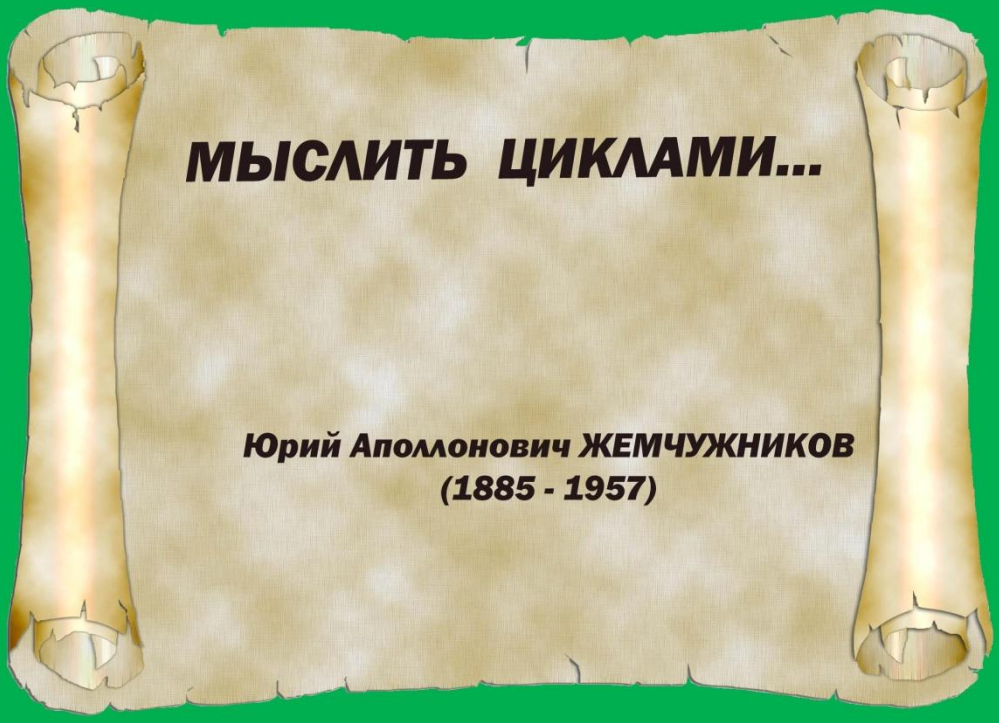
Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ



Екатеринбург
2010

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

ЛИТОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Межвузовский научный тематический сборник

Выпуск IV (20)

Екатеринбург
2010

УДК 552.5 + 553.9
Л 64

Литология и геология горючих ископаемых: межвуз. науч. темат. сб. / редкол.: Алексеев В. П. (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. горного ун-та, 2010. Вып. IV(20). 362 с.

Очередной выпуск сборника традиционно освещает широкий круг вопросов, непосредственно связанных с изучением осадочных бассейнов и сосредоточенных в них горючих ископаемых. Значительное внимание уделено не только их изучению, но и их освоению.

Большое место отведено материалам, связанным со знаменательной юбилейной датой – 125-летием со дня рождения известного исследователя осадочных толщ Юрия Аполлоновича ЖЕМЧУЖНИКОВА. Из двух главных векторов его многогранной деятельности – углепетрографического и литологического – основное внимание уделено второму, что и следует из целевого характера сборника. Помещены репринтные воспроизведения некоторых работ Ю. А. Жемчужникова разных лет, которые лежали в основе концептуальных методологических разработок, и по ряду аспектов не исчерпали свою актуальность до настоящего времени.

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

Печатается по решению Редакционно-издательского совета УГГУ

Редакционная коллегия:

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

© Уральский гос. горный университет, 2010

© Авторы, постатейно, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Представляемый сборник уже по традиции посвящен очередной памятной дате. На сей раз – это 125-летие со дня рождения выдающегося специалиста в разных областях угольной геологии и общих вопросах изучения осадочных толщ Юрия Аполлоновича ЖЕМЧУЖНИКОВА. Полноценный и всеобъемлющий анализ его жизненного пути и творческого наследия был сделан выучениками и коллегами к 100-летнему юбилею в специальном выпуске трудов Всесоюзного научно-исследовательского геологического института имени А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ).[*] Повторять данный творческий и детальный анализ, который был сделан по прошествии четверти века после ухода из жизни этого ученого (то есть с учетом взвешенного взгляда как бы не изнутри, а со стороны), наверное, нет смысла. Однако со времени издания указанного сборника минуло еще четверть века. Именно с учетом последнего фактора мы попытались посмотреть, насколько «живыми» оказались идеи и работы Ю. А. Жемчужникова, не всегда и не во всем принятые его современниками – по меньшей мере, при их первоначальном представлении геологической общественности. Учитывая, что любое высказывание конкретного специалиста всегда субъективно и носит индивидуальные черты (по меньшей мере в геологии), мы продолжили не вполне привычный для научных сборников путь, начатый предыдущим выпуском. Он заключается в предоставлении первоначальных (репринтных) оттисков некоторых работ Ю. А. Жемчужникова). Предвосхищая скепсис многих читателей (трата места на воспроизведение в основном доступных изданий, etc.), мы все же приняли такое решение, преследуя цель показать **пионерные** работы в ряде направлений осадочной геологии, разыскать которые не под силу многим заинтересованным исследователям. Тем самым, помимо собственно научных целей, реализована и обучающая задача, стоящая перед межвузовским изданием.

Что касается основной части сборника, то она традиционно состоит из нескольких разделов, а статьи представлены достаточно «устоявшимся» авторским коллективом. Стабилизировалось их количество – в выпусках 2007, 2008 и предлагаемом оно составляет 25-26 статей собственно научного характера. Тем самым можно полагать, что издание сборника продолжается как бы в «самоустановившемся» временно́м векторе, о чем многократно упоминалось в предыдущих выпусках.

[*] Угленосные формации и петрология углей. Л., 1985. 139 с. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 332).

ЮРИЙ АПОЛЛОНОВИЧ ЖЕМЧУЖНИКОВ

(08.05.1885 – 09.01.1957)

УДК 001-054+552.5/553.93/96

В. И. Копорулин
Геологический институт РАН, г. Москва

ПАМЯТИ ЮРИЯ АПОЛЛОНОВИЧА ЖЕМЧУЖНИКОВА (1885-1957)

2010 год совпадает с важным юбилеем в отечественной угольной геологии – 8 мая (н. с.) 1885 г., т. е. 125 лет назад, родился Ю. А. Жемчужников, талантливый и целеустремленный ученый, прекрасный организатор, замечательный педагог, внесший огромный вклад в развитие важнейших направлений геологии: углепетрографии и петрологии угля, литологии угленосных отложений, изучения фациального состава последних, их формационной природы. Юрию Аполлоновичу были присущи огромная эрудиция, широкий научный кругозор, разносторонние научные интересы, страстная увлеченность в исследованиях. На его работах учились многие сотни геологов-угольщиков страны, использовавших предлагаемые идеи в своей работе.

