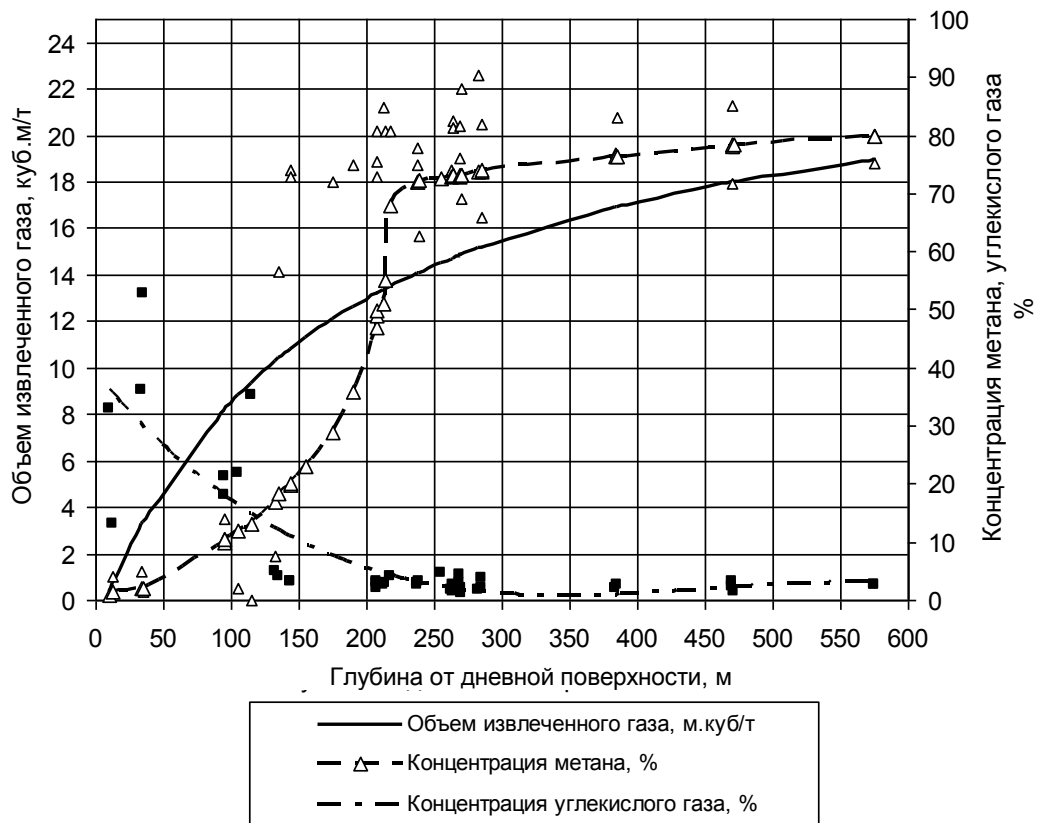


Рис. 4. Зависимость объемов извлеченного газа, концентраций метана и углекислого газа от глубины пласта 50 (участок Талдинский Южный)

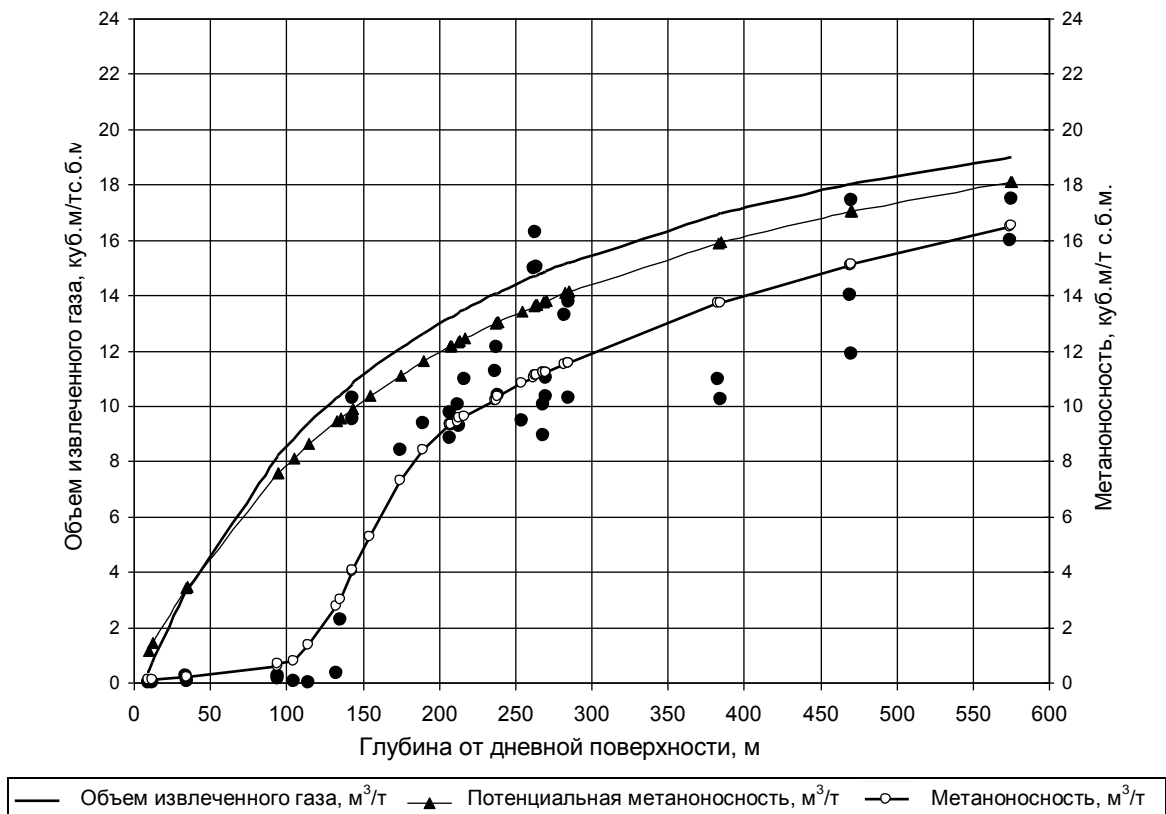


Рис. 5. Зависимость объемов извлеченного газа и метаноносности угольного пласта 50 от глубины его залегания (участок Талдинский Южный)

Наиболее интенсивный рост сорбционной метаноемкости (от 0,5 до 8,0 м³/т с.б.м.) происходит в интервале давлений, соответствующих глубинам 10-100 м, в то время как резкий рост метаноносности пласта 50 (от 0,1-0,3 до 8,5-10,5 м³/т с.б.м.) приурочен к интервалу глубин 130-175 м. Далее, с увеличением глубины (давления), метаноносность по своим значениям приближается к сорбционной метаноемкости. Поверхность метановой зоны по критерию природной метаноносности (2-5 м³/т) пласта 50 должна быть на глубине 150 м, т. е. в области наибольшей изменчивости (неопределенности) этого показателя. Обращает на себя внимание резкий рост природной метаноносности угольных пластов при переходе из ЗГВ в метановую зону. Если рассматривать график изменения природной метаноносности с глубиной от дневной поверхности (а не от поверхности метановой зоны), то видно, что он имеет S-образный характер. Такой характер нарастания метаноносности угольных пластов впервые был установлен М. А. Еремковым в Карагандинском бассейне [1]. Эта особенность изменения метаноносности, выявленная в пределах Талдинской площади, имеет большое значение для оценки перспектив и выбора объектов промышленной добычи метана.

Важным показателем для понимания процессов, происходящих в зоне газового выветривания, является влажность углей. Влажность углей участка Талдинский Южный изменяется от 9,5 до 0,7 %. Влажность 9,5- 5,0 % характерна для зоны окисления углей (глубины 9-40 м). Отмечается закономерное снижение влажности углей с глубиной. На глубинах более 300 м лишь влажность отдельных проб превышает 3 % (рис. 6). При сопоставлении величин влажности углей и их газоносности было установлено, что при влажности углей более 3 % (характерной для зоны газового выветривания) их газоносность не превышает 8-9 м³/т с.б.м. (рис. 7). Результаты лабораторных исследований сорбцион-

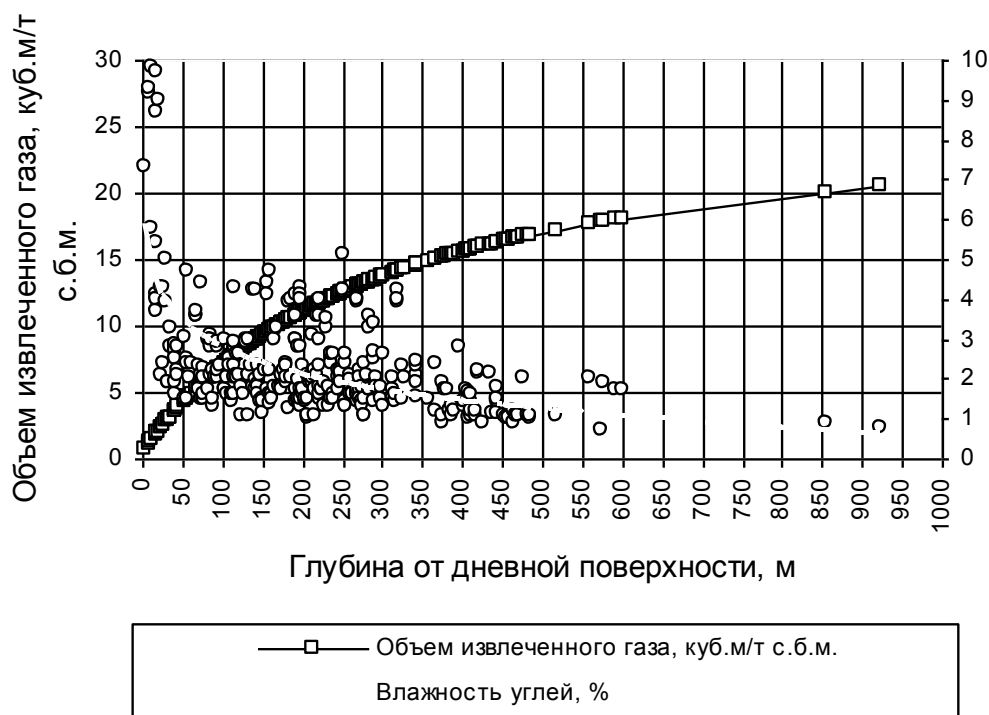


Рис. 6. Зависимость газоносности и влажности углей от глубины залегания угольных пластов (участок Талдинский Южный)

ных свойств угля пласта 59-60 показывают, что при давлении метана 13 атм и влажности 0,7 % сорбционная метаноемкость угля составляет 13,7 см³/г с.б.м., а при том же давлении, но при влажности 3,9 % снижается до 9,6 м³/т с.б.м. Таким образом, в зоне газового выветривания кроме углекислого газа и азота повышенная влажность углей также будет способствовать снижению их метаносности.

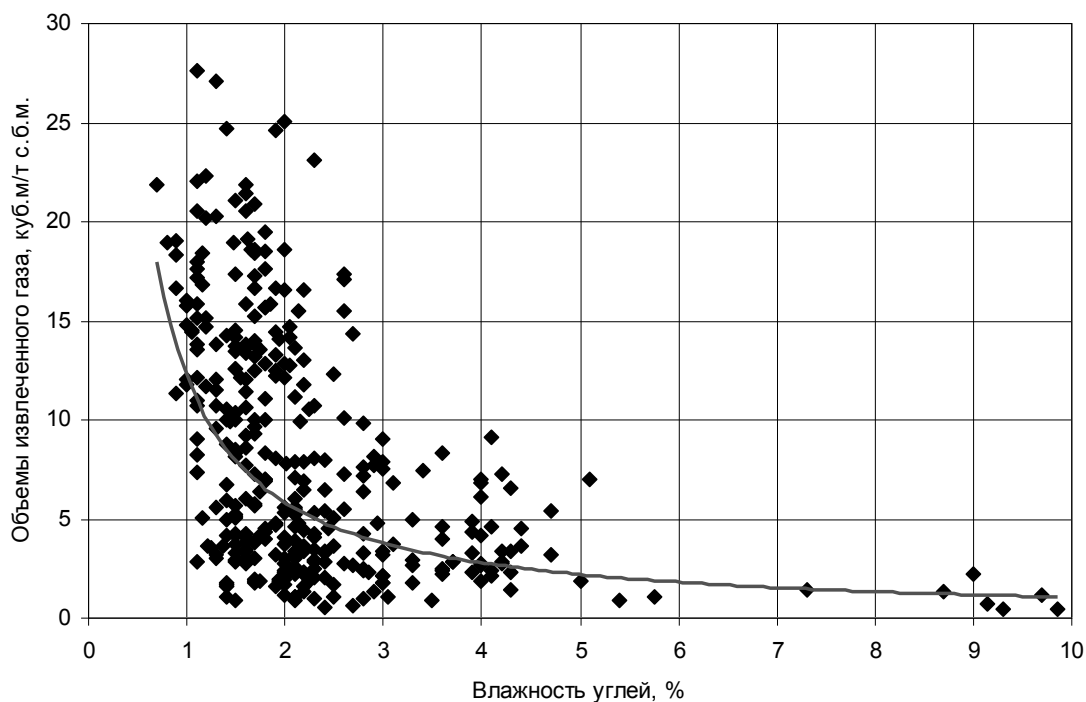


Рис. 7. Зависимость газоносности от влажности угля (участок Талдинский Южный)

В обобщенном виде схема газовой зональности и изменения природной метаносности пластов вблизи поверхности метановой зоны представлена на рис. 8. В зоне метановых газов при концентрации метана 85-95 % и давлении 8-9 МПа газоемкость (верхняя кривая – 20 м³/т с.б.м.) и природная метаносность пласта (две нижние кривые) будут близки. С приближением к поверхности метановой зоны при снижении давления до 3,5–4,5 МПа газоемкость будет снижаться до 16-17 м³/т с.б.м., в то время как природная метаносность при этих давлениях может составлять всего 5–6 м³/т с.б.м. Непропорциональное снижение природной метаносности может быть обусловлено увеличением концентраций азота при приближении к границе зоны газового выветривания и увеличением влажности углей. В зоне газового выветривания, с приближением к дневной поверхности, на глубинах менее 200-100 м, где сорбционный объем углей заполнен в основном углекислым газом, азотом и парами воды, метаносность угольных пластов не будет превышать 2-4 м³/т с.б.м.