Отец и мать Юрия Аполлоновича были дворянами. Автору настоящей статьи, в 1954 г. поступившему в Отдел геологии угля Института геологических наук АН СССР, научным руководителем которого был Ю. А. Жемчужников, в частных беседах с сотрудниками приходилось неоднократно слышать, что он является потомком одного из «тех Жемчужниковых, которые создали Козьму Пруткова». Материалы, которые удалось найти, показывают, что в 40 – 50-е годы XIX века в Санкт-Петербурге широкой известностью пользовалась семья тайного советника, сенатора и гражданского генерал-губернатора Санкт-Петербурга М. Жемчужникова (отчество осталось неизвестным). Его четверо сыновей: Алексей (1821-1908), Александр (1826-1896), Лев (1828-1912), Владимир (1830-1884) – блестяще образованные молодые люди, большие острословы, в 50-е годы принадлежали к столичной «золотой молодежи», их частые «шалости, проказы» с неудовольствием обсуждались в высшем свете. Если верна версия о принадлежности Юрия Аполлоновича к этому роду, один из братьев был его дедом.

Братья Жемчужниковы вместе с двоюродным братом Алексеем Константиновичем Толстым вошли в историю российской словесности как авторы остросатирического «собрания произведений Козьмы Пруткова, директора пробирной палатки». Составившие собрание стихи, басни, афоризмы, драматические и прозаические произведения весьма едко высмеивали многие стороны предреформенной и послереформенной России. Критическую составляющую этих произведений высоко оценивали В. Г. Бе-

линский, Н. А. Некрасов, Н. А. Добролюбов, Н. Г. Чернышевский, охотно печатавшие их в «Современнике» и его юмористических приложениях вплоть до 1863 г. После перерыва они публиковались в других изданиях.

Это собрание было результатом коллективного творчества, но специалисты-литературоведы признают, что наибольший вклад внес Владимир Михайлович, чья работа продолжалась вплоть до начала 60-х годов XIX столетия; менее значимой была доля участия Алексея Михайловича и еще менее – Александра Михайловича Жемчужниковых, а также Алексея Константиновича Толстого. Лев Михайлович Жемчужников, увлекавшийся рисованием вместе с художниками А. Е. Бейдеманом и Л. Ф. Лагорио, создали необыкновенно выразительный портрет Козьмы Пруткова, человека чванливого и весьма ограниченного.

Автор статьи надеется, что этот исторический экскурс в область возможной генеалогии Ю. А. Жемчужникова побудит кого-либо из историков геологической науки более обоснованно подтвердить или опровергнуть рассмотренную версию о предках этого достойного человека, внесшего существенный вклад в становление одной из ветвей геологии. Наилучшие возможности для этого, несомненно, у геологов Санкт-Петербурга, где, возможно, проживают продолжатели этого рода и/или сохранились какие-то архивные материалы, относящиеся к проблеме.

Этапы жизни и творчества Ю. А. Жемчужникова

Практически вся жизнь Юрия Аполлоновича была посвящена исследованиям в области геологии угля и угленосных отложений. Ему довелось изучать Донецкий, Подмосковный, Иркутский, Кузнецкий угольные бассейны, посчастливилось работать под руководством Л. И. Лутугина, А. А. Борисяка, П. И. Степанова, М. Д. Залесского и учиться у них; он общался с Э. Штахом, В. Готаном, Р. Потонье и другими крупными зарубежными геологами-угольщиками. Работая в Ленинградском горном институте и пройдя в нем путь от ассистента и доцента до профессора и члена-корреспондента АН СССР, он воспитал большое число высококлассных отечественных специалистов в области геологии угля и угленосных отложений.

Ниже приведена написанная Ю. А. Жемчужниковым в 1945 г. научная автобиография. Этот интересный документ, дающий некоторое представление о самом авторе, сохранился в архиве Отдела истории геологии Геологического музея им. В. И. Вернадского РАН. Его использование в настоящей статье стало возможным благодаря любезному разрешению заведующего отделом Георгия Павловича Хомизури; за это, а также за помощь в установлении некоторых фактов из биографии Юрия Аполлоновича Жемчужникова автор выражает ему самую глубокую благодарность.

Научная автобиография профессора, доктора геолого-минералогических наук Юрия Аполлоновича Жемчужникова

Я родился в 1885 г. 8 мая н. с. в г. Самаре (ныне г. Куйбышев) в семье служащего на постройке железной дороги, дворянина. Мать моя также дворянка происходила из культурной семьи.

В 15-17 лет определились мои интересы к геологии и «вымершим чудовищам» и с этих пор я стал мечтать о поступлении в Горный Институт.

Окончив Петербургское 2-е Реальное училище (1895-1902 г.), я в 1903 г. попал в Горный Институт, который и окончил в 1915 г. Однако, этот путь к научной работе не был спокойным и прямым.

Вскоре по поступлении договорился через П. И. Степанова (ныне академика), работавшего тогда по съемке геологической карты Донецкого бассейна, с проф. Л. И. Лутугиным о моей работе в качестве коллектора летом 1904 г.

Но весной 1904 г. я был уволен из Горного Института во время забастовки, в ходе так называемого «Коноваловского конфликта». Я был вынужден снова держать экзамены в Технологический институт, и смог возвратиться в Горный Институт лишь в 1908 г., когда туда были возвращены уволенные студенты и демонстративно ушедшие в отставку профессора. Благодаря исключению из института, мое желание работать в угольном бассейне было на много лет отодвинуто. В 1909 и 1910 гг. я поехал в качестве коллектора при геологической съемке Крыма с А. А. Борисяком, тогда старшим геологом Геологического Комитета. Эти интересные поездки расширили мой научный горизонт и ознакомили меня с методикой полевых работ, но я не нашел в них пищу для самостоятельной работы. Палеонтологическая обработка брахиопод и морских ежей мезозоя, которыми я занялся несколько позже, также не увлекли меня, т. к. в описательной палеонтологии я видел много субъективного и малоточного знания.

В 1911 г. я был приглашен геологом Д. В. Голубятниковым вести лабораторию механического анализа и микропалеонтологии в Геологическом Комитете при его исследованиях и съемке нефтяных месторождений Апшеронского полуострова.

Летом 1911 г. я поехал в качестве научно-технического сотрудника в г. Баку, где помимо сбора и просмотра образцов пробуренных пород занимался вместе с Д. В. Голубятниковым геотермическими наблюдениями в скважинах. С целью побудить промышленников давать пробы с каждого грунта – что они делали неохотно, я написал статью в «Нефтяное дело» о значении такого опробования для нефтяной геологии и о методах его использования. Другой результат этих работ – глава, написанная мною совместно с Д. В. Голубятниковым о геотермических наблюдениях в труде его «Биби-Эйбат», т. 1. Здесь я применил особый наглядный вид диаграмм, на которых наложены данные о глубине, температуре, градиенте для всей совокупности точек. Графики вероятности каждой величины в виде столбиков дополняли диаграммы.

Работы, связанные с нефтяной геологией, продолжались до 1915 г. Но летом 1914 г. я снова поехал с А. А. Борисяком в качестве его помощника по съемке 45 листа (Курск) общей геологической карты и, работая самостоятельно во время его временного отъезда, собрал интересный материал по литологическому составу третичных отложений. Этот материал послужил впоследствии для моей дипломной работы и позволил провизорно разграничить здесь по литологическим признакам Бучакский и Каневский ярусы третичной системы.

Будучи с 1915 по 1918 гг. мобилизован, я мог заниматься геологией только спорадически, в частности в 1918 г. на Западном фронте в гидротехническом отделе разработкой документации и каталогизации буровых скважин в районе фронта.

Приглашение в 1917 г. и.об. ассистента по кафедре исторической геологии, прерванное в конце года переброской меня на Зап. Фронт, позволило мне наметить рациональные принципы палеофаунистической характеристики. Последние выразились в статье, сокращенно напечатанной впоследствии в Геологическом Вестнике за 1922 г., а потом легшие в основу литографированного «Курса палеофаунистики», вышедшего в 1928 г.

В общем, первый период моей научной деятельности с 1911 по 1918 гг. характеризуется неотчетливой целеустремленностью и нащупыванием путей будущих исследований. Меня по-прежнему тянуло к угольным месторождениям и к литологическому подходу.

Второй период, которым, в сущности, начинается систематическая научная работа, охватывает время с 1919 по 1922 гг. и связан уже с угольной геологией. Годы 1918-22 относятся к разведочным и съемочным работам в Подмосковном угольном бассейне (Главуголь), где мне пришлось в ряде консультаций, докладов и в научно-оперативном руководстве разведками разрешить ряд практических задач. Тут же мною была выдвинута и разработана идея комплексной лаборатории для исследования углей и других полезных ископаемых Подмосковного бассейна, только через 10 лет воплотившаяся в лабораториях Мосбасстроя. Кроме нескольких напечатанных докладов и небольших работ, здесь же при полевой съемке получила толчок работа о косой слоистости, которая была доложена на 1-м Всесоюзном Геологическом съезде (1922 г.) и в работе «Косая слоистость, как критерий генезиса осадков». Печатание ее по разным причинам затянулось до 1926 г., хотя эта работа на первых порах встретила среди многих ученых весьма отрицательное отношение, но она до сих пор остается одной из самых любимых моих работ. Научная молодежь встретила ее очень сочувственно.

С 1920 г. я снова приехал в Ленинград и начал преподавать в Горном институте в качестве ассистента профессора П. И. Степанова по курсу нерудных полезных ископаемых (угольные месторождения), а с 1922 г. (по 1927 г.), по предложению проф. А. А. Борисяка, стал читать отдел Палеофаунистики по кафедре исторической геологии. Последним продолжалась линия, начатая в 1917 г.

Годы с 1923 по 1929 можно считать третьим периодом моей научной деятельности, связанным с геологической съемкой в Иркутском угольном бассейне. Наряду со стратиграфическими вопросами (расчленение юры, развенчание мнимых третичных отложений и картирование), мне пришлось уделить большое внимание изучению и разведке месторождений сапропелитов и выяснению значения их для получения искусственного жидкого топлива. Здесь впервые возник живой интерес к микроскопическому изучению углей, их качественным показателям и т. д. Он особенно оформился во время заграничного путешествия (Германия, Франция, 1928 г.). Во время нее мной была специально изучена углепетрография – эта новая область исследования на многочисленных шлифах и в беседах с европейскими углепетрографами и геологами (А. Дюпарк, П. Бертран, Э. Штах, Р. Потонье, В. Готан, К. Юрасский, О. Штуцер, П. Кутук и др.). Это путешествие в значительной степени предопределило основное направление моей деятельности на весь последний период. Основная струя ее была, наконец, найдена.

В этот же третий период определился и основной путь преподавательской деятельности в Горном Институте. В 1926 г. я был избран доцентом для чтения курса «нерудных ископаемых» (уголь, нефть, соли, глины), который и начал в этом же году.

До 1926 г. я продолжал курс «Палеофаунистики», совершенствуя свое преподавание. Собираясь от него отказаться, я стал подготовлять курс к печати, который и был издан литографическим способом в 1928 г.

В 1929 г. я основал углепетрографическую лабораторию в «Механобре» и руководил ею до 1932 г.

В 1930 г. в Угольном институте (б. угольная секция Геологического комитета) я был назначен руководителем лаборатории по микроскопии угля (основанной в 1927 г.) и принялся развивать ее (потом в ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ) на основе полученного за границей опыта. С этого времени начинается четвертый, самый плодотворный, период моей деятельности (1930-1937 г. свыше 50 работ). Он связан преимущественно с углепетрографией, понимаемой в широком смысле ее связи с химией, физикой, угольной геологией, обогащением и пр. В этот период было двумя изданиями напечатано «Введение в петрографию углей», курс «Общей геологии каустобиолитов» (1935 г.), главным образом углей, сборник «Петрография углей и механическое обогащение», переиздан «Курс палеофаунистики», а к Международному Геологическому Конгрессу (1937 г.) – коллективный труд лаборатории «Атлас микроструктуры углей», изданный с 60 цветными таблицами.

Из отдельных исследований этих лет можно упомянуть «Классификацию бурых углей», устанавливающую происхождение бурых и каменных углей. «К вопросу о блеске ископаемых углей», выясняющую зависимость блеска от трех независимых друг от друга факторов – петрографического состава, углефикации и зольности, работу по «основной массе» и др.

Ряд работ посвящен изучению иркутских сапропелитов, их петрографии, химии, физическим свойствам и методике разведок.

По преподавательской линии с 1929 г. в Горном институте начинается чтение курса петрографии углей, которым в дальнейшем был объединен с угольной геологией в курс «Геологии каустобиолитов». Его я и стал читать главным образом, передав остальные нерудные ископаемые другому лицу и оставаясь заведующим кафедрой «нерудных ископаемых» (1930-1932). Таким образом, с 1930 г. и по научно-исследовательской и преподавательской линии отныне я занимался выбранной мной основной специальностью – угольной геологией, главным образом, в ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ.

Однако, развитие углепетрографии, породившее ряд лабораторий и помимо ВСЕГЕИ и развертывание углехимии породило некоторую диспропорцию между нашими сведениями о веществе угля и знанием литологической обстановки формирования угольных пластов. После Конгресса я решил заняться литологическими исследованиями вмещающих уголь пород и только после этого приступить к выяснению генезиса угольных пластов.

С этого времени (1938 г.) и вплоть до настоящего времени (1945 г.) – протекал пятый период моей научной деятельности – преимущественно литологический.

В 1940 г. под моей редакцией и с тремя моими статьями издан сборник работ 12 различных авторов, посвященных косой слоистости в толщах разного возраста и разнообразных фаций. Эти работы, проделанные в различное время от 1926 по 1938 г. явились откликом на одноименные мои работы 1922-26 годов и идейно с ними связаны, хотя дают много нового и делают еще шаг вперед.

Этот период связан главным образом с работами в Кузнецком бассейне.