Таким образом, при переходе из метановой зоны в зону газового выветривания выявляется зона максимальной изменчивости метаносности угольных пластов, или, иными словами, зона максимальной неопределенности прогноза метаносности. Предлагается в газовой зональности Талдинского место-

рождения выделение переходной зоны (как верхней части зоны метановых газов), включающей угольные пласты с газоносностью от 3-5 до 10-12 м³/т угля.

Эта переходная зона характеризуется наибольшей изменчивостью метаноносности угольных пластов в пределах равных глубин (практически не предсказуемой), а следовательно, и наибольшим риском выбора объектов при определении параметров промысловой добычи метана. Мощность этой зоны в пределах Талдинской площади изменяется от 75-100 до 200-250 м. Ниже этой переходной зоны начинается собственно зона промысловых интересов, где изменения метаноносности пластов в пределах равных глубин будет гораздо меньше.

Примером попытки получения промышленных притоков из угольных пластов в переходной зоне может служить опыт газодинамических исследований скважины УМ-1.2, который показал, что при достаточно значительной депрессии на пласты в течение месяца (при снижении уровня воды в скважине до 500-550 м) все еще не были получены промышленные притоки метана. Причем в процессе поддержания устойчивого динамического уровня воды не наблюдается уменьшение ее дебитов. Это дает основание предполагать, что трещина гидроразрыва пласта 59-60 (его газоносность 4,4 м³/т с.б.м.), находящегося вблизи границы зоны газового выветривания, могла соединиться с водоносным горизонтом в зоне газового выветривания (зона активного водообмена). Откачка воды из этого горизонта может и не привести к росту дебитов газа, поскольку метаноносность пласта 59-60 находится здесь на уровне остаточной.

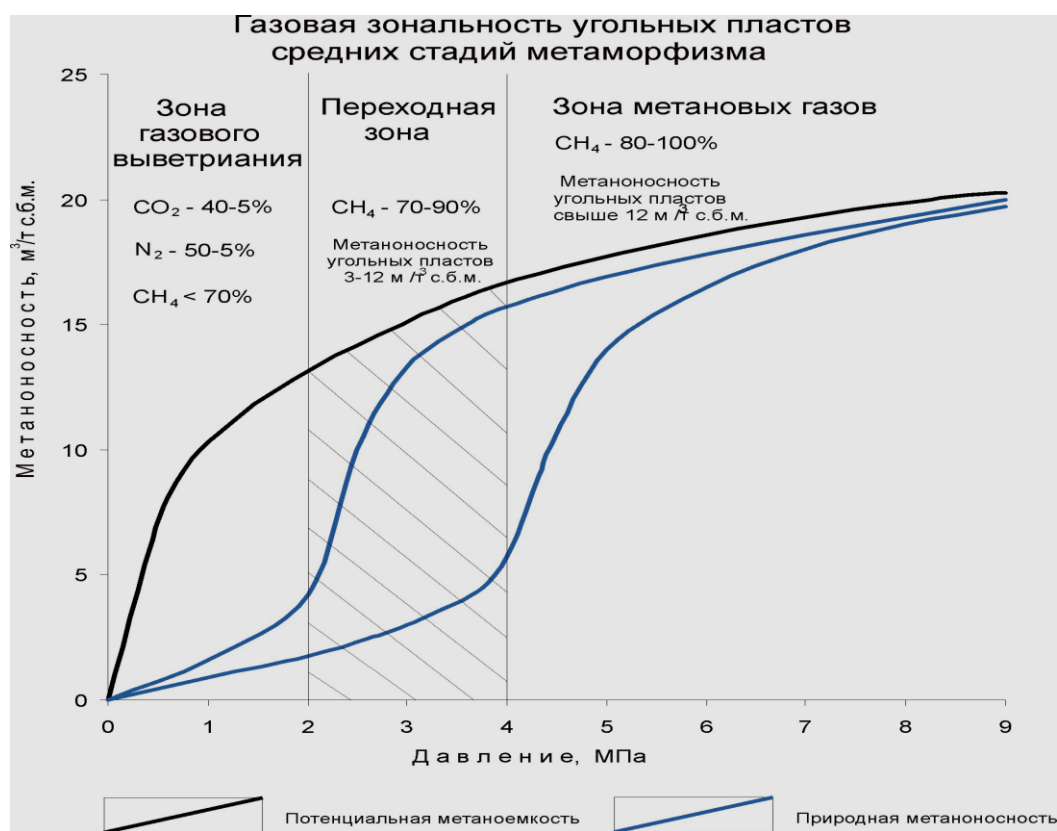


Рис. 8. Схема газовой зональности и прогноза метаноносности пластов углей средних стадий метаморфизма

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Угленосные отложения Талдинской площади характеризуются значительными колебаниями мощности зоны газового выветривания угольных пластов от 100 до 450 м.

2. Установлен сложный характер верхней границы зоны метановых газов, которая в основных чертах совпадает с границей зоны замедленного водообмена.

3. Основными факторами, определяющими изменение мощности зоны газового выветривания, являются особенности тектоники и гидрогеологические условия Талдинской угленосной площади. Наличие зон повышенной проницаемости пород и связанной с ними повышенной водообильности в районе куста скважин УМ-1 обуславливает здесь максимальную мощность зоны газового выветривания.

4. На границе метановой зоны и зоны газового выветривания выявлена переходная зона (верхняя часть зоны метановых газов), характеризующаяся максимальной изменчивостью метаноносности угольных пластов, или зона максимальной неопределенности и риска при выборе объектов промышленной добычи метана. Эта зона включает угольные пласты с газоносностью от 3-5 до 10-12 м³/т с.б.м. Мощность этой зоны изменяется от 75-100 до 200-250 м.

5. Основные перспективы промышленной добычи метана на Талдинской площади связаны с угольными пластами грамотеинской и ленинской свит, природная газоносность которых достигает 22 м³/т на глубине 700-800 м.

Библиографический список

1. **Газоносность** угольных бассейнов и месторождений СССР. М.: Недра, 1979. Т. 2. 454 с.

2. **Инструкция** по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М.: Недра, 1977. 95 с.

3. **Карасевич А. М., Хрюкин В. Т., Зимаков Б. М.** и др. Кузнецкий бассейн – крупнейшая сырьевая база промышленной добычи метана из угольных пластов. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. 63 с.

4. **Карасевич А. М., Сторонский Н. М., Хрюкин В. Т.** и др. Основные результаты работ по организации промышленной добычи метана из угольных пластов на Талдинском научном полигоне в Кузбассе // Современные проблемы безопасной разработки угольных месторождений: Сборник докладов / ВНИМИ. С.-Петербург, 2005. С. 213-215.

5. **Кравцов А. И.** Влияние геологических условий на газоносность угольных месторождений. М.: Углетехиздат, 1950. 123 с.

6. **Кравцов А. И.** Геологические условия газоносности угольных, рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1968.

7. **Соколов В. А.** Геохимия природных газов. М.: Недра, 1971. 334 с.

8. **Страхов Н. М.** К геологии метана в угленосной толще Донецкого бассейна// Бюллетень Московского общества испытателей природы, отд. геологии. Т. XVIII, 1940.

9. **Угольная база России.** Т. VI. Газоносность угленосных отложений и ресурсы метана основных угольных бассейнов России. М.: ООО «Геоинформ-марк», 2004. 785 с.

10. **Шварцев С. Л., Хрюкин В. Т., Кузеванов К. И. и др.** Гидрогеология Ерунаковского района Кузбасса в связи с проблемой добычи угольного метана// Геология и геофизика. 2006. № 7. С. 881-891.

УДК 662.613.13

Л. Я. Кизильштейн,
Южный федеральный университет

ЗОЛОТВАЛЫ УГОЛЬНЫХ ТЭС – ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ (Сообщение 1. Алюмосиликатные полые микросферы)

Технический и социальный прогресс сопровождается (можно сказать – определяется) ростом потребления энергии. Источники энергии изменялись. На протяжении многих тысячелетий это была мускульная (механическая) энергия человека и животных. Позднее к ним присоединилась механическая энергия падающей воды и ветра, а также тепловая энергия сжигания растительного материала. Со второй половины XIX века источником тепловой энергии становится ископаемый уголь, который оставался основным и в течение всей первой половины XX века. Природное органическое топливо является определяющим источником энергии и до настоящего времени, но его «ассортимент» расширился: вместе с углем базовую нагрузку (так говорят энергетики) приняли на себя нефть и газ. Начиная со второй половины XX века к ним присоединилась атомная энергия, доля которой неуклонно возрастает.

Природное органическое вещество всех типов, а также сырье атомной энергетики (главным образом, уран) относятся к категории невозобновляемых источников энергии, т. е. его расход необратим и не может быть восстановлен каким-либо реальным способом.

Поскольку это так, естественен вопрос: а на какое время его хватит? Ответить на этот вопрос можно только приблизительно, поскольку геологи открывают новые месторождения, изменяются соотношения между использованием угля, нефти и газа, а также доля такого мощного возобновляемого источника, как гидроэнергия. Увеличивается, хотя пока еще остается небольшой, доля т. н. «нетрадиционных» видов энергии – ветра, солнца, глубинного тепла

недр земли, морских приливов и некоторых других. Считается, что достоверные запасы угля при нынешних объемах потребления обеспечивают потребности человечества более чем на 300 лет, нефти – более чем на 50 лет, газа – около 70 лет [1].

Несмотря на ориентировочный характер оценок, ясно, что только уголь способен обеспечить энергетические потребности человечества на длительную перспективу. Что же касается атомной энергетики, то обеспеченность сырьем оценивается в 70–150 лет в зависимости от экономически приемлемых для извлечения концентраций урана в руде. Заметим, что строительство угольных тепловых электростанций (ТЭС) значительно дешевле, чем атомных, срок их эксплуатации больше, и они не угрожают катастрофами, подобными чернобыльской. Добавим к этому, что уголь является пока незаменимым сырьем для получения металлургического кокса и, следовательно, для черной металлургии.

Что же мешает не волноваться относительно энергетических перспектив и уже теперь решительно сократить сжигание нефти (мазута) и особенно природного газа на тепловых электростанциях, перенеся основную нагрузку на уголь? Мешают очень серьезные обстоятельства – экологические проблемы, связанные с угольной энергетикой [2].

Сжигание углей сопровождается выбросом в атмосферу огромного количества дымовых газов, главным образом оксидов углерода (CO_2 , CO), серы (SO_2), азота (NO_x), а также хлор-фторуглеводородов, токсичных элементов-примесей, содержащихся в угольном веществе: Be, V, As, Cr, Se, тяжелых и радиоактивных металлов – Co, Ni, Cu, Zn, Hg, Th, U. В атмосферу выбрасывается также масса твердых частиц золы. Полная очистка дымовых газов от перечисленных «загрязнителей» – технически сложное и дорогостоящее мероприятие. Достигнутые успехи лишь частично решают проблему в целом.

Однако экологические проблемы угольной энергетики не исчерпываются дымовыми выбросами. При сжигании углей содержащиеся в них минеральные компоненты образуют золы и шлаки, масса которых составляет приблизительно 20 % от массы сжигаемого угля (часто – значительно больше). В мире ежегодно добывается $\approx 4,8$ млрд т угля (данные для 2003 г.). С начала промышленной разработки угольных месторождений добыто ≈ 205 млрд т [1]. При сжигании из них образуется 500 – 800 млн т золы в год, которая складывается на поверхности, образуя т. н. золоотвалы. Площадь земель (часто плодородных), занятых золоотвалами, составляет сотни гектаров и постоянно возрастает, выводя их из сельскохозяйственного оборота. Тончайший минеральный материал золоотвалов, разносимый ветром, загрязняет атмосферный воздух, а просачивающиеся сквозь толщу золы технологические и дождевые воды неблагоприятно меняют состав грунтовых вод.

Золоотвалы угольных ТЭС не только источник неприятностей. Это складированный тонкозернистый минеральный материал, который может использоваться так же, как природный песок – главным образом в промышленности строительных материалов. Таким образом, золоотвалы являются типичными **техногенными месторождениями**, т. е. скоплениями минерального вещества,

образовавшимися в результате переработки (в данном случае – сжигания) полезных ископаемых, в рассматриваемом случае – угля.

Минеральный состав золоотвалов разнообразен. Автор с сотрудниками, исследуя золоотвалы угольных ТЭС Российской Федерации, Украины, Казахстана и Узбекистана [3], обратили внимание, что в их составе находятся компоненты, которые, благодаря особому составу, форме и технологическим свойствам, представляют значительную промышленную ценность. Процессы образования этих компонентов столь оригинальны, что они становятся интересными и с научной точки зрения. Одним из этих компонентов являются алюмосиликатные полые микросферы.

Строение, состав и процесс образования алюмосиликатных полых микросфер

Для того чтобы сделать разговор предметным, необходимо коротко описать технологическую схему современной угольной ТЭС [5]. Поступающий на ТЭС товарный уголь измельчается в пыль с размером частиц от 0,1 до 300 – 500 мкм, которая через горелки вдувается в топку котла, где сгорает во взвешенном состоянии. Выделяющееся при сгорании угля тепло нагревает циркулирующую в котле воду, превращая ее в пар. Пар приводит в действие турбину, последняя – генератор, вырабатывающий электрический ток – конечный продукт ТЭС.

Образовавшиеся после сгорания угля частицы золы через зольный канал направляются в систему очистки. Обычно это электрофильтры, с которых зола смывается в канал гидрозолоудаления. Далее через насосную систему зола поступает в пульпопровод и отсюда в золоотвал. Для того чтобы предотвратить разнос золы ветром, на поверхности золоотвала создается искусственный водоем – отстойный пруд. Избыток воды через водосборный колодец поступает на насосную станцию и через водовод очищенной воды возвращается в канал гидрозолоудаления для повторного использования. Очищенные от золы дымовые газы через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Описанная технологическая конструкция ТЭС обеспечивает оптимальные условия сжигания угля и защиту окружающей среды. Далее перейдем к теме предлагаемой статьи.

Давно обратили внимание, что на поверхности воды пруда-отстойника систематически образуется плавающая пленка или слой, состоящий из серого не тонущего даже в течение длительного времени материала (рис. 1). Ветер сгоняет этот материал к берегу пруда (рис. 2) и даже выбрасывает на «пляж». Поскольку уровень воды постоянно изменяется, на берегу может накопиться масса материала, толщиной несколько десятков сантиметров. При его растирании пальцами создается ощущение сухой (похожей на графитовую) смазки. При наблюдении под микроскопом это становится понятным: материал состоит из мириадов мельчайших геометрически правильных шариков (рис. 3). Однако это не просто шарики, а **полые шарики**. Поэтому их правильно называть **микросферами**. Первое в отечественной научной литературе упоминание о микро-

сферах автор встретил в монографии В. В. Лебедева, В. А. Рубана, М. Я. Шпирта [4]. В зарубежной литературе они были описаны значительно раньше.



Рис. 1. Слой алюмосиликатных полых микросфер (АСПМ) на поверхности воды пруда-отстойника. На заднем плане Новочеркасская ГРЭС



Рис. 2. Слой АСПМ у берега и на «пляже» пруда-отстойника

Минеральный состав микросфер следующий [3]: стекло, близкое к аморфному вулканическому стеклу, которое образуется при быстром остывании силикатного расплава, муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), кварц, в виде примесей некоторые другие минералы. Состав микросфер, образующихся при сжигании разных углей, сильно варьирует. Например, содержание стекла колеблется от 15 до

65 %, муллита от 15 до 50 %, кварца от 10 до 40 %. Соответственно изменяется химический состав, например содержание SiO_2 от 53 до 64 %, Al_2O_3 – от 27 до 36 %, Fe_2O_3 – от 1,9 до 6,4 %, CaO – от 0,2 до 4,9 %.

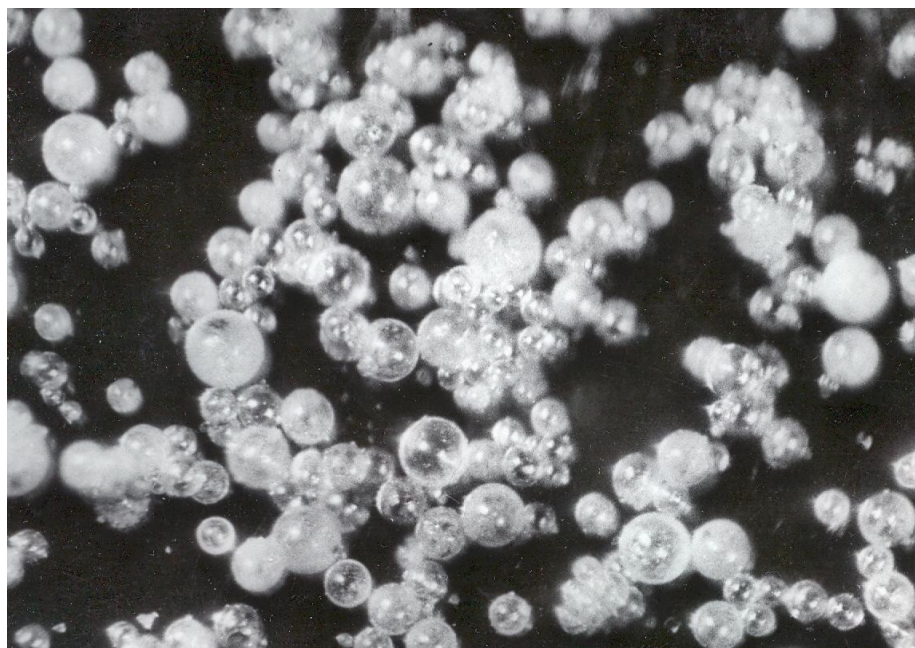


Рис. 3. АСПМ под микроскопом. $\times 1000$

Учитывая описанные состав и структуру микросфер, предложено называть их «алюмосиликатные полые микросферы» (сокращено – АСПМ) [3]. Размеры (диаметры) АСПМ из золоотвалов разных ТЭС изменяется от 50 до 500 мкм, среднее около 100 мкм. Толщина стенок от 4 до 10 мкм [3].

Температура плавления микросфер в зависимости от их минерального состава изменяется от 1300 до 1500 °С и тем выше, чем больше содержание муллита. Плотность АСПМ, определяющая их «плавучесть» и «непотопляемость», колеблется в интервале от 580 до 690 кг/м³. Плотность вещества стенок в среднем 2500 кг/м³.

В ископаемых углях всегда присутствуют минеральные примеси, чаще всего это глины, сульфиды железа (пирит), карбонаты (кальцит, сидерит), кварц, полевые шпаты и слюды. При сжигании угля температура в котле достигает 1500-1800 °С. Минеральные компоненты при этом разлагаются (сульфиды, карбонаты) или плавятся (глины, кварц, полевые шпаты, слюды), образуя сложные термохимические смеси. В результате образуется зола углей. На рис. 4 показана последовательность образования золы. Слева направо (от *a* до *г*) возрастает степень сгорания отдельной угольной частицы. Начальная стадия сгорания (*a*) – угольная частица в результате нагрева растрескивается, но содержащиеся в ней минеральные частицы сохраняют начальную форму и размеры (1). Далее вместе с прогрессирующим выгоранием органического вещества (*б-г*) минеральные частицы расплавляются (2), сливаются в более крупные шаровидные капли (3, 4, 5). Их форма определяется действием сил поверхностного натяжения в мельчайших частицах расплавленного материала. При полном сго-

рании органического вещества остаются только жидкие (расплав!) шаровидные капли (5). Большая часть минеральных капель выносятся потоком воздуха из котла. Охлаждаясь и затвердевая, они сохраняют шаровидную форму. Такую форму (д) имеет основная масса золы ТЭС. При рассмотрении частиц золы под микроскопом видно, что большинство из них содержат сферические полости разного диаметра, образовавшиеся при расширении воздуха и газов, находящихся в минеральных частицах.

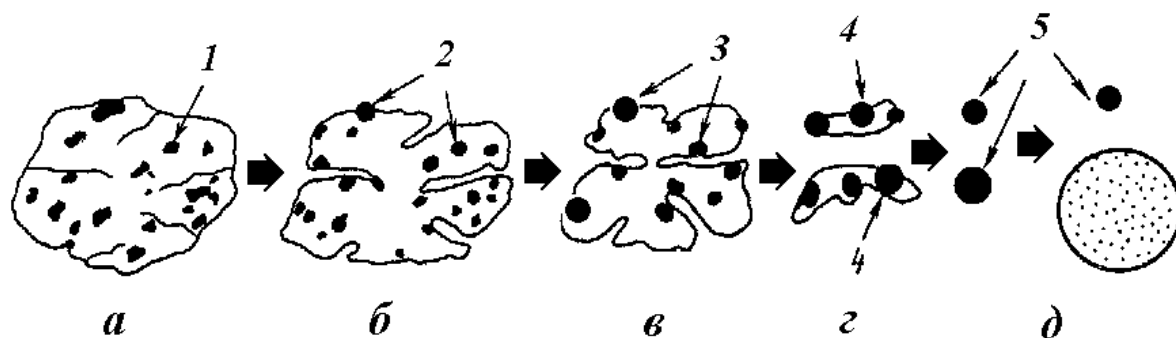


Рис. 4. Модель образования золы ТЭС:

1 – минеральные включения в угольной частице; 2 – капли жидкой золы; 3, 4 – слившиеся капли золы; 5 – сферическая частица золы; а, б, в, г, д – пояснения в тексте

В некоторых, сравнительно редких, случаях образуются частицы минерального расплава, в которых давление расширяющихся газов и сил поверхностного натяжения оказывается равным. В результате и образуются полые микросферы – АСПМ.

Минеральный состав углей и каждой капли определяет вязкость расплава. Поэтому упомянутое равенство сил внутреннего давления и поверхностного натяжения для разных частиц различно. Вязкость расплава зависит также от температуры сжигания и других технологических условий ТЭС. Поэтому размеры АСПМ и толщина их оболочек всегда значительно варьируют – микросферы в золоотвале имеют разные диаметры. Стенки АСПМ обычно пористы; диаметры пор составляют десятые доли мкм.

При изучении АСПМ обнаружено следующее, редко встречающееся, но удивительное явление. Внутри микросферы находятся другая микросфера [3], иногда – даже несколько. Это указывает на то, что процесс «раздува» частиц расплава многостадийен, и начальный раздув, образующий внешнюю оболочку, сменяется раздувом частиц, оставшихся внутри внешней оболочки. Таким образом, образуется конструкция, похожая на детскую погремушку.

Прежде чем рассмотреть возможности практического использования АСПМ, коснемся способов их выделения из золы ТЭС, их содержания в золе и ресурсов.

Алюмосиликатные полые микросферы, как ясно из изложенного выше, представляют собой тонкодисперсный материал, плотность которого значительно ниже всех остальных компонентов золы. Кроме того, плотность АСПМ почти в два раза ниже плотности воды. Все это определяет наиболее рацио-

нальные способы их выделения: гравитационный в водной среде. Гравитационное разделение материалов заключается в осаждении под действием силы тяжести частиц, плотность которых больше плотности жидкости. В результате «на плаву» остаются частицы, плотность которых ниже плотности жидкости, в рассматриваемом случае – микросферы. Отметим, что гравитационные методы относятся к древнейшим методам обогащения полезных ископаемых, систематизированное описание которых сделано ещё в XVI веке Г. Агриколой. Достоинство этих методов состоит в возможности достижения высокой чистоты обогащаемого продукта, дешевизне и простоте оборудования. Именно гравитационный принцип используется в большинстве устройств и технологиях выделения АСПМ.

Наблюдение за перемещением микросфер в пульпопроводе и на поверхности пруда показывает, что большая часть микросфер через водосборный колодец попадает в канал между колодцем и насосной станцией. Благодаря наличию в канале перед насосами гидрозатвора (плотины), предназначенного для предотвращения попадания плавающих предметов в насосы, АСПМ накапливаются на поверхности канала перед гидрозатвором, где их слой может достигать десятков сантиметров, а его протяженность по длине канала – десятков метров. Сбор микросфер с поверхности канала может производиться многоковшовыми транспортерами и экскаваторами, насосами и другими механизмами. Для лабораторных и полупромышленных испытаний автор с сотрудниками собирали АСПМ вручную из слоя, образовавшегося на берегу пруда – отстойника (см. рис. 2).

Содержание АСПМ в золе колеблется на разных ТЭС от 0,10 до 1,20 % [3]. По подсчетам [3], на ТЭС, сжигающих угли Донбасса, в год образуется ≈ 25 тыс. т АСПМ. Даже принимая, что около трети этого количества оказывается при транспортировке золы в минеральной массе золоотвала (т. е. АСПМ не всплывают в пруде и канале), то и тогда «производство» АСПМ составляет внушительную цифру – тысячи тонн в год. Напомним, что это постоянно возобновляющиеся ресурсы.

Некоторые направления промышленного использования АСПМ

Ценность АСПМ состоит в том, что они являются почти идеальным наполнителем для самых различных материалов. Поясним термин «наполнитель». Смысл его заключается в том, что многие промышленные материалы представляют собой смесь (композицию), состоящую из связующего вещества и некоего связанного (склеенного, цементированного) ими компонента. Последний может являться инертным веществом, предназначение которого состоит в том, чтобы сократить расход связующего материала. Часто наполнитель улучшает технологические свойства изделий, делая их более прочными (например, бетон, асфальт), легкими, тепло-электроизоляционными и пр.

Микросферы в качестве наполнителя обладают многими подобными свойствами. Особенно это проявляется тогда, когда они применяются в качест-

ве наполнителя полимеров (пластмасс). Промышленность производит полые микросферы с целью изготовления изделий, обладающих специальными свойствами – пониженной плотностью, повышенной стойкостью к деформациям, улучшенными электро-, тепло- и звукоизоляционными характеристиками. В работе [4] имеется упоминание об использовании микросфер в составе теплоизоляционных покрытий космических аппаратов. Во многих случаях микросферы снижают стоимость материалов за счет сокращения расхода дорогостоящих и дефицитных связующих. Однако промышленные полые микросферы дороги и производство их ограничено. Между тем во многих случаях они могут быть заменены АСПМ из золы угольных ТЭС, причем стоимость последних в десятки раз ниже микросфер, получаемых промышленными методами.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих перспективы эффективного использования АСПМ при производстве различных материалов и изделий (более подробно – в работе [3]).

Введение микросфер в качестве наполнителей в эпоксидные смолы позволяет получить материал для изготовления легких и прочных корпусов лодок, буюв, поплавков – уровнемеров и вообще любых плавучих средств. При использовании формальдегидных смол, наполненных АСПМ, могут быть получены теплоизоляционные материалы для теплотрасс с температурой эксплуатации не выше 200 °С. Полиэтилен высокого давления с микросферами дает материал с электрическими свойствами, позволяющими использовать его в производстве различных изделий радиотехнического назначения. Поскольку наполнение полимеров микросферами снижает плотность и, следовательно, массу изделий, известны технологии их применения при производстве различных облегченных бытовых предметов – мебели, сборных панелей для гаражей и других нежилых помещений. Предлагается применять АСПМ в качестве наполнителей динамитов и других взрывчатых веществ.

Особой сферой использования угольных микросфер является керамика. Высокая температура плавления (см. выше) позволяет вводить АСПМ в состав керамических смесей с целью получения теплоизоляционной керамики. В Институте огнеупоров при участии автора и сотрудников разработана рецептура теплоизоляционной радиопрозрачной керамики, предназначенной для тепловой защиты радиотехнической аппаратуры, например антенн радаров. На оборудовании кирпичных заводов микросферы спекаются в прочные легкие блоки – прекрасный теплоизоляционный материал, который может работать при температуре свыше тысячи градусов.

Исследования показали, что микросферы могут быть использованы в производстве облегченной крупногабаритной строительной керамики, упрощающей монтаж элементов промышленных и жилых зданий, а также теплоизоляционных жаростойких бетонов. При бурении геологоразведочных и эксплуатационных скважин (например, нефтяных и газовых) АСПМ вводятся в буровые растворы с целью их «облегчения» (снижения плотности).