Мои работы по комплексному изучению угленосной толщи с генетическим уклоном, производимые вместе с Е. П. Брунс и О. Ф. Грачевой, вылившиеся в несколько объемистых отчетов (1938-1940 г.) до сих пор не напечатаны. В них разрабатывается особая методика литогенетического изучения угленосных толщ.

При этом авторами были в значительной степени уточнены и расширены рамки теории циклической седиментации.

Во время эвакуации из Ленинграда с февраля 1942 г. я работал в Кузбассуглеразведке по литологии с целью детального расчленения Кузнецкой и Ильинской свит. Результаты также еще не опубликованы. Помимо чисто литологического интереса эти работы позволили мне уточнить некоторые вопросы цикличности отложений и в частности вопрос о применении статистического метода для установления границ соседних угленосных свит. Кроме того, попутно уточнены мощности изученных свит, ведущие к сокращению общей мощности безугольных частей разреза Кузнецкого бассейна.

В 1944 г. я занимался разработкой методики составления геолого-химических карт платформенных угольных бассейнов на примере Черемховского месторождения. Работа заканчивается в 1945 г.

Сейчас после окончания войны, начинается новый период моей научной деятельности, который в первую очередь должен подвести итоги моих литологических исследований в угленосных толщах. Дальнейший шаг – преобразование угольной геологии на основе новых достижений литологии, углепетрографии, углехимии и споровой стратиграфии – дает увлекательные перспективы будущей работы.

06.1945 подпись /Ю. Жемчужников/

Написанная Юрием Аполлоновичем научная автобиография охватывает большую часть его жизни и творческого пути. Ее текст впечатляет лаконичностью, скромностью и простотой изложения, четкостью формулировок, логичностью выводов. Эти особенности присущи всем его публикациям. Намеченные им самим этапы творчества и существа достижений в каждом из них рисуют картину постепенного становления крупного ученого, роста его научного багажа, расширения кругозора, приобретения опыта. Весьма значимым в этом процессе был чветвертый этап (1930-1937), когда он концентрирует свое внимание на микроскопическом изучении углей и становится в 1929 г. руководителем основанной им Углепетрографической лаборатории в «Механобре», а в 1930 г. и Лаборатории микроскопии угля Геологического комитета, созданного ранее М. Д. Залесским. Последней он руководил в течение многих лет, хотя после реорганизации Геологического комитета она входила в состав других организаций.

Важным событием, имеющим прямое отношение к этим проблемам, была его командировка в 1928 г. в Западную Европу для знакомства с достижениями западных ученых в области микроскопического изучения углей. За короткий срок Юрием Аполлоновичем и сотрудниками лабораторий была проделана огромная работа по микроскопическому изучению состава углей и использования полученных данных для прогнозирования их химических свойств, обогащения, корреляции пластов в пределах месторождений. Эти исследования заложили основы новой науки – петрологии углей, что имело большое теоретическое и практическое значение. Четвертый этап, по собственной оценке самого Юрия Аполлоновича, был наиболее плодотворным в его научной деятельности за период до 1945 г. За этот период было опубликовано более 50 работ, в том числе несколько монографий и первый в нашей стране Атлас углей СССР.

В последние предвоенные, военные и послевоенные годы Юрий Аполлонович проявлял все возраставший интерес к литологии угленосных отложений. Этот период, охвативший почти 20 лет, по-видимому можно рассматривать как шестой и последний этап творчества. В 1945 г. он становится научным руководителем вновь созданного в Институте геологических наук СССР Отдела геологии угля. Он вместе с другими сотрудниками отде-

ла – литологами и углепетрографами – стремится выявить закономерности в кажущемся беспорядочном чередовании пород в разрезе, проследить их латеральные взаимоотношения, оценить генетическую значимость структуры и текстуры, остатков фауны и флоры, характера контактов между слоями и т. д. Ими было опубликовано большое число статей и монографий, в которых рассматривались важные методические, теоретические и практические вопросы по литологии и углепетрографии угленосных формаций. Продолжали публиковаться его монографии по петрографии и петрологии углей, ставшие настольными книгами не только для студентов и преподавателей вузов, но и научных работников, занимающихся решением этих проблем.

О вкладе Ю. А. Жемчужникова в создание и развитие учения об угленосных формациях

Вклад Юрия Аполлоновича в угольную геологию огромен. Он был единственным исследователем среди геологов-угольщиков нашей страны, а возможно, и других стран, кому удалось соединить изучение каменных углей и вмещающих пород. К необходимости подобного подхода он пришел на основе собственного опыта, поняв, что эти две области угольной геологии представляют собой единое целое, а знание генезиса углевмещающих отложений является ключом к пониманию условий накопления ископаемых торфяников.

В многочисленных публикациях по литологии угленосных толщ он рассмотрел многие теоретические вопросы их формирования и методику изучения, включая фациальный анализ, цикличность, палеогеографическую обстановку, ее эволюцию во времени, типы угольных бассейнов и месторождений, критерии отнесения к числу самостоятельных формации, принципы генетической классификации. Он уточнил сформированные П. И. Степановым понятия о поясах и узлах угленакопления, разработал принципы морфологической и генетической классификации слоистости в осадках, развил положение о поступательном развитии угленакопления в истории Земли. В эти годы ряд перечисленных проблем рассматривался некоторыми другими исследователями. Однако большой опыт изучения угленосных толщ и разносторонний кругозор позволили Юрию Аполлоновичу дать им более глубокое решение. Не ставя задачи рассмотреть все перечисленные стороны научного вклада этого крупного исследователя в литологию угленосных отложений, автор статьи остановился лишь на нескольких из них, являющихся наиболее значимыми.[*]

[*] Анализ творческого наследия Ю. А. Жемчужникова в углепетрографии и литологии угленосных отложений дан в 1982 г. Л. Н. Ботвинкиной, И. Э. Вальц, А. И. Гинзбург в сборнике «Выдающиеся ученые Геологического комитета – ВСЕГЕИ».

1. Значение слоистости осадков при реконструкции генезиса последних. Над решением этой проблемы он работал многие годы, признавая, что тип слоистости отложений относится к числу важнейших критериев их генезиса, поскольку указывает на интенсивность динамики в среде накопления и ее характер. Началом послужили наблюдения в нижнекаменноугольных отложениях Подмосковного угольного бассейна в 1920-1922 гг. Дополненные анализом имевшейся в то время литературы, преимущественно зарубежной, они составили материал статьи «Типы косой слоистости осадочных образований как генетический критерий» и инструкции по ее изучению, опубликованной в 1923 г. В 1926 г. он опубликует расширенный вариант ее, что явилось, по-видимому, следствием большого интереса литологов к проблеме генетической классификации, назвав статью «Типы косой слоистости как критерий генезиса осадков». Обе статьи содержали детальную характеристику косой слоистости нескольких типов кластических отложений (эоловых, временных водотоков, речных, дельтовых (в основном озерных), и прибрежно-морских), а также инструкцию с разработанной им программой изучения косослоистых текстур, включавших 23 признака. Эти несомненно новаторские статьи не только привлекли внимание к важному генетическому признаку осадков, но и явились методической основой для единообразного их изучения.