Все перечисленное – далеко не полный перечень возможных направлений и способов использования алюмосиликатных полых микросфер, выделенных из

угольной золы. Ещё один пример, указывающий на перспективы. Было обнаружено, что микросферы в воде, загрязненной нефтью, собирают нефть в плотные сгустки, которые легко удаляются с поверхности воды плавающими ограждениями или любым другим механическим способом. При сжигании массы АСПМ, пропитанных нефтью, на поверхности микросфер образуется тонкая пленка, состоящая из продуктов сгорания – углерода (сажи). В этом состоянии АСПМ приобретают новые свойства. В частности, становятся хорошо совместимыми с резиной, делая изделия более легкими и теплоизоляционными. Как геолога автора привлекла возможность использовать подобный материал для пола палаток, который не только защищает от сырости, но и холодного грунта. Микросферы, покрытые пленкой углерода, способны сорбировать некоторые химические соединения, и эта их способность намечает путь к перспективным технологиям очистки воды и извлечения содержащейся в ней компонентов. Можно предположить (по аналогии с углеродным волокном), что ими можно наполнять полимерные материалы, которые в результате приобретут повышенную прочность и легкость.

Итак, алюмосиликатные полые микросферы представляют собой весьма ценный техногенный минеральный материал в составе золоотвалов угольных ТЭС. Имеется довольно много примеров промышленного использования АСПМ в нашей стране, но, главным образом, за рубежом. Это техногенное сырье пользуется спросом. Автору известно, что специализированные зарубежные фирмы выражали заинтересованность в приобретении АСПМ на угольных ТЭС РФ, Украины и Казахстана, где их ресурсы очень велики.

Два обстоятельства препятствует широкому «производству» (точнее сказать: извлечению и использованию) этого материала. Первое – потребители требуют, чтобы АСПМ были хорошо очищены от посторонних примесей. Второе – для многих технологий они должны быть разделены (классифицированы) по размерам (диаметрам).

Плавающие микросферы, как указывалось выше, в определенной степени «самоочищаются» от других минеральных компонентов золы вследствие того, что последние имеют значительно более высокую плотность (не менее 2300 – 2500 кг/м³) и, следовательно, осаждаются на дно пруда. Однако, по понятным причинам, ничто не препятствует загрязнению микросфер, находящихся на поверхности воды, посторонними плавающими предметами: листьями и ветками деревьев, обломками древесины, пластиковой тарой и, наконец, горюче-смазочными материалами, которых всегда достаточно много в золоотвалах. Поскольку все эти предметы горючи, проще всего очистить АСПМ прокаливанием, тем более, что при этом достигается необходимое во многих технологиях предварительное высушивание материала. Был предложен, изготовлен и опробован агрегат, производящий подобную очистку [3]. Возможны и использованы на практике другие принципы и конструкции.

Более сложно обстоит дело с классификацией материала по размерам. Промышленность серийно выпускает разнообразные классификаторы, но эти устройства требуют специальных помещений, персонала и довольно сложных

мероприятий по технике безопасности, предотвращающей загрязнение воздуха производственных помещений весьма токсичной силикатной пылью. Все это дополнительные хлопоты и проблемы, которых на любой угольной ТЭС и без того более чем достаточно.

Выход из положения состоит в организации специализированных предприятий по извлечению, подготовке (сбору, очистки, высушиванию, классификации и упаковке) АСПМ. Чтобы быть рентабельным, подобное предприятие должно получать материал (обслуживать) возможно большее число ТЭС. Это условие вполне выполнимо, поскольку в крупных угольных бассейнах (Донецком, Кузнецком, Печорском, Канско-Ачинском), ТЭС возможные поставщики материала находятся, как правило, сравнительно недалеко друг от друга и связаны железнодорожными и автомобильными коммуникациями. Осталось заинтересовать предпринимателей, произвести маркетинг продукции и выполнить необходимые рекламные мероприятия. Потребители обязательно найдутся!

Библиографический список

1. **Голицин М. В** и др. Уголь, нефть и газ – мировые ресурсы, добыча, использование. Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб./ Редкол.: Алексеев В. П. (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. 237 с.

2. **Кизильштейн Л. Я.** Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов н/Д: Изд-во Сев.-Кавказск. научн. центра высш. школы, 2002. 296 с.

3. **Кизильштейн Л. Я.** и др. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.

4. **Лебедев В. В., Рубан В. А., Шпирт М. Я.** Комплексное использование углей. М.: Недра, 1980. 239 с.

5. **Состав** и свойства золы и шлака ТЭС: справочное пособие / В. Г.Пантелеев, Э. А. Ларина, В. А. Мелентьев и др.; Под ред. В. А. Мелентьева. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 288 с.



УДК 552.124.4:571.3

П. В. Зарицкий,

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина

НОВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ – ЛИТОЛОГИЯ НА ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ ХАРЬКОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА: ВПЕРВЫЕ В УКРАИНЕ

Литология – это новая фундаментальная отрасль геологии, которая быстро развивается, изучает состав и условия образования осадков и осадочных пород, происхождение и закономерности размещения связанных с ними месторождений полезных ископаемых. Осадочные породы покрывают около 80 % территории континентов и свыше 90 % площади дна океанов и морей. Мощность их на континентах достигает 10 – 15 и больше километров. С ними связано свыше 80 % используемого человеком минерального сырья. Осадочные породы широкого стратиграфического диапазона покрывают около 80 % территории Украины [9].

Развитие и значение литологии обусловлены возрастающими потребностями и необходимостью прироста запасов полезных ископаемых осадочного происхождения и ролью их в балансе главных видов минеральных ресурсов: энергетических (нефть, природный газ, уголь, торф, горючие сланцы, минералы урана); металлургических (руды черных и цветных металлов, бокситы, формовочные пески, флюсы и прочие); химических и агрохимических (каменная и калийная соли, фосфориты, сера, мирабилит), а также строительных и огнеупорных материалов (цементное сырьё, керамическое и каменное сырьё, гипс, гравий, песок, глина), россыпей благородных металлов, алмазов, тяжелых минералов, драгоценных камней и прочего.

Осадочная оболочка земной коры – стратисфера является также объектом инженерной геологии и грунтоведения, гидрологии и гидрогеологии, при строительстве наземных и подземных сооружений, дорог, каналов, плотин и водохранилищ, проведении мелиоративных работ. Без литологических исследований невозможно решать вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

В последние десятилетия началось развитие осадочной геологии – литологии докембрия, в связи с необходимостью вовлечения в опоскование древнейших измененных процессами метаморфизма (метаосадочных) пород и решения проблем эволюции земной коры на протяжении 3,5-4 млрд лет, то есть в течение всего срока геологической истории нашей планеты. Без глубокого изучения эволюции осадконакопления и породообразования на континентах и в Мировом океане невозможна разработка общей теории Земли [10, 11].

Дальнейшее развитие литологической науки и в особенности применение ее достижений в практику геологоразведочных и поисковых работ сдерживается, в первую очередь, дефицитом квалифицированных специалистов соответствующего профиля. Недостаточное внимание к изучению вещественного состава и условий образования осадочных пород и недостаток литологических кадров привели к отсутствию унифицированных схем типизации пород и фаций, современных методов изучения и картирования осадочных пород. Значительные территории были покрыты геологической съемкой крупного масштаба, однако даже стратотипические стратиграфические подразделения не были обеспечены комплексно литологически охарактеризованными разрезами, а потому геологические карты без соответствующей литологической «начинки» не отвечают современным требованиям. Все это отрицательно сказывается на качестве и информативности таких карт, а также на достоверности локального прогноза и эффективности поисковых работ в областях развития осадочных пород [9].

Еще в 1985 г. было принято решение покрыть всю страну крупномасштабной геологической съемкой. Но эта работа не могла даже начаться из-за отсутствия квалифицированных кадров литологов в геологоразведочных экспедициях. А без разносторонней литологической информации на таких картах не может быть объективного прогноза перспективности территорий на полезные ископаемые осадочного происхождения.

В связи с подготовкой работ по крупномасштабному картированию и изданию Госгеолкарты-50 проведенная в 1985 г. в г. Красноярске Сибирским отделением Межведомственного Литологического комитета (МЛК) АН СССР и рядом производственно-геологических объединений (ПГО) конференция «Литологические методы изучения и корреляции разрезов в связи с усилением работ по государственной геологической съемке масштаба 1:50 000» в своем решении рекомендовала осуществить систему необходимых мероприятий по подготовке кадров литологов в стране, ввести литологическую специализацию в вузах, организовать курсы повышения квалификации литологов в системе Мингео СССР и Госкомитета по народному образованию СССР и при учебно-курсовых комбинатах ПГО, организовать школу передового опыта по методам литологических исследований при геологической съемке, детально изучать в процессе картирования вещественный состав осадочных пород, особенно рудоносных и рудовмещающих, разработать литологические критерии прогноза рудоносности, детально описывать опорные разрезы и др.

Кстати сказать, по приглашению Оргкомитета на Красноярской конференции был заслушан и наш доклад «Возможность использования конкреционного анализа для расчленения и корреляции при крупномасштабном картировании осадочных и метаосадочных толщ». Постановка такого заказного доклада свидетельствовала, с одной стороны, о признании значения и роли конкреционного анализа как нового литолого-геохимического метода, а с другой – о необходимости обоснования не только его теоретического значения, но и применения его при решении прикладных задач, связанных с геолого-съемочными и поисковыми работами [1, 2], чему и посвящалась конференция.

Именно пункты в Решении конференции относительно литологического «всеобуча» (от вузов до производственных геологических организаций) были включены по нашей инициативе как председателя резолюционной комиссии и в связи с тем, что к этому времени в Украине уже было принято решение об открытии специализации «литология» в Харьковском университете (см. ниже).

Сложилась парадоксальная ситуация. В стране с 1963 г. выходит специальный журнал «Литология и полезные ископаемые», в 1968 г. создан Межведомственный Литологический комитет (МЛК) АН СССР и соответствующие республиканские и региональные комитеты, защищаются диссертации, издаются монографии и научные статьи. Другими словами, есть наука – литология, есть в ней потребность, но не проводится подготовка кадров литологов для науки и производства.

Исходя из возрастающей потребности и значения комплексного литологического изучения осадочных пород и руд при решении научных и прикладных вопросов, дефицита специалистов - литологов в Украине и за ее пределами, а также из того обстоятельства, что нигде в вузах Украины не велась их подготовка, по нашей инициативе, по представлению кафедры минералогии, петрографии и полезных ископаемых ХГУ, поддержанному дважды Пленумом Украинского Литологического комитета АН УССР (1983 и 1984 г.г.), совместным Постановлением Президиум АН, Мингео и Минобразования УССР за № 264 от 26.06.1985 г. поручили Харьковскому университету организовать подготовку специалистов по новой, перспективной специализации «Литологии» с 1987/1988 учебного года, что и было реализовано в обусловленный срок (приказ ректора Харьковского государственного университета № 0202-1/066 от 18.05.1987 г.). Постановлением предусматривалось повышение эффективности подготовки геологических кадров, в особенности по новым специализациям, в том числе и целевая подготовка по новому направлению – «Литологии» – в единственном вузе Украины - Харьковском университете. Тем же Постановлением был утвержден состав межведомственного координационного совета по комплексной программе «Прогноз», в которую вошли специалисты АН, Мингео и Минобразования Украины, а от Харьковского университета был включен проф. П.В. Зарицкий – инициатор открытия специализации «Литология» в вузе.

В 1986 г. Приказом министра высшего и среднего специального образования СССР за № 172 от 05.03.1986 г. «Об организации специализации «литология» на специальности 0101 Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» такая специализация была утверждена официально. Таким образом, новая специализация – «Литология» была открыта в Харьковском университете впервые в Украине (и до сегодняшнего времени) через год после её формальной легализации, хотя приступили к выполнению упомянутого выше Постановления в год его выхода (1985).

На геологическом отделении ГГФ ХГУ к моменту открытия специализации «Литология» работали три доктора геол.-минерал. наук, профессора П. В. Зарицкий, Г. В. Карпова, С. И. Шуменко и ряд кандидатов наук, доцентов, которые защитили диссертации по этой специальности.

Введение новой специализации требовало серьезной переработки учебного плана. Главное внимание было уделено спецкурсам, направленным на углубленное изучение процессов минерало- и породообразования в зоне гипергенеза, на выяснение условий осадко- и породообразования и преобразования пород на разных стадиях литогенеза, на комплексное изучение осадочных пород с целью фациального и формационного анализа их, палеогеографических реконструкций и т.п. [4, 5, 6, 8, 9].

В процессе работы над перечнем и программами спецкурсов был учтен небольшой опыт Московского университета (там специализация «Литология» была введена на 2 года раньше), а также были приняты во внимание и пожелания Управления поисковых работ по рудным и нерудным полезным ископаемым, гидрогеологии и экологическому картированию Госкомгеологии Украины.

В учебный план специализации, кроме общего курса – литология, было включено 7 спецкурсов (геохимия литогенеза и основы конкреционного анализа, шлиховые поиски, литолого-фациальный анализ осадочных толщ, осадочные геологические формации, литология коллекторов и флюидоупоров, математические методы в литологии, проблемы гидрогазодинамики). Имелись необходимые условия для проведения учебно-методической и научно-исследовательской работы, действовал специализированный совет по защите докторских диссертаций по литологии, функционировало Харьковское отделение Украинского Литологического комитета АН УССР, защищались дипломные работы, работала аспирантура, впервые в Украине и СНГ начали читаться перечисленные выше 7 спецкурсов, проводиться учебная литологическая полевая практика (2 недели), печатались монографии, статьи, делались доклады на Международных и отечественных научных форумах, печатались учебные пособия и учебно-методические материалы по читаемым курсам [1, 2, 3, 7, 11].

Еще в 50-х годах XX столетия на кафедре нами развивалось новое литолого-геохимическое направление исследования осадочных пород и связанных с ними полезных ископаемых, основанное на всестороннем изучении конкреционных образований и вторичных минеральных новообразований в них и конкреционных комплексов. Возможности решения широкого круга проблем общегеологических, литологических, поисков месторождений полезных ископаемых осадочного генезиса, стратиграфического расчленения и корреляции осадочных толщ и многое другое, благодаря изучению конкреций, обусловили появление и развитие нового особого литолого-геохимического метода - конкреционного анализа, его систематическое использование и усовершенствование применительно к осадочным и метаосадочным породам и связанным с ними полезным ископаемым (П. В. Зарицкий, А. В. Македонов и др.).

Именно в СССР впервые в истории геологической науки (в том числе по нашей инициативе как члена бюро МЛК АН СССР от Украины) за период с 1970 до 1986 гг. были проведены пять Всесоюзных научных конференций по проблеме «Конкреции и конкреционный анализ» (Ленинград, 1970, 1976, 1986; Харьков, 1973; Тюмень, 1983). Опубликованные материалы этих конференций вместе с монографиями (Зарицкий, 1959, 197, 1971, 1985, 1990, 1991 и др.; Македонов, 1966, 1970; Атлас конкреций, 1988) стали без преувеличения первыми

в мировой науке фундаментальными сводками по конкрециологической проблематике. Приоритет нашей науки в деле изучения конкреций, в разработке и внедрении конкреционного анализа в геологические исследования и практику геолого-поисковых и разведочных работ признаётся за рубежом, а кафедра минералогии, петрографии и полезных ископаемых ХНУ стала признанным центром изучения конкреций и разработки и внедрения методики конкреционного анализа [1, 2, 3].

В СССР по нашей инициативе был создан постоянно действующий научно-методический центр, направляющий и координирующий работу по изучению конкреций, дальнейшей разработке и углублению конкреционного анализа, расширению сферы его применения, регулярному проведению научных конференций по этой проблеме – секция «Конкреционный анализ и проблемы диагенеза» в рамках структуры МЛК АН СССР и соответствующая научная секция Украинского Литологического комитета АН УССР, которые возглавлялись автором с момента учреждения комитетов в 1968 г.

Во второй половине 80-х годов прошлого столетия мы начали готовить VI конференцию, намереваясь посвятить ее изучению конкреций в современных осадках, почвах, корах выветривания и особенно привлекающих к себе огромное внимание во всем мире и имеющих исключительно важное значение как неисчерпаемый в перспективе источник ценных промышленных металлов (Mn, Co, Ni, Cu, Mo и др.) железо-марганцевых конкреций в океанах, а также конкреционных образований в негеологических объектах, что также намечалось сделать впервые. Но этим планам (в силу известных причин) не суждено было сбыться.

Изучение конкреций зародилось сперва в недрах литологии, минералогии и геохимии осадочных пород, на стыке этих дисциплин. Однако конкреционные образования являются также объектом изучения биологии и медицины, химической технологии, почвоведения и метеорологии. Все это побудило нас в докладе на IX Международном конгрессе по стратиграфии и геологии карбона (США, 1979) выдвинуть и обосновать положение о формировании новой междисциплинарной отрасли естествознания: учения о конкрециях – конкрециологии, что нашло отражение в материалах конгресса.

Накопленный опыт изучения угленосных, нефтегазоносных, рудоносных и других осадочных геологических формаций показал, что результаты изучения конкреций и применения конкреционного анализа тем значительнее, чем более детально, всесторонне изучаются конкреции и вмещающие их породы [1-3, 7, 9-11].

Вот почему одним из профилирующих в учебном плане по специализации «Литология» стал авторский курс «Геохимия литогенеза и основы конкреционного анализа» (П. В. Зарицкий), в основу которого были положены одноименное учебное пособие, изданное в 1991 г. [3], и наша монография «Конкреции и значения их изучения при решении вопросов угольной геологии и литологии» (1985) [1]. Рецензентами учебного пособия и монографии были ведущие профессора Московского (оба издания), Ростовского, Воронежского и Львовского университетов. В сокращенном виде этот курс был прочитан нами в Воронежском и Ростовском н/Д университетах, а также в ряде ведущих вузов Ки-

тая (Пекинский, Нанкинский, Гуилинский и Кунминский университеты; Сианьский, Тайюанский горные институты). Осенью 2002 г. этот курс в сокращенном виде был нами прочитан по приглашению геологического факультета МГУ для студентов-геологов старших курсов, аспирантов и научных сотрудников. В полном объеме курс в течение уже 20 лет читается только для магистров-литологов ГГФ ХНУ.

Общегеологическая, гидрогеологическая и экологическая подготовка литологов обеспечивается соответствующими кафедрами ГГФ. Наличие высококвалифицированных преподавателей позволяет вести дифференцированную подготовку специалистов-литологов по отдельным договорам с научно-исследовательскими учреждениями и геологоразведочными организациями с учетом их пожеланий (литологи с угольных или нефтегазовым уклоном, специалисты по неметаллическим полезным ископаемым, горнохимическому или агрохимическому сырью и т.п.).

Выпускники-литологи (начиная с 1990 г.) успешно работают в научных учреждениях и геологоразведочных организациях Харьковской, Полтавской, Черниговской, Днепропетровской и Сумской областей Украины и даже за её пределами. Литологическая специализация органически связана с важной для Украины и Северо-Восточного региона её нефтегазовой отраслью, хотя она в равной мере охватывает все без исключения полезные ископаемые осадочной оболочки земной коры.

В письме в Минобразования и науки и ректору ХГУ Председателя Госкомгеологии Украины Гошовського СВ. от 13.05.1997 г. отмечалось: «В Украине в недалекой перспективе будут проводиться значительные объемы работ по поискам и разведке рудных и нерудных полезных ископаемых, нефти и газа. Основой всех этих работ есть геологическая съемка вообще и крупномасштабная в частности. Для ее проведения нужны специалисты не только с серьезной геологической подготовкой, но и те, что владеют знаниями и методами изучения осадочных пород и руд, поскольку современная крупномасштабная геологическая съемка рассчитана именно на картирование литолого-стратиграфических комплексов и свит. В этом отношении Харьковский университет традиционно сыграет ведущую роль, ибо в нем кроме палеонтологов-стратиграфов работает и наибольший в Украине отряд литологов».

Еще одна цитата из того же источника: «Накопленный десятилетний опыт подготовки высококвалифицированных специалистов-литологов в единственном из вузов Украины – Харьковском госуниверситете следует оценивать как положительный и считать целесообразным расширить набор на новую перспективную специализацию – литологию до 12-15 ежегодно».

Неоднократные положительные отзывы об уровне подготовки специалистов-литологов на кафедре минералогии, петрографии и полезных ископаемых, необходимости сохранить в перечне специализаций литологию и закрепить ее за ХНУ имеются и в других документах – письмах Министерству образования и науки Украины и руководству университета

1) от заместителя председателя Госкомгеологии Украины, д-ра геол.-минерал. наук Н. И. Евдощука;

- 2) руководителя Черниговского отделения УкрНИГРИ проф. В. П. Кабышева (а позже повторно – канд. геол.-минерал. наук Г. И. Вакарчука);
- 3) директора УкрНИИГаз д-ра геол.-минерал. наук И. М. Фыка.
- 4) начальника Регионального геологического центра ГПП «Полтаванефтегазгеология» канд. геол.-минерал. наук, члена-корр. УНГА В. М. Тесленко-Пономаренко;
- 5) директора газопромыслового управления «Шебелинкагаздобыча» НАК «Нефтегаз Украины» В. П. Горбенко.

Можно быть уверенным, что спрос на специалистов-литологов, уже с 1990 г. успешно работающих в научных учреждениях и производственных организациях, будет неуклонно расти по мере расширения геологосъемочных и геологоразведочных работ в Украине, которые могут и должны обеспечить собственную минерально-сырьевую базу и даже увеличить годовой баланс во внешней торговле страны.

Библиографический список

1. **Зарицкий П. В.** Конкреции и значение их изучения при решении вопросов угольной геологии и литологии. Харьков: Вища школа, 1985. 176 с.
2. **Зарицкий П. В.** Конкреции и конкреционный анализ // Осадочные геологические формации. Новосибирск: Наука, 1990. С. 95-105 (Тр. Ин-та геол. и геоф. СО АН СССР. Вып. 761).
3. **Зарицкий П. В.** Геохимия литогенеза и основы конкреционного анализа : Уч. пособие. Харьков: Изд-во ХГУ, 1991. 112 с.
4. **Заріцький П. В.** Підготовка геологів з нової спеціалізації літології в Харківському університеті. Проблеми геологічної науки та освіти в Україні. Львів, 1995. С 63-64.
5. **Заріцький П. В.** Перспективні напрямки розвитку геологічної науки та підготовки кадрів в Україні. Наука і освіта. Зб. наук.праць. Кн. III. К.: Хрещатик, 1977. С. 7-11.
6. **Заріцький П. В.** Конкреціологія: новий літолого-геохімічний напрямок вивчення осадових порід та її відображення в навчальному процесі. Мат. наук.-метод. конф. «Вплив наукових досліджень на підвищення підготовки фахівців». Івано – Франківськ : ІФДТУНГ, 1998. С.76-77.
7. **Зарицкий П. В.** Изучение аутигенной минерализации (особенно конкреций) осадочных пород и его значение для решения общегеологических и специальных вопросов. Киев. Минерал. журнал, 2001. Т. 23. № 4. С.67-72.
8. **Зарицкий П. В.** Новые и перспективные специальности (специализации) по геологии в университетах Украины // Мат-лы 2-й Междунар. междисциплинарной научно-практ. конф. «Современные проблемы науки и образования» (Керчь, 2001). Харьков, 2001. Ч. 2. С. 15-16.
9. **Зарицкий П. В.** Учение о конкрециях: конкрециология и конкреционный анализ – новое литолого-геохимическое направление изучения осадочных пород и отражение его в учебном процессе // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. Вып.12. С. 123-127.

10. **Зарицкий П. В.** Значение изучения конкреций при формационном анализе метаосадочных толщ докембрия // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия: Мат-лы 3-го Всерос. литол. совещ. (18-20 марта 2003 г., Москва). М.: МГУ, 2003. С. 212-213.

11. **Зарицкий П. В.** Значение изучения конкреций и конкреционных комплексов при формационном анализе осадочных геологических формаций // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия: Мат-лы 3-го Всерос. литол. совещ. (18-20 марта 2003г., г. Москва). М.: МГУ, 2003. С. 17-19.

УДК 378 (55)

А. К. Седых, А. В. Зиньков,
Дальневосточный гос. технический университет

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ДЛЯ ГЕОЛОГОВ

Начиная с 1989 г. при подготовке специалистов (инженеров) в качестве заключительной аттестации перед дипломным проектированием в соответствии с постановлением Министерства науки, высшей школы и технической политики РФ был введен Государственный экзамен по специальности. Порядок его проведения не регламентировался какими-либо инструкциями. Все было предоставлено на усмотрение УМО по специальностям и выпускающих кафедр.

В соответствии с учебным планом госэкзамен для геологов был предусмотрен на базе специальности 130301 "Геологическая съемка, поиски и разведка МПИ" в рамках специальных курсов с единым замыслом и с обобщенным наименованием для того времени «Геология и разведка полезных ископаемых», весьма близким к современному наименованию специальности.

Кафедрой геологии и МПИ была предложена оригинальная форма проведения междисциплинарного экзамена по специальности, которая, по замыслу ее авторов, должна была повысить его эффективность с отказом от традиционных приемов ответов на вопросы по экзаменационным билетам. Этот новый метод контроля знаний студентов предусматривал мобилизацию их знаний на активную самостоятельную творческую работу* [1].

Смысл нового подхода к проведению междисциплинарного экзамена заключается в следующем. Из архива кафедры выбираются лучшие дипломные проекты предыдущих лет. Из них извлекаются 3-4 листа основной демонстрационной графики, а именно: геологическая карта района работ (месторождения) с геологическим разрезом и стратиграфической колонкой; геологическая

* **Гарбузов П. С., Седых А. К.** Новые направления организации учебного процесса при подготовке специалистов-геологов // Совершенствование форм и методов организации учебного процесса: Материалы межвузовской научно-методической конференции (г. Комсомольск-на-Амуре, 21-23 февраля 1990 г.). Хабаровск: ХПИ, 1992. С. 24-31.

карта месторождения (участка работ) с планом ранее проведенных и проектируемых работ; проектные геологические разрезы; планы и проекции подсчета запасов (ресурсов) минерального сырья. К перечисленной графике мог добавляться специальный лист, если индивидуальная научная разработка дипломника касалась вопросов, напрямую связанных с геологией и разведкой исследуемого объекта.

Темы дипломных проектов охватывают все стадии геологоразведочного процесса на объектах с самыми разнообразными видами минерального сырья, типичными для Дальнего Востока: олова, золота, вольфрама, полиметаллов, бора, флюорита, угля и др.

Каждому экзаменуемому предоставляются памятки (выдержки из Положения о проведении междисциплинарного экзамена) с указанием рекомендуемого перечня тем, которые экзаменуемый должен раскрыть, изучив полученный графический материал перед началом самостоятельной работы. Набор карт выдается индивидуально каждому студенту вместе с памяткой, согласно вытянутому номеру.

Вопросы, рассматриваемые на основании анализа графического материала, включают в себя: наименование проекта и местоположение объекта изучения, геологическое строение района (месторождения) с описанием стратиграфии, магматизма и тектоники; геологическую характеристику объекта и исследуемого минерального сырья; обоснование стадии проектируемого геологоразведочного процесса; выбор и последовательность видов работ (геофизических, поисковых, разведочных с обоснованием сети); выбор технических средств (горные и буровые работы); опробовательские; химико-аналитические и топографо-геодезические работы; метод подсчета запасов (ресурсов) минерального сырья с общей геолого-экономической оценкой и рекомендациями по постановке следующей стадии геологоразведочных работ.

За две недели до госэкзамена каждый студент получает перечень теоретических вопросов, которые могут задаваться членами ГЭК дополнительно к вопросам по проработанному материалу дипломного проекта. Список вопросов охватывает все дисциплины, обеспечивающие специальность. Поэтому накануне госэкзамена проводятся консультации ведущими преподавателями кафедры по специальным дисциплинам.

На подготовку к госэкзаменам отводится четыре часа. В распоряжение экзаменуемых предоставляется научная и учебная литература, словари, справочники, возможность получения информации через компьютерную сеть.

После истечения контрольного времени объявляется заседание ГЭК (обычно в 13 часов), под председательством заведующего выпускающей кафедры, в состав которой входят ведущие преподаватели выпускающей и смежных кафедр, представитель деканата. Госэкзамен проводится открыто с приглашением специалистов, сотрудников и студентов факультета.

Процедура сдачи госэкзамена заключается в следующем. Каждый из экзаменуемых вывешивает полученную и изученную им графику и делает доклад в соответствии с планом, изложенным в полученной памятке. Продолжительность доклада не более 15 минут.

Как положительный фактор оценивается критическое отношение докладчика к проанализированному геологическому материалу; обоснование методических подходов, отличных от использованных в проекте; выявление ошибок, неточностей с точки зрения экзаменуемого и т. п.

После доклада экзаменуемому задаются вопросы членами ГЭК, а затем присутствующими на экзамене преподавателями и студентами. Оценки выставляются каждым членом ГЭК в соответствии с положением, разработанным в университете. Общая оценка выносится на закрытом совещании ГЭК.