В последующие годы в отечественной геологии появилась серия статей, авторы которых описывали косую слоистость в разновозрастных отложениях страны, опираясь на принципы, сформулированные Ю. А. Жемчужниковым. В 1940 г. по его инициативе и участии вышел сборник «Косая слоистость и ее геологическая интерпретация», включавшая статьи 12 авторов. В вводной статье Юрий Аполлонович подчеркнул, что «изучение косой слоистости может иметь широкое применение в качестве одного из методов изучения континентальных отложений и для отличения их от морских осадков в случае немой толщи». Ввиду редкости публикаций 1923 и 1926 гг. и многочисленных пожеланий их переиздания, одна из них была включена в сборник. Однако большая часть статей в нем посвящалась описанию и генетической интерпретации косой слоистости в отложениях страны с возрастом от девона до современной эпохи. Статьи Ю. А. Жемчужникова и Е. П. Брунс, Г. Ф. Крашенинникова, Е. П. Брунс и Л. М. Бириной были основаны на исследованиях угленосных отложений Кузнецкого, Челябинского, северной и южной частей Подмосковного бассейнов соответственно. Несомненно, этот сборник явился новым важным событием, способствовавшим использованию многими литологами слоистости при интерпретации генезиса осадков.

В 1945-1954 гг. изучение слоистых текстур проводилось Юрием Аполлоновичем совместно с Л. Н. Ботвинкиной в рамках темы «Генетические типы слоистости осадочных пород». В это время его все больше увлекают вопросы слоистости и периодичности осадконакопления, в частности

периодичность сезонной слоистости, возможная зависимость осадконакопления от космических факторов. Эти идеи были сформулированы им в ряде рукописных материалов, которые были систематизированы после смерти Л. Н. Ботвинкиной и опубликованы в 1963 г. в виде монографии «Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления».

2. Разработка метода фациально-циклического анализа. Работа Юрия Аполлоновича по созданию метода продолжалась, несомненно, на протяжении значительной части его творческого пути. Свидетельством этого является тот факт, что уже к середине 40-х годов XX столетия основные положения метода были сформулированы им и легли в основу доклада «Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения», прочитанного в 1944 г. на 1-м угольном совещании и опубликованного в 1947 г. Изложенные в нем принципы включали изучение фациального состава осадков и циклического характера чередования фаций в разрезе.

Представление о фациях прочно утвердилось в геологических исследованиях геологов-угольщиков страны уже в 30-х гг. прошлого столетия. Впервые термин «фация» был введен в геологическую науку в середине XIX века А. Грессли как совокупность видоизменений отложений, выраженную в том или ином петрографическом, геогностическом или палеонтологическом их отличии. В работах российских геологов (Н. А. Головкинского в конце XIX, А. Д. Архангельского – начале XX века), А. А. Борисяка, Д. В. Наливкина, Н. М. Страхова и др. в 30-е годы XX века при определении термина в него вкладывалось генетическое содержание, указывающее на условия накопления осадка. В эти и последующие годы понятию «фация» было дано большое число различных определений. При этом большинство исследователей придерживались в той или иной форме двух достаточно близких по смыслу толкований термина: а – это определенный тип осадка или породы, обладающий некоторой совокупностью литологических и палеонтологических качеств, связанных с теми или иными условиями седиментации; б – комплекс физико-географических условий седиментации, запечатленных в наборе свойств осадков или пород.

Юрий Аполлонович в работе «К вопросу о понимании и номенклатуре фаций», опубликованной в 1957 г., после его смерти, показал, что определение термина «фация» А. Грессли является чисто эмпирическим, указывающим лишь на литологическое и/или палеонтологическое своеобразие пород в той или иной части стратиграфического горизонта, и не несет какой-либо генетической нагрузки. По его мнению, «фация это не порода, и не осадок, и не пласт, и не петрографический состав, и не палеонтологическое содержание интересующего нас конкретного отложения. Фация – это то, что можно представить, вывести из всех указанных материальных признаков породы и пласта для суждения о некогда бывшем осадке, физико-географических, биохимических и геохимических условиях его происхож-

дения». Признавая важность генетического содержания термина, он дал ему следующее определение: «Фация – это обстановка осадконакопления и образования определенного слоя пласта (горизонта), выводимая на основании литологической его характеристики, палеонтологического содержания, геохимических различий и других признаков».

К представлениям о цикличности строения и накопления угленосных толщ, вызванных колебательными движениями земной коры, Ю. А. Жемчужников пришел под влиянием идей Дж. Веллера, впервые сформулированных в 1930 г. Изучая угленосные отложения бассейна Иллинойс (США), этот исследователь пришел к выводу о наличии в разрезах повторяющихся пачек (циклов), сложенных в подугольных частях континентальными (в первую очередь, аллювиальными), а в надугольной – морскими осадками. Накопление первых, по его мнению, происходило при поднятии суши, а вторых – при опускании; накоплению торфяника отвечала фаза тектонического покоя. Проявление подобных колебательных движений в пределах крупного региона предполагало выдержанность циклов на площади и возможность корреляции их, как и заключенных в них пластов угля.

Юрием Аполлоновичем и некоторыми другими исследователями подобная цикличность, сформировавшаяся в условиях приморской равнины, была описана в Подмосковном, Донецком, Кизеловском бассейнах. Концепция цикличности была распространена также на угленосные толщи, накапливавшиеся во внутриконтинентальных регионах, например в Кузнецком и Челябинском бассейнах. Было показано, что в последних надугольная, а нередко и подугольная части циклов сложены осадками пресноводных или солоноватых бассейнов. Юрий Аполлонович считал, что цикличность характерна для всех угленосных толщ и вызвана во всех случаях колебательными движениями земной коры. Эта точка зрения была высказана им уже в 1944 г. на 1-м угольном совещании в докладе «Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения, опубликованом в 1947 г. в материалах совещания. Изучение фациального состава отложений и присущей им цикличности легло в основу фациально-циклического метода исследования угленосных толщ, автором которого справедливо признавали этого исследователя.

Метод получил свое наиболее полное воплощение в исследованиях Отдела геологии угля ИГН АН СССР, руководимого Юрием Аполлоновичем с 1945 г., проходивших вначале в Кузбассе, а затем в Донбассе. Сотрудниками коллектива, в который помимо Юрия Аполлоновича входили В. С. Яблоков (заведующий), Л. Н. Ботвинкина, П. П. Тимофеев, А. П. Феофилова, Л. И. Боголюбова и некоторые другие, были разработаны основополагающие принципы и методы, включающие систематизацию первичных генетических признаков осадков (структуры, текстуры, окраски, остатков фауны и флоры, характера контактов между слоями, конкрециеносности и т. д.), их значения при выделении литогенетических типов и

фаций, построения лито-фациальных колонок, профилей, палеогеографических карт. Это была хорошо продуманная система исследований, начинавшаяся с полевого описания пород в обнажениях или в керне скважин и кончавшаяся палеогеографическими реконструкциями. Материалы исследований сотрудников по Кузбассу были сведены в ряде статей и монографии Л. Н. Ботвинкиной «Условия накопления угленосной толщи в Ленинском районе Кузнецкого бассейна», опубликованной в 1953 г.