Изложенная методика проведения госэкзамена по специальности в 1986 г. докладывалась и была одобрена на заседании Головного УМО по геологическим специальностям при МГРИ (г. Москва). Она внедрена на кафедре геологии и МПИ ДВГТУ и успешно применяется в течение двадцати лет. Одновременно элементы этой методики используются и на смежной кафедре «Геофизика и геоэкология».

За этот период применение новой методики выявило ряд преимуществ по сравнению с традиционным способом приема экзаменов по билетам.

Во-первых, она мобилизует студентов на самостоятельную проработку полученного материала. При этом конечный результат госэкзамена определяется не только полученными знаниями, но и умением работать с графикой и литературой, смекалкой и способностью рационально использовать время.

Во-вторых, сами студенты заинтересованы в представленной возможности оценить, кто есть кто?! Все присутствующие на экзамене студенты имеют право выступить в качестве оппонента докладчику, т. е. заседание ГЭК проходит при открытых дверях и вносит элемент преемственности обучения.

В-третьих, студент, сдавая госэкзамен по предложенной методике, как бы проходит генеральную репетицию перед основным испытанием — защитой в ближайшее время уже своего дипломного проекта.

В-четвертых, члены ГЭК получают возможность более объективной оценки знаний студентов.

В-пятых, более конкретно и отчетливо срабатывает обратная связь: возможность устранения допущенных выпускающей кафедрой ошибок в учебной работе, особенно методического характера, со стороны преподавателей в процессе обучения студентов и руководства дипломным проектированием.

Полученный опыт проведения госэкзамена по изложенной выше методике показал, что такая форма учебной работы является эффективным средством активизации учебного процесса, способствует более глубокому освоению специальности. При этом подготовка к госэкзамену не требует дополнительных материальных затрат, так как используется графический материал уже защищенных дипломных проектов.

Возможно, изложенная методика проведения госэкзамена по специальности на выпускающей кафедре геологии и МПИ ДВГТУ заинтересует родственные кафедры других вузов страны.



Виталий Германович КУЗНЕЦОВ

Виталий Германович Кузнецов родился 24 июля 1937 г. в г. Баку АзССР в семье инженера-нефтяника.

В 1954 г он поступил и в 1959 с отличием окончил МИНХиГП им. И. М. Губкина (ныне РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина), после чего работал инженером-петрографом в тресте «Оренбургнефтегазразведка» Мингео РСФСР.

В 1962 г. поступил в аспирантуру МИНХиГП и после ее окончания и за-

щиты кандидатской диссертации с 1965 по 1968 гг. работал во ВНИИГазе Мингазпрома СССР, одновременно преподавая в МИНХиГП. С 1968 г. постоянно работает в РГУ нефти и газа в должности ассистента (1968-1970), старшего преподавателя (1970-1975), доцента (1975-1982), а после защиты докторской диссертации в 1980 г. – профессора (с 1982 г. по настоящее время).

В. Г. Кузнецов ведет основные базовые курсы кафедры для студентов и магистрантов – Литология, Геохимические исследования в нефтегазовой геологии, Фациальный и формационный анализ в нефтегазовой геологии, Нефтегазовая литология, Литология природных резервуаров нефти и газа, руководит дипломниками и аспирантами, ведет большую учебно-методическую работу. Активно участвует в подготовке и переподготовке специалистов для газовой и нефтяной промышленности.

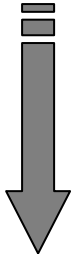
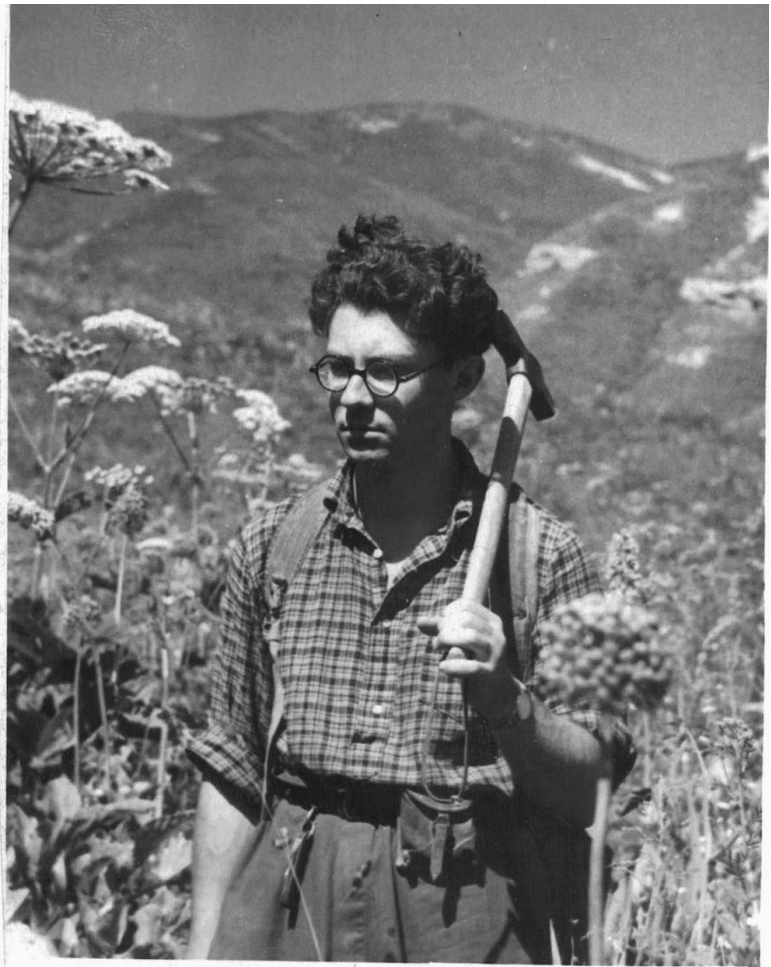
Спецкурс В. Г. Кузнецова «Коллектора и природные резервуары карбонатных отложений» соответствует мировому уровню и пользуется постоянным спросом и успехом у специалистов.

Его ученики работают во многих научных и производственных организациях России, стран ближнего и дальнего зарубежья, многие из них стали кандидатами и докторами наук. В. Г. Кузнецов – один из создателей нового научного направления – нефтегазовой литологии, концепции и методического обеспечения подготовки специалистов по этому направлению, автор и соавтор ряда учебников и учебных пособий в области нефтегазовой литологии. Активно занимается аттестацией научных кадров, являясь членом трех специализированных советов по защитах докторских диссертаций, около десяти лет был членом Экспертного совета ВАК СССР.

В. Г. Кузнецов – ведущий специалист в области нефтегазовой литологии, литологии и нефтегазоносности карбонатных отложений, фациального анализа погребенных отложений, литологии природных резервуаров. Основные исследования проводились в Волго-Уральской провинции, Прикаспийской впадине, Восточной Сибири, на Кавказе, в Закавказье и в других регионах. Многократно



Первая практика в Северной Фергане



С дедом весело читать...



и достойно представлял отечественную науку на крупнейших международных мероприятиях – Международных геологических конгрессах, Конференциях Американской ассоциации геологов-нефтяников, Международной ассоциации седиментологов, Европейской ассоциации геологов-нефтяников и др. Признанный международный эксперт по карбонатным резервуарам нефти и газа, активный участник ряда международных научных проектов. Неоднократно привлекался к экспертизам Госплана СССР, Минэкономики РФ и других организаций. Председатель секции карбонатных отложений Межведомственного литологического комитета.

В. Г. Кузнецов – автор и соавтор более 400 опубликованных работ, в том числе 25 монографий, справочников, 6 учебников, изданных центральными издательствами и имеющих соответствующий гриф, и более 30 учебно-методических пособий. Ряд научных работ опубликован в ведущих международных научных журналах и тематических сборниках, а также в США, Великобритании, Германии, Китае.

Среди основных книг: «Геология рифов и их нефтегазоносность». М.: Недра, 1978. 304 с.; «Литология и литолого-фациальный анализ». Учебник. М.: Недра, 1981. 284 с. (совместно с Б. К. Прошляковым); «Природные резервуары нефти и газа карбонатных отложений». М.: Недра, 1992 с.; «Палеозойское рифообразование на территории России и смежных стран». М.: ГЕОС, 2000. 228 с.; «Эволюция карбонатакопления в истории Земли». М.: ГЕОС, 2003. 262 с.; «Литология». Учебник. М.: Недра, 1991. 444 с. (Совместно с Б. К. Прошляковым); «Литология. Осадочные горные породы и их изучение». М.: Недра, 2007. 511 с.*

Его монография по геологии и нефтегазоносности рифов явилась первой книгой подобного рода в мировой литературе и переведена на китайский язык. Разработанные им методы изучения погребенных рифов, карбонатных резервуаров, фациального анализа погребенных отложений на основе комплексирования данных бурения, скважинной и разведочной геофизики широко используются в научных и производственных организациях СНГ и способствуют повышению эффективности поисково-разведочных работ, достоверности подсчета запасов и созданию оптимальной системы разработки месторождений углеводородного сырья.

В. Г. Кузнецов избран действительным членом Российской Академии естественных наук, является членом Американской ассоциации геологов-нефтяников, Международной ассоциации седиментологов. В. Г. Кузнецов удостоен звания «Заслуженный геолог Российской Федерации», Отличник разведки недр СССР, Почетный работник газовой промышленности, награжден значком «За отличные успехи в работе» Министерства высшего и специального образования СССР, лауреат Премии им. Н. К. Байбакова, Премии Международной издательской ассоциации за лучшую научную публикацию, Премии Московского общества испытателей природы, НТО Горное, награжден медалью РАЕН им. П. Л. Капицы.

* См. «На книжную полку».

КИЗИЛЬШТЕЙН Леонид Яковлевич* (опыт автобиографии)

Ни в детстве, ни, тем более, в юности я не собирался быть геологом. Как и все нормальные люди, я мечтал в этом возрасте стать летчиком или моряком, но во всех случаях, как и мой отец, быть военным человеком. Однако в 1951 году, когда я окончил среднюю школу в родном городе Ростове-на-Дону, едва не получив серебряную медаль, выяснилось, что один из пунктов моей анкеты не вполне соответствует требованиям, предъявляемым в мирное время военными вузами к защитникам Отечества. Пришлось думать о более скромной профессии.

Выбор был довольно большой, но желание посмотреть на мир, хотя бы на ту его часть, которая называлась Советский Союз, привел меня, вместе с довольно большой компанией столь же серьезных школьных друзей, на горно-геологический факультет Новочеркасского политехнического института (НПИ). Ныне название этого известного и авторитетного вуза звучит более модно, но менее содержательно: Южно-Российский технический университет (но в скобках как-то виновато дописывается – НПИ).

Теперь кажется, что годы обучения в институте пролетели как один день. Что же осталось? Остались друзья и память о друзьях из счастливых, веселых, наполненных впечатлениями студенческих лет. Остается память о прекрасных преподавателях, которые не только передали знания, но и привили интерес к профессии. Остался т. н. «красный диплом», который, кстати сказать, мне ни разу не пришлось где-либо с гордостью предъявить. В студенческие годы я женился, и с тех пор мы с женой никогда не расставались. У нас двое хороших детей. Забегая вперед, скажу, что в дальнейшем, как и до, мне постоянно везло, и для начала доказательством этого служит направление после окончания института на Тырныаузский молибден-вольфрамный комбинат в Кабардино-Балкарии.

Везение (обозначим: №1) состояло в том, что в то время на комбинате – лидере цветной металлургии страны – работали великолепные геологи старой школы, у которых было чему поучиться. Кроме того, ежегодно проводил свой отпуск, изучая петротектонику месторождения, профессор НПИ А. В Пэк, которому меня придавали в качестве коллектора. От этого замечательного человека и ученого я узнал так много, что на всю жизнь сохраняю о нем светлую память и благодарность.

Как это ни покажется странным, именно на классическом «рудном» месторождении судьба и производственные обстоятельства привели меня в «угольную» геологию. В те, теперь далекие, годы мощные энергетические потребности комбината, а также бытовое хозяйство города Тырны-Ауз в значительной мере обеспечивались углем, добываемым на Былымском угольном месторождении.

* Публикуется в преддверии юбилея известнейшего геолога-угольщика, заслуженного деятеля науки РФ, доктора геолого-минералогических наук, профессора Южного федерального университета.

Уголь сжигался в местных котельнях, обеспечивая теплоснабжение жилых домов и производственных помещений.

Замечательная геохимическая особенность углей Былымского месторождения, как и других многочисленных нижнеюрских месторождений Северного Кавказа, состояла в весьма высокой (обычно значительно превышающей промышленную) концентрации германия. Позднее оказалось, что эти угли богаты многими элементами-примесями (ЭП): галлием, бериллием, бором, скандием, ванадием и другими. Сильная редкометалльная минерализация нижнеюрских углей была ранее известна благодаря работам В. М. Ратынского (Биогеохимическая лаборатория АН СССР). Угольные месторождения занимали в период древнего торфонакопления изолированные друг от друга понижения рельефа. Благодаря этому каждое из них представляло возможность проследить распределение германия и других ЭП в зависимости от положения области размыва (минерального питания), типа размываемых пород, микрокомпонентного и петрогенетического состава углей.

Оказалось, что в большой когорте геологов комбината я не знал угольную геологию несколько меньше, чем другие, и по этой причине меня назначили ответственным за разведку некоторых ближайших к комбинату месторождений (везение № 2). Когда это было сделано, кроме уточнения запасов угля оказалась изученной и их германиеносность. В результате получилась кандидатская диссертация: «Петрографический состав и германиеносность нижнеюрских угольных месторождений Северного Кавказа», защищенная в 1963 году и исчезнувшая после защиты в спецфондах, поскольку само упоминание о германии и, тем более, оценка запасов, считались большой тайной. Несколько (5) работ, однако, с соблюдением мер предосторожности, были опубликованы в центральной печати. После этого их автор, говоря словами Вольтера, **«стал считать себя ученым и даже умным человеком»** (в дальнейшем еще несколько раз я буду пользоваться саркастическими цитатами из произведений этого великого писателя и философа, выделяя их жирным шрифтом). В качестве такового, но, главным образом, благодаря счастливой случайности я оказался (везение №3) преподавателем кафедры геохимии и геофизики Ростовского госуниверситета. Кафедру организовал и возглавил известный ученый, прекрасный человек, геохимик, лауреат премии им. А. П. Карпинского АН СССР, профессор Г. В. Войткевич. О нем можно было сказать: **«...им восторгались и, тем не менее, его любили»**. Он был энциклопедически образован, с охотой делился знаниями и высоко оценивал перспективы органической геохимии. Г.В. Войткевич пригласил меня на свою кафедру, и, таким образом, ему я обязан тем, что вся моя последующая жизнь связана с вузом. Сохраняю о нем светлую память!

Оставлю в стороне описание своей педагогической деятельности (**кто ничего не знает, тот учит**). Как это принято, в первые годы работы в вузе на молодого преподавателя, каким я в то время был, «повесили» лекционные курсы и практические занятия, бывшие по тем или иным причинам нежелательными для других, в их числе в разное время оказались: Общая геология, Историческая геология, Математические методы в геологии, Структурная геология, Геохимические методы в палеогеографии, полевая учебная практика, Геофизиче-

ческие методы разведки месторождений полезных ископаемых (этот курс я читал лет 20), Геология месторождений горючих полезных ископаемых, Петрография углей (читаю на протяжении всех лет работы), позднее – Металлогения органического вещества. Говорят, что с учебной работой справлялся неплохо, что отмечено благосклонным отношением ректората (благодарности, знак «За отличные успехи в работе») и устными высказываниями студентов до и во время экзаменов.

Считается, что преподаватель вуза не менее половины своего рабочего времени должен заниматься наукой, поскольку в противном случае ему останется лишь озвучивать страницы учебников, что можно сделать значительно лучше, проще и дешевле при помощи современных технических средств. Иногда (сравнительно редко) расширение круга знаний (наука) является внутренней потребностью человека. Причисляя себя к числу последних и будучи связанным (см. выше «везение № 2») с угольной геологией и угольной геохимией, а также обретаясь в угольном регионе – Донбассе, я на многие годы увлекся изучением серы и попытками построить модель, генетически объединяющую геохимию, минералогию, палеогеографию, технологию и экологию серы в углях.

“Все события связаны неразрывно в этом лучшем из возможных миров“, – отрицать это, размышляя о природных процессах, невозможно, остается немного – ответить на вопрос: как именно связаны и можно ли этим связям дать адекватное, хотя бы статистическое описание? Несомненный лидер современной отечественной науки о неорганическом веществе углей, профессор Я. Э. Юдович и его неизменный соавтор М. П. Кетрис с некоторой грустью, которую я разделяю, отмечают неудачи попыток установить закономерные количественные связи между природными факторами, определяющими концентрирование неорганических макрокомпонентов и элементов-примесей в углях. Изучая серу, я пришел к аналогичным выводам, поскольку стало ясным, что сернистость углей определяется одновременным действием на торфяной стадии углеобразования гидрологических, ботанических, микробиологических и геохимических факторов, каждый из которых суммирует действие множество факторов более низких порядков и вдобавок весьма сложно взаимодействующих друг с другом. На примере сульфидной серы это легко проиллюстрировать.

Сера в природных средах может менять валентность от S^{2-} до S^{6+} и, следовательно, формировать разнообразные ионные формы и входить в состав многих минералов и органических соединений. С позиции угольной геохимии важнейшей является форма S^{2-} , определяющая образование сульфидов железа (пирита, марказита). Ион S^{2-} появляется в результате восстановления сульфатов бактериями. Масштабы микробиологической генерации S^{2-} зависит от окислительно-восстановительного потенциала и кислотности (Eh–pH) среды, концентрации сульфатов и наличия органических веществ, пригодных для питания бактерий.

Нет ничего более зыбкого, чем Eh –pH. Эти параметры в торфе варьируют в зависимости от концентрации и состава растворенных в водной среде торфа минеральных и органических соединений, температуры, проточности и геоморфологического типа торфяника.

Концентрация сульфатов определяется составом пород области минерального питания (размыва), характером выветривания, морфологическим типом торфяника (низинный, верховой).

Состав органического вещества зависит от торфообразующей растительной ассоциации, анатомического и биохимического строения растений-торфообразователей, условия разложения.

И это далеко не полный перечень факторов, от которых зависит бактериальная сульфатредукция (генерация S^{2-}).

Рассмотрим в качестве примера еще один фактор – проточность торфяника. Здесь очевидна зависимость от климата (годовые и сезонные вариации), геоморфологического типа торфяника, рельефа местности. Геологи-угольщики без труда построят еще более протяженный список: состав торфообразователей и гидрохимия торфяных вод. Таким образом, функция, описывающая условия образования сульфидной серы углей, представлялась бы непреступно сложной даже для такой высокой компьютерной технологии, как моделирование в сложных системах. Но ведь есть еще органическая и сульфатная сера со своей геохимией и закономерностями распределения в торфяном (угольном) веществе, а также геохимия необходимого для образования сульфидов иона Fe^{2+} и биохимической неоднородности органического вещества микрокомпонентов (мацералов)!

Но и это не всё. Пласты имеют слоистое строение – следствие стратиграфических изменений условий торфонакопления, т. е. всех факторов, перечисленных выше. Характер и масштабы этой стратиграфической эволюции определяются изменениями климата, рельефа и тектонических движений земной коры.

Остается дополнить картину изменениями торфяного пласта в разных частях площади его распространения и как следствие различий условий в пределах торфяного массива.

Результаты сложных природных взаимодействий на торфяной стадии углеобразования вуалируются последующими процессами превращения торфа в уголь – диагенезом и метаморфизмом, которые существенно влияют на распределение и концентрацию многих ЭП (сера, однако, не относится к их числу).

Хаотическое переплетение бесчисленных природных процессов делает бесперспективными попытки построения даже статистической модели, позволяющей адекватно описать распределение в угольном пласте даже всего лишь одного химического элемента в углях – серы.

Придя к такому выводу, автор ограничил свои искания более скромными целями: на основе систематизации обширных собственных и литературных эмпирических данных построить концептуальную модель, характеризующую в общем виде распределение и концентрацию серы в угольных пластах. Это оказалось возможным сделать в терминах палеогеографии.

Результаты обстоятельно изложены в более чем 50 работах в центральной печати, монографии «Генезис серы в углях» и одноименной докторской диссертации, защищенной в 1975 году на Ученом совете МГУ.

«Имея счастье ничего не делать», но, будучи человеком любознательным, автор мог позволить себе заниматься тем, что казалось интересным или практически нужным.

Именно таким образом появилось исследование анатомии фюзенизированных углеобразующих растительных тканей (метод просветления фюзена) [с А. И. Егоровым], пиритизированных микроорганизмов в угле [с Л. Г. Минаевой], анатомии микрокомпонентов углей (метод ионного и ВЧ-травления). Методика травления оказалась наиболее эффективной, а результаты – наиболее значимыми. Они стали возможными благодаря многолетнему творческому сотрудничеству с А. Л. Шпицглюзом, физиком по специальности, талантливым ученым, сконструировавшим оригинальную аппаратуру для травления и глубоко постигшим далекие от его базовой специальности знания и проблемы палеоанатомии и палеобиохимии. Результатом их совместных творческих и организационных усилий стали монографические работы: «Атлас микрокомпонентов и петрогенетических типов антрацитов» [1998]; «Анатомический атлас растений – углеобразователей палеозоя» [1999] и более 20 статей в центральной печати. Поскольку эти работы многим понравились, автора пригласили принять участие в составлении атласа «Петрографические типы визейских углей Камского бассейна» [2001, с Р. Р. Хасановым, Ш. З. Гафуровым, Ш. З. Ларичевой, В. А. Косинским и др.].

Воспитанная геологами Тырныаузского комбината нацеленность на практические приложения результатов изучения полезных ископаемых привела автора и сотрудников Лаборатории геологии угля, которой он многие годы руководит, к изучению золошлаковых отходов сжигания углей на тепловых электростанциях. Результат – коллективная монография «Компоненты зол и шлаков ТЭС», около 20 авторских свидетельств и 10 статей в центральной печати.

Я. Э. Юдович и М. П. Кетрис в замечательной монографии «Неорганическое вещество углей» пишут, что с 60-х годов XX века, «незаметно для исследователей» наступил «экологический этап» геохимии углей. Незаметно и вместе со многими в этот этап вступил и автор: «Роль органического вещества в концентрировании металлов в земной коре» [1983, с Г. В. Войткевичем и Ю. И. Холодковым]; «Оценка обогатимости ископаемых углей на стадии геологоразведочных работ» [1987, с С. В. Жаком и П. П. Мостовым], «Экологические и экономические последствия загрязнения речных вод тяжелыми металлами» [1990, с П. П. Мостовым и др.], «Роль органического вещества земной коры в образовании месторождений урана» [1999, с Б. А. Черниковым], «Экогеохимия элементов-примесей в углях» [2002], а также более 30 журнальных статей.

Работая с германием и элементами-примесями, я пришел к убеждению, что их (а не только серы) накопление и распределение в пластах в наибольшей степени определяется палеогеографической обстановкой торфяной стадии формирования угольных пластов. Равным образом это определяет распределение макроминеральных примесей, морфологию и мощность угольных пластов. По существу, палеогеография формирует все характеристики состава и строения углей, кроме тех, которые связаны с воздействием метаморфизма. Если согласиться с этим утверждением и располагать методами палеогеографических реконструкций, можно ставить и решать практически важную «обратную задачу»: прогнозировать качество и строение угольных пластов в интересах геологоразведочных и эксплуатационных работ. В реализации этих прикладных на-

учных задач для Восточного Донбасса я в течение многих лет работал вместе со своим учителем, профессором РГУ А. И. Егоровым – известным геологом-угольщиком, замечательным педагогом, человеком исключительно широкой, по-настоящему профессорской, образованности, становящейся все более редкой в наше суетливое время. Я многому у него научился, помню его и благодарен за яркие и высокохудожественные воспоминания о нашей общей с ним alma mater – Новочеркасском политехническом институте.

Методика и примеры палеогеографических реконструкций, рассеянные по многим статьям, объединены в монографии «Среднекарбовое торфоуглекислотное накопление в Донецком бассейне. Палеогеографические и пластово-качественные карты основных угольных пластов» [2003, с В. Т. Щириным и Б. А. Черниковым]. В монографию включены 103 цветные карты, характеризующие литолого-фациальный состав углевмещающих пород, распределение золы, серы, изменение морфологии, петрогенетических типов и химического состава золы на площади бассейна.

Последним, но самым значительным везением № 4 (которое можно считать даже чудом, учитывая число отвергнутых претендентов и их служебное положение) считаю присвоение в 1996 году почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

С удовольствием и гордостью отмечаю также свое участие в VI (сводном, заключительном) томе фундаментальной монографии «Угольная база России» [2004, главы 10 и 23] и опубликованную при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) монографию «Геохимия и термохимия углей» [2006].

Для завершающего макияжа образа отмечу, что в 1982 году мне удалось организовать поддержку в Министерстве высшего и специального образования РСФСР и в Ростовском госуниверситете инициативу Министерства геологии СССР об организации «Факультета повышения квалификации геологов и экономистов» упомянутого министерства и стать заведующим кафедрой геологии и экономики угольных месторождений факультета. Под впечатлением этой работы была написана монография «Прогнозирование региональной потребности в специалистах» [1986, с С. В. Жаком, П. П. Мостовым, В. Д. Лукьяновым]. Как сказал как-то на своем юбилее директор НИИ физической и органической химии РГУ, академик АН РФ В. И. Минкин: «...таков мой отчет о проделанной работе, правда, предварительный» (!).

Произведения, подобные представленному выше, принято завершать каким-либо значимым, желательным, мудрым наставлением потомкам. Оно уже давно произнесено: **«...только работа избавляет нас от трех великих зол: скуки, порока и нужды».**

НА КНИЖНУЮ ПОЛКУ

Не имея возможности, да и не преследуя цель охватить даже малую толику литературы, публикуемой в области литологии и геологии горючих ископаемых, «точечно» остановимся лишь на некоторых изданиях этого направления. Каждое из них характеризует проблематику в относительно узком векторе рассматриваемой области геологического знания, но вместе взятые, они могут дать достаточно объективное суждение о современном состоянии вопроса в целом. Редколлегии особенно приятно, что многие из авторов реферируемых работ являются авторами статей, опубликованных в сборнике в разные годы его издания. Характеризуя представленные работы, в ряде случаев мы привели их авторские аннотации, дополнив краткими примечаниями от редколлегии.

➤ **Волков В. Н. Основы геологии горючих ископаемых: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. 262 с.**

➤ **Волков В. Н. Введение в разведку полезных ископаемых: Учеб. пособие. СПб., 2006. 136 с.**

➤ **Волков В. Н. Геологическая документация и опробование поисково-разведочных выработок: Учеб. пособие. СПб., 2007. 120 с.**

Тремя последовательно изданными пособиями крупнейший отечественный геолог-угольщик дал пример блестящего синтеза представлений о горючих полезных ископаемых твердого (угольного) и флюидного (газонефтяного) рядов; основ поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, а также геологической документации и опробования горных выработок и скважин. Особенно привлекает сжатое и безукоризненно выверенное изложение основ геологии и разведки всего спектра горючих ископаемых «под одной крышкой». Высокая емкость изложенных сведений позволила избежать их выхолащивания или популяризации, но настраивает читателя (в первую очередь студента) к совершенствованию в данной области знания.

Хотя пособия и предназначены студентам геологических специальностей вузов, но могут быть также рекомендованы и широкому кругу специалистов, желающих освежить, систематизировать и «реструктуризировать» свои знания.

➤ **Гришкевич В. Ф. Макроструктура берриас-аптских отложений Западной Сибири и ее использование при построении информационных технологий в геологии нефти и газа. Тюмень: Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2005. 116 с.**

Макроструктура Западно-Сибирского осадочного бассейна анализируется с использованием новейших представлений о маргинальных фильтрах Мирового океана. Определение литолого-стратиграфических объектов для анализа и прогноза нефтегазонасности дается на основе макрокосослоистой структуры неокомских отложений и представлений о первичной и вторичной миграции УВ. Рассматриваются вопросы формализации номенклатуры стратонов мест-

ных шкал, их представления в специализированных базах данных и организации на этой основе технологий моделирования осадочных толщ. Приводится описание реализации таких технологий, анализируется опыт их применения.

Аннотация

Монография апробирована успешной защитой докторской диссертации (Тюмень, 2006), представляет собой пример одного из наиболее полных и последовательных рассмотрений клиноформного строения ачимовских песчаников, в частности, так называемых «аномальных разрезов». По сути на современном уровне дается решение закона Головкинского о возрастном скольжении литологических границ для очень важного в практическом отношении объекта.