Результатом работы по Донбассу явился ряд монографий, среди которых наиболее крупным и завершающим было двухтомное издание «Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна», вышедшее в 1959 и 1960 гг., т. е. уже после смерти самого Юрия Аполлоновича. Работа содержит детальную характеристику фациального состава и циклического строения отложений. Выделены 4 группы фаций: морские, промежуточные, аллювиальные, болотные. Каждая группа содержит от 2 до 4-6 фаций, а каждая фация – от 2 до 6 литогенетических типов. Их чередование в разрезе позволило наметить цикличность разных порядков: I – элементарные циклы; II – мезоциклы; III – макроциклы; IV – мегациклы. Каждый из циклов более высокого порядка включает несколько циклов предшествующего.

Каждому из элементарных циклов отвечает интервал времени в 10-15 тыс. лет. Вариации их фациального состава на площади позволили авторам построить серию палеогеографических карт, отвечающих времени накопления нижней и верхней частей каждого из них. Показано, что на протяжении среднего карбона Донбасс представлял собой область сочленения морского мелководья и плоской низменной суши, граница между которыми многократно меняла свое положение в результате повторявшихся трансгрессий и регрессий.

Метод фациально-циклического анализа не получил широкого распространения среди литологов-угольщиков страны главным образом вследствие его высокой трудоемкости. Известную роль сыграли также критические замечания в адрес положения обязательной связи цикличности с колебательными движениями земной коры, высказывавшимися некоторыми исследователями. Так, Г. Ф. Крашенинников, а позже и Е. В. Шанцер показали, что циклы в континентальных толщах, содержащих аллювиальные осадки, образуются при боковой миграции русла рек в пределах аллювиальной долины при непрерывном тектоническом погружении. Это исключало возможность их региональной выдержанности. Вместе с тем изложенная в коллективной монографии по Донбассу методология фациального анализа, как и совокупности первичных генетических признаков разнофациальных осадков, явились несомненно хорошей основой при генетических исследованиях угленосных и неугленосных толщ. Они составили, возможно, единственную в мировой литературе последовательную систему реконструкции фациальной природы ископаемых осадков.

3. Поступательное развитие угленакопления в истории Земли. Это положение сформулировано Юрием Аполлоновичем в монографии «Общая геология каустобиолитов», вышедшей в 1948 г., и ряде статей. Оно проявляется в следующих событиях: а) постепенном проникновении угленакопления (торфонакопления) от прибрежно-морских обстановок в девоне и раннем карбоне к все более удаленным от моря участкам материковой суши в мезозое и кайнозое; б) расширении диапазона климатических условий, благоприятных для развития угленакопления от зон тропического морского климата в девоне к зонам все более разнообразного климата, включая умеренный континентальный в более поздние возрастные отрезки времени; в) снижении интенсивности угленакопления вплоть до полного исчезновения в позднем девоне и части раннего карбона, в большей части триаса, в значительной части мелового периода, при максимальном проявлении в среднем карбоне, перми, слабее в юре, третичном времени, весьма интенсивном в позднем мелу и в третичное время; г) изменении петрографического состава углей; д) вариациях типов ландшафта доминировавшего торфонакопления от прибрежно-морских зон в девоне к все более удаленным от моря зонам в последующие эпохи.

Объяснение этих событий Ю. А. Жемчужников видел в эволюции растительного мира на Земле и проявлении тектонического фактора. Действие первого фактора обусловило прогрессирующее расселение растений на суше с приспособлением ко все более разнообразным ландшафтным и климатическим обстановкам суши – приморским, внутриконтинентальным плоским и предгорным равнинам. Действие второго фактора иллюстрировано менее однозначно и связывается с приуроченностью преимущественно угленакопления в разные эпохи к разным структурам: предгорным прогибам, платформам, геосинклиналям и т. д.

Возникновение современных мобилистских концепций, доказывающих масштабное перемещение континентов на поверхности земного шара, открывает возможности для правильного понимания ряда установленных П. И. Степановым и весьма высоко оценивавшихся Ю. А. Жемчужниковым особенностей развития угленакопления в истории Земли и роли в их возникновении тектонического фактора. Постепенное смещение большинства континентов с юга на север в палеозое и мезозое и прохождение их через различные климатические зоны объясняет возникновение на поверхности суши широтно ориентированных поясов торфонакопления в гумидных и его отсутствие в засушливых зонах.

Несомненно, важнейшей предпосылкой для появления торфяников в том или ином месте гумидной зоны были благоприятные палеогеографические условия, а для длительного их накопления – благоприятный тектонический режим. Сочетание этих двух факторов определяло возникновение в каждом из гумидных поясов узлов торфонакопления, превратившихся в ходе геологической истории в систему угольных бассейнов и место-

рождений. Таким образом, теория поясов и узлов угленакопления, сформулированная ~ 70 лет назад П. И. Степановым и энергично поддерживавшаяся Ю. А. Жемчужниковым, находит ныне вполне научное объяснение. В наши дни насущной задачей геологов-угольщиков является использование мобилистских концепций для решения глобальных проблем угленакопления в пределах планеты.

4. Идентификация угленосных отложений в качестве самостоятельной группы формаций. В 40-е и 50-е годы XX века среди специалистов угольной геологии велась довольно оживленная дискуссия о правомерности выделения угленосных отложений в самостоятельную группу осадочных формаций. Большинство их, как и некоторые тектонисты, горячо поддержали эту идею. Однако при этом наметились разные подходы к пониманию самого термина, как и критериев для выделения различных типов угленосных формаций.

Юрий Аполлонович был в числе первых, кто пришел к выводу о необходимости отнесения угленосных толщ к новому типу осадочных формаций. По его заключению, основанием к этому являются такие общие для всех подобных толщ литологические особенности: парагенетическая полифациальность состава; обязательное присутствие континентальных фаций вплоть до полного отсутствия иных; наличие фаций торфяных болот и/или заболачивающихся озер (почвы угольного пласта), высокое содержание разнообразных растительных остатков от мелких обрывков до фрагментов стволов; цикличность разных порядков; приуроченность к разным тектоническим структурам; возможность постепенных переходов в неугленосные формации по латерали, постепенных переходов или с возрастным перерывом – по вертикали.

Типизация угленосных формаций внутри всей группы может основываться на литологических особенностях отложений, вытекающих из тектонических условий накопления и исторических изменений «в обстановке угленакопления в течение геологического времени»: мощности формации, мощности и числа угольных пластов, фациального состава отложений, метаморфизма углей, степени и характера дислоцированности и т. д.