➤ **Кузнецов В. Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: Учеб. пособие для вузов. М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2007. 511 с.**

Исчерпывающий в своей полноте учебник призван заменить наиболее используемые до последнего времени пособия В. Т. Фролова (1964), а также Н. В. Логвиненко и Э. И. Сергеевой (1986). Он предназначен не только студентам вузов и аспирантам, но может быть настоятельно рекомендован всем геологам, изучающим осадочные породы, и в первую очередь в рамках нефтегазовой литологии (см. статью В. Г. Кузнецова в начале сборника).

➤ **Петрологический атлас ископаемого органического вещества России / Гл. редактор О. В. Петров. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 604 с.**

Впервые охарактеризовано всё многообразие углей России в широком возрастном диапазоне, от девона до неогена, а также рассмотрены петрологические особенности горючих сланцев и рассеянного органического вещества (РОВ) пород осадочных бассейнов.

Рассматриваются геологические аспекты распространения каустобиолитов, содержатся данные об угленосности, нефтегазоносности и сланценосности бассейнов и их ресурсном потенциале. Описываются типы ископаемого органического вещества (ОБ), их состав и концентрация, а также методы изучения каустобиолитов и РОВ пород. Содержатся данные по петрографии бурых, каменных углей и антрацитов, горючих сланцев палеозоя, мезозоя и графитов и шунгитов. Освещаются прикладные аспекты углепетрографии, а также приводятся сведения по петрографии метаантрацитов, угольных графитов, включены материалы по петрологии РОВ пород нефтеносных и других осадочных формаций.

Атлас предназначен для использования в научных и производственных организациях, а также в вузах в качестве справочно-методического пособия.

Авторы:

В. И. Вялов, И. Б. Волкова, Г. А. Беленицкая, О. В. Петров, В. Н. Волков, Г. М. Волкова, М. В. Голицын, А. Б. Гуревич, В. М. Богомазов, А. И. Гинзбург, Л. Я. Кизильштейн, В. В. Гальчиков, А. П. Золотов, Г. А. Игнатъев, В. А. Ко-

синский, В. Г. Коломенская. Т. Н. Молозина, Г. М. Парпарова, Н. В. Пронина, Г. В. Соколова, С. В. Щербакова.

Главный редактор О. В. Петров

Зам. главного редактора В. И. Вялов

Ответственный редактор И. Б. Волкова

Аннотация

Отметим, что стройное и логичное объединение «под одной крышкой» сведений по угольным и нефтегазоносным бассейнам очередной раз верифицирует правильность смены акцентов («переформатирования») издаваемого нами сборника.^{*)}

Особенно следует отметить и три прилагаемые к Атласу карты М 1:10 000 000:

- топливно-энергетических ресурсов России (2004, отв. исполнитель В. И. Вялов);
- угленосности, качества и ресурсов углей России (2005, отв. исполнитель В. И. Вялов);
- нефтегазоносности территории Российской Федерации на литогеодинамической основе (ред. Г. А. Беленицкая, В. И. Вялов).

➤ **Тимофеев П. П. Эволюция угленосных формаций в истории Земли. М.: Наука, 2006. 204 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 557).**

В новой монографии автора, участника «донецкого» коллектива разработчиков основных положений фациально-циклического анализа, приводится развернутая классификация фациальных типов континентальных и морских отложений. Изложены аспекты осадочного процесса и его энергетики, рассмотрены процессы биохимического разложения исходного растительного материала. Рассмотрены перспективы дальнейшего развития учения об осадочных, в том числе угленосных формациях.

Книга во многом суммирует представления, изложенные автором в многочисленных монографиях, ряд которых стал к настоящему времени библиографической редкостью. Современный ракурс рассмотрения основных проблем, стоящих перед литологами, делает издание чрезвычайно полезным для широкого круга седиментологов, особенно занимающихся фациальными реконструкциями.

➤ **Юдович Я. Э. Юрий Васильевич Степанов. Сыктывкар: Геопринт, 2006. 120 с.**

В 2008 г. исполнилось бы 85 лет крупному воркутинскому геологу-угольщику, награжденному Почетным знаком «Шахтерская Слава» всех трех степеней, отважному фронтовику-орденоносцу, бывшему узнику Инты, заслуженному геологу РСФСР, заслуженному деятелю науки и техники Коми АССР,

^{*)} См. также аннотацию работ В. Н. Волкова.

почетному академику РАЕН, доктору геолого-минералогических наук Ю. В. Степанову (19.05.1923 – 2.02.1996).

Степанов был создателем и многолетним руководителем тематических структурных подразделений в системе Мингео РСФСР, изучавших проблемы шахтной геологии в Печорском угольном бассейне. Он организовал, творчески развил и внедрил в научно-практическую угольную геологию бассейна, метод измерения отражательной способности витринита. Опираясь на этот метод, он сделал выдающиеся открытия в геологии бассейна, в числе которых и новый прогноз угленосности, расширивший границы Печорского бассейна до Тимана и вдвое нарастивший его ресурсы.

Издание содержит ранее не публиковавшиеся материалы об удивительной судьбе Ю. В. Степанова и сопровождается полной библиографией его печатных и фондовых работ.

Аннотация

Дополним, что короткие, но яркие воспоминания о Ю. В. Степанове были опубликованы в сборнике его постоянным автором, проф. М. В. Голицыным (вып. 14, стр. 270 – 272). Данное же издание наилучшим образом соответствует принципам составления научных биографий геологов, сформулированным С. И. Романовским (см. посвящение его 70-летию в начале сборника).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По нашему мнению, предложенный выпуск сборника в основном оправдал те ожидания, на которые мы рассчитывали при его «переформатировании». Во-первых, сохранена преемственность в освещении углегеологических (s. lato) проблем. Во-вторых, начато рассмотрение широкого круга вопросов, стоящих перед литологией в целом и ее нефтегазовым вектором в частности. Наконец, в-третьих, прослеживаются четкие тенденции во взаимозависимости и взаимодополнении целого ряда материалов. Это свидетельствует о проявлении своеобразной самоорганизации в формировании сборника, что мы прежде уже констатировали в заключении к 13-му выпуску (2003 г.).

Сыграл ли же данный, «переформатированный» выпуск роль пассионарного толчка (что отображено в рисунке на его обложке), покажут последующие выпуски. Мы приглашаем всех заинтересованных лиц принять участие в формировании очередного выпуска под номером II (18), намеченного к изданию в 2008 году.

Редколлегия

Уважаемые коллеги!

Уральский государственный горный университет приступил к сбору статей для формирования второго выпуска межвузовского научного тематического сборника «Литология и геология горючих ископаемых», продолжающего издание сборника «Геология угольных месторождений» (общий порядковый номер выпуска 18). 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 предполагается посвятить 100-летию со дня рождения Георгия Евгеньевича РЯБУХИНА (1908-1998), организатора и руководителя подготовки геологов-нефтяников в Свердловском горном институте (1951 – 1955 гг.).

Срок приема статей – до 31 марта 2008 г. Сборник предполагается издать к 5-му Всероссийскому литологическому совещанию (г. Екатеринбург, октябрь 2008 г.).

Адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, УГГУ, каф. ЛГГИ,
Алексееву В. П.

Тел. для справок: 8(343)257-65-56. Факс: (343)257-75-54.

E-mail: igg.lggi@ursmi.ru (только для обмена информацией).

Основные требования к оформлению статей

1. Объем статьи – до ½ п. л. (не более 10 – 12 стр.). Авторство допускается в одной статье и еще в одной – соавторство. Предпочтение отдается сотрудникам вузов.

2. Статьи должны быть представлены в виде файла (формат Microsoft Word 6.0/7.0/97) на дискете 3^{1/2} и в виде копии на бумажном носителе (бумага формата А4). Основной текст: шрифт Times New Roman Cyr; размер шрифта (кегель) – 14, в таблицах – 12; межстрочный интервал – 1.0; переносы в тексте не ставятся. Поля на странице 2,5 см; красная строка (отступ) 5 знаков. Текст с минимальным количеством формул, индексов, аббревиатур.

3. Рисунки четкие, штриховые, черно-белые, до 2 – 3 на статью, предельно схематизированные, размером не более 14 x 16 см, с высотой знаков не менее 2 мм. Таблицы с заголовками – до 2-3 на статью. Ссылки на использованные источники в тексте даются в квадратных скобках, например [3]. Обязательно указывается **индекс УДК**.

4. Список литературы печатается на отдельном листе, в алфавитном порядке, включает до 5 – 8 наименований, оформляется по принятым стандартам, с указанием страниц.

5. При вставке в текст формул, созданных в Microsoft Equation, высота знаков такая же, как в основном тексте.

6. К статье прилагаются сведения об авторах, включая адреса и телефоны. При наличии сведений, потенциально имеющих служебный характер, необходимо приложить акт экспертизы с заключением о возможности публикации статьи в открытой печати.

Размер шрифта (кегель)	Пример оформления статьи				
14-й 14-й полужирный 12-й	УДК. 553.94 (552.57) И. И. Иванов¹, П. П. Петров² 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	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Индекс пласта</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Мощность пласта, м</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Индекс пласта	Мощность пласта, м		
Индекс пласта	Мощность пласта, м				
14-й 12-й	Подрисуночные подписи (прилагаются на отдельной странице) Рис. 1. Карта угленосности: 1 – изолинии мощности, м; 2 – выход летучих, %				

СОДЕРЖАНИЕ

К 70-летию С. И. РОМАНОВСКОГО.	3
<i>Беленицкая Г. А.</i> С. И. Романовский – 70	8
<i>Лапо А. В.</i> С. И. Романовский как историк науки и публицист.	10
Раздел I. Вопросы и проблемы общего и научно-методического характера.	16
<i>Кузнецов В. Г.</i> Проблемы нефтегазовой литологии.	16
<i>Беленицкая Г. А.</i> Расширенный вариант классификации типов седиментогенеза: инъекционно-осадочный класс	25
<i>Фортунатова Н. К.</i> Перспективы прогноза, поисков и освоения месторождений углеводородов в отложениях карбонатных конусов выноса.	46
<i>Виницкий А. Е.</i> Исследование внутризональной изменчивости мощности пласта и зольности угля на основе методов системного анализа.	54
<i>Макаренко Г. Л.</i> О геологической природе торфяных месторождений.	67
Раздел II. Нефтегазовая литология и геология угольных месторождений.	78
<i>Шульга В. Ф., Огарь В. В.</i> Литолого(фациально)-палео-экологический анализ карбоновой угленосной формации Львовского палеозойского прогиба. Статья 1. Методика исследования. Анализ карбонатных толщ с органогенными постройками.	78
<i>Бейзель А. Л., Ян П. А., Вакуленко Л. Г., Бурлева О. В.</i> Основные черты импульсной модели формирования васюганского горизонта Западной Сибири.	93
<i>Русский В. И., Федоров Ю. Н., Кривоносов В. Г., Печеркин М. Ф., Коротков С. А.</i> Новые данные о составе и строении кор выветривания пород доюрского основания Шаимского НГР Западно-Сибирской НГП.	104
<i>Кизильштейн Л. Я.</i> Контакты угольных пластов с вмещающими породами (на примере Донбасса).	117
<i>Шульга В. Ф., Матрофайло М. Н.</i> О сокращении мощности угленосных отложений и расщеплении пластов угля Львовско-Волынского бассейна.	127
<i>Алексеев В. П., Манзина А. И., Медведева Т. Ю., Сметанин А. Б., Толмачев Е. О.</i> Некоторые штрихи к реконструкциям условий формирования аномального разреза баженовской свиты (на примере Юккунского участка Северо-Покачевского месторождения)	135

Сухоруков А. М. Подосининское месторождение каменных углей (Свердловская область).	148
Стукалова И. Е. Глинистые минералы в нижнекарбоновых осадочных комплексах восточного склона Урала.	155
Маслов А. В., Федоров Ю. Н., Гроцкова Т. П., Сметанин А. Б., Медведева Т. Ю. Положительная европиевая аномалия в породах нижнего мела Северо-Покачевского месторождения (Широтное Приобье).	165
Маслов А. В. Литохимические особенности отложений различных макрофаций в нижнемезозойском разрезе Северо-Покачевского месторождения (Широтное Приобье).	172
Алексеев В. П., Журавлева Д. Д., Красковская Т. Ф., Русский В. И., Савенко В. А. Верификация представлений о зет-метаморфизме юрских углепроявлений Шаимского района (Западная Сибирь).	179
Новикова В. Н. Геологические результаты исследования каменных углей методами растровой электронной микроскопии (РЭМ).	185
Раздел III. Ресурсно-технологическая угольная база и проблемы, связанные с ее освоением.	194
Виницкий А. Е., Журбицкий Б. И., Пахомов С. А., Тарасов А. Б. Подсчет и классификационная оценка запасов / ресурсов твердых горючих ископаемых в современных условиях.	194
Хрусталева Г. К., Медведева Г. А. Угольные ресурсы России для производства синтетического жидкого топлива.	204
Седых А. К., Нагорнова Н. А. Угли Востока России как химико-технологическое сырье.	211
Куц О. А., Филатова И. В. Подготовка исходных данных для определения марок углей Донбасса.	219
Швачко Е. В. Переходная зона в газовой зональности Талдинского месторождения – зона наибольшего риска при выборе объектов для промышленной добычи метана.	228
Кизильштейн Л. Я. Золоотвалы угольных ТЭС – техногенные месторождения ценных компонентов (Сообщение 1. Алюмосиликатные полые сферы).	242
* * *	
Зарицкий П. В. Новая специализация – литология на геолого-географическом факультете Харьковского национального университета: впервые в Украине.	252
Седых А. К., Зиньков А. В. Опыт проведения Государственного экзамена по специальности для геологов.	259
Виталий Германович КУЗНЕЦОВ.	262
КИЗИЛЬШТЕЙН Леонид Яковлевич.	265
Ни книжную полку.	271
Заключение.	275

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 I (17)

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка А. В. Алексеев, Н. В. Устьянцева

Подписано в печать 06.11.07 Бумага офсетная Формат 60 x 84 1/16
Печать на ризографе. Печ. л. 17,375. Уч. изд. л. 21,0. Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство Уральского государственного горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатана с оригинал-макета в типографии ООО «ИРА-УТК»,
620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42