Заключение

Все изложенное показывает, что творчество Юрия Аполлоновича является поистине крупным событием в становлении угольной геологии нашей страны, а он по значимости вклада в развитие этой науки вполне обоснованно может быть поставлен в один ряд с его предшественниками Л. И. Лутугиным и П. И. Степановым; под руководством последнего ему посчастливилось работать. Юрий Аполлонович стоял у истоков зарождения углепетрографии, петрологии углей, литологии угленосных отложе-

ний, учения об угленосных формациях; он своими трудами на протяжении нескольких десятилетий способствовал развитию каждой из них.

Его идеи, как правило, весьма оригинальные и новаторские, всегда привлекали самое пристальное внимание многих исследователей. Они активно обсуждались, изредка оспаривались, но обычно находили сторонников и последователей и брались ими на вооружение, иногда в несколько трансформированном виде. Хотя прошло уже более 50 лет после смерти Юрия Аполлоновича, многие его идеи, несомненно, сохранили свое значение для всех специалистов в геологии угля и угленосных отложений. А его подвижнический труд является прекрасным примером служения науке.

Библиографический список

1. **Ботвинкина Л. Н., Вальц И. Э., Гинзбург А. И.** Юрий Апполонович Жемчужников // Выдающиеся ученые Геологического комитета – ВСЕГЕИ. Л.: Наука, 1982. С. 151-174.

2. **Иванов Г. А.** Ю. А. Жемчужников // Зап. ЛГИ. 1958. Т. 30, вып. 2. С. 11-12.

3. **История** геологии. М., 1979. С. 204, 297.

4. **Ленинградский** горный институт им. Г. В. Плеханова. 1773- 1973. Л., 1973. С. 163-164.

5. **Юрий Аполлонович Жемчужников** // БСЭ. 2-е изд. 1952. Т. 16. С. 57.

6. **Юрий Аполлонович Жемчужников** // БСЭ. 3-е изд. 1972. Т. 9. С. 165.

7. **Яблоков В. С.** Юрий Аполлонович Жемчужников // Изв. АН СССР, сер. геол. 1957. № 2. С. 3-6.

УДК 552.5 + 929

В. П. Алексеев
Уральский гос. горный университет

ДОПОЛНЕНИЕ К ПЕРИОДИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Ю. А. ЖЕМЧУЖНИКОВА

Как следует из автобиографии Ю. А. Жемчужникова, написанной им летом 1945 г. и приведенной в предыдущей статье, именно к этому времени автор отнес начало «нового периода» своей научной деятельности, который следует считать шестым (в статье [3] он ошибочно причислен к седьмому). Небезынтересно, что длительность периодов, определенных самим ученым, весьма равномерна и составляет в основном 8 лет (исключая второй, что обусловлено известными причинами): 1911 – 1918; 1919 – 1922; 1923 – 1929; 1930 – 1937; 1938 – 1945 гг. Сегодня неизвестно, насколько Ю. А. Жемчужников был знаком с работами А. Белого (Б. Бугаева) в области «магии чисел», но то, что он с ними несомненно знако́м был, неизбежно следует из высокой интеллектуальности самой личности ученого.

Для справки упомянем, что А. Белый (1880-1934) много времени уделил закономерностям (прежде всего числовым) в разных видах творчества – в том числе поэтике. В 47-летнем возрасте он вычертил свою линию жизни, четко разделив ее на 7-летние этапы [4]. Кстати, такой «нарезкой» периодов он провидчески определил и последний рубеж своего бренного существования. Укажем «по́ходя», что и автор данной статьи не удержался от соблазна «исчислить» свои жизненные этапы, получив (очень усреднено) ту же цифру, близкую к 7 годам [1].

Как бы то ни было, но последний, шестой, период деятельности и (увы!) жизни Юрия Аполлоновича превысил этот цифровой порог и составил уже 12 лет. Нам не суждено узнать, поставил ли бы он очередную веху на, скажем, 1953 году (1945 + 8)? Вообще-то именно с окончанием первой половины 50-х гг. теперь уже прошлого столетия было связано много событий, имеющих «переломное» значение для деятельности «жемчужниковской школы». Так, в конце 1954 г. был подписан к печати сборник [2], во многом подытоживающий 30-летние исследования Юрия Аполлоновича по изучению косой слоистости в осадочных толщах и выводящий исследователей на существенно новый уровень в изучении погребенного аллювия. В марте 1955 г. на совещании в г. Артемовске были доложены результаты многолетних исследований по Донбассу, которые «в поле» были в основном завершены в 1952 г. Практически одновременно (март 1955) ряд докладов, освещающих методику фациально-циклического анализа, был сделан на Втором всесоюзном угольном совещании в г. Ленинграде [7]. Обо-

значая перечисленными событиями одновременно и узкий, и достаточно широкий диапазон в 2-3 года, мы можем с уверенностью полагать о его неплохом соответствии указанной выше дате – 1953 год, с возможной ее пролонгацией до начала 1955-го.

Таким образом, исходя из изложенного, можно было бы судить о завершении шестого периода научной деятельности Ю. А. Жемчужникова в 1953 (54) году и, соответственно, начале *седьмого*. В этом плане несомненная «описка», сделанная ближайшими коллегами в специальной статье ([3]: см. выше), выглядит воистину символичной. Нам остается продолжить выполненный в автобиографии самоанализ и добавить к предложенному рубежу еще 8 лет. Получаемый рубеж: 1953 (54) + 8 = 1961 (62) сто́ит того, чтобы остановиться на нем более внимательно.

В 1960 г. выходит в свет работа Ю. А. Жемчужникова и А. И. Гинзбург [6], подводящая итоги многолетних работ отечественной школы углепетрографов, созданной Юрием Аполлоновичем.

В 1959-1960 гг. издана коллективная монография по среднему карбону Донецкого бассейна [8], с подробным изложением основ фациально-циклического анализа угленосных отложений.

Наконец, в 1963 году, то есть спустя ровно восемь (!) лет после двух событий марта 1955-го которые были отмечены выше, вышла в свет работа Ю. А. Жемчужникова по сезонной слоистости [5], представившая собой систематизированные и отредактированные Л. Н. Ботвинкиной материалы. Сама Любовь Николаевна написала, что «… последняя опубликованная работа Юрия Аполлоновича – это синтез двух излюбленных тем – слоистости и периодичности. В ней подчеркнута периодичность сезонной слоистости и, что особенно интересно, на основании сопоставления ряда различных факторов установлена зависимость седиментации от космических причин, что в то время было новаторским выводом» [5].

В завершение же к представленному материалу предложим заинтересовавшемуся читателю внимательно прочитать небольшую выдержку из работы [9]. Анализируя концепцию автопоэзиса, разработанную чилийскими учеными Ф. Варелой и У. Матураной в 1973 г., Е. Н. Князева пишет следующее:

«Автопоэтические системы обладают двумя важными свойствами – *операциональной замкнутостью* и *структурной сопряженностью* со средой. Сложная система, способная к самоорганизации, не просто открыта, она операционально замкнута. Она одновременно и отделена от мира, и связана с ним. Ее граница подобна мембранной оболочке, которая является границей соединения/разделения. Мембрана позволяет системе быть открытой миру, брать из окружающей среды нужные вещества и информацию, и быть обособленной от него, во всех своих трансформациях и превращениях поддерживать свою целостность, сохранять свою идентичность».

Не развивая далее эту концепцию, предложенную для биологических существ, не удержимся от соблазна перекинуть своего рода мостик к высказанному Ю. А. Жемчужниковым еще в 1944 г.: *геологу следует мыслить циклами*. Именно цикличность развития субстанции – как живой, так и неживой, по нашему мнению, симбиотически реализована и в трудах, и в жизни этого замечательного человека. Имеется в виду подлинная цикличность, представляющая собой *развитие по спирали*. Самоорганизация (см. вышеприведенную цитату) отсчитывает витки этой спирали, строго «оцифрованные» А. Белым (ср.: автопоэзис) и интуитивно, но точно установленные пытливым исследователем, которым являлся Ю. А. Жемчужников.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Узелки на линиях. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 258 с.

2. **Аллювиальные** отложения в угленосной толще среднего карбона Донбасса. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 296 с. (Тр. ИГН АН СССР. Вып. 151. угольн. сер. № 5).

3. **Ботвинкина Л. Н., Вальц И. Э., Гинзбург А. И.** Юрий Аполлонович Жемчужников (1885-1957) // Выдающиеся ученые Геологического комитета – ВСЕГЕИ. Л.: Наука, 1982. С. 151-174.

4. **Демин В. М.** Андрей Белый. М.: Молодая гвардия, 2007. 413 с. (Жизнь замечательных людей: сер. биогр.; вып. 1047).

5. **Жемчужников Ю. А.** Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 72 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 86).

6. **Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И.** Основы петрологии углей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 336 с.

7. **Жемчужников Ю. А., Яблоков В. С.** Фациально-циклический метод изучения угленосных отложений // Материалы Второго угольного геологического совещания. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 161-170 (Труды ЛАГУ. Вып. V).

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

9. **Князева Е. Н., Курдюмов С. П.** Основы синергетики: Синергетическое мировидение. М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 256 с.

10. **Угленосные** формации и петрология углей. Л., 1985. 139 с. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 332).

Раздел I. СЕДИМЕНТОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ

УДК 552.5

В. Г. Кузнецов
Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина

ПЕТРОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД – ЛИТОЛОГИЯ – СЕДИМЕНТОЛОГИЯ: КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

Осадочные породы были одними из первых, если не первыми минеральными объектами, используемыми человечеством. Материалом для изготовления первых орудий человека каменного века были продукты осадочного процесса – кремни, результаты обработки которых в виде скребков, ножей и пр. составляют важнейшие материальные свидетельства быта и «ремесел» первобытного человека. Показательно, что даже такой подходящий для этого, хотя и существенно более редкий материал, как обсидиан, в Древнем Египте начал использоваться значительно позднее кремней.

Позднее, с освоением гончарного производства, начала использоваться глина. Наиболее распространенные осадочные породы – глины, пески и песчаники, известняки – это сырье для производства строительных материалов – кирпича, извести и др. Поскольку осадочные породы в отличие от магматических и метаморфических легче поддаются обработке, то они стали использоваться в строительстве непосредственно. Достаточно указать на каменные жилища людей неолита на Оркнейских островах, сложенные из слоистых песчаников, построенные позднее из эоценовых нуммулитовых известняков египетские пирамиды, вырубленные в меловых косослоистых песчаниках грандиозные храмы в том же Египте, вспомнить значительно позднее построенную из подмосковных известняков белокаменную Москву, величественные храмы Европы, сооруженные из песчаников и украшенные резьбой и химерами из тех же песчаников и др.

Уже в античные времена и в Средневековье использование осадочных пород в количественном и материальном (денежном) выражении значительно превосходило продукты эндогенных, в том числе гидротермальных процессов, хотя оно и терялось в блеске «благородных» продуктов – золота, серебра, меди, железа. Достаточно сказать, что в Библии слово «золото» употребляется 415 раз. Правда, и первое золото в виде мелких самородков было найдено 6 тысяч лет тому назад в Аравийской пустыне в россыпях, то есть в осадочных образованиях. Россыпные месторождения в течение столетий, а точнее даже тысячелетий были единственными или, по крайней мере, основными поставщиками этого металла. Интересно в связи с этим, что одно из первых специальных исследований осадочных пород по-

священо именно золотоносным россыпям. Это работа Реомюра 1718 года по песчаным отложениям «рек и ручьев Французского королевства, несущих золотые чешуйки».

И в значительно более поздние времена осадочные полезные ископаемые выступали «первопроходцами» в создании новых производств. Так, в России первые чугунолитейные заводы (1639 и 1656 гг.) были основаны именно на осадочных рудах Тульской губернии.

Большое научное и практическое значение осадочных пород предвидел уже В. И. Вернадский. В 1889 г., после посещения в Берлине организованного Клейном минералого-петрографического института, он писал своей жене Н. Е. Вернадской: «Петрографическое собрание огромно. … Находятся только образчики вулканических, метаморфических и кристаллических пород. Это очень печально, так как с течением времени институт не будет в состоянии удовлетворить всем задачам петрографии и значение, чисто в химико-минералогическом смысле, осадочных пород гораздо больше, чем им придается до сих пор. По мне, это большая ошибка» [3, стр. 42].

Естественно, что для всех производств древних мастеров и ремесленников подходила не любая глина и не всякий песчаник, поэтому человечество постепенно изучало и определенным образом систематизировало породы по тем или иным прикладным потребительским и технологическим свойствам. Однако называть это наукой было бы крайне смело и совершенно неверно. Наука о горных породах в более строгом значении этого понятия началась лишь с использования микроскопа. Симптоматично при этом отметить, что применение Генри Клифтоном Сорби микроскопии, что и обусловило становление петрографии как самостоятельной науки, началось в 1851 г. с микроскопического изучения именно осадочных пород – окремнелых известняков; карбонатные породы он изучал и в дальнейшем. Правда, практически сразу микроскопический метод стал использоваться при изучении магматических и метаморфических пород, и разработанные при этом методики значительно позднее вошли в арсенал методов исследования пород осадочных.

Специальное и научное изучение осадочных пород началось позже аналогичных исследований пород эндогенных – во второй половине XIX – начале XX века. По-видимому, этим временем можно датировать начало науки об осадочных породах. С определенной степенью условности можно считать, что первый этап развития науки продолжался примерно до начала двадцатых годов XX столетия. При этом наметилось два направления исследований.

Во-первых, это исследование современных осадков и условий их образования. Исключительное значение в этом отношении имела по сути дела первая по тем временам океанографическая экспедиция на судне «Челленджер» в 1872-1876 годах и публикация ее материалов Дж. Мерреем и А.

Ренаром в 1891 г. В России важные результаты были получены при изучении современных осадков Черного и Каспийского морей, в значительной мере связанные с исследованиями Н. И. Андрусова.

Работы второго – петрографического направления были посвящены изучению и описанию конкретных осадочных пород. Среди них можно отметить описание песчаных пород В. И. Лучицким, исследование глин П. А. Земятченского и И. И. Гинзбурга, углей М. Д. Залесского, железных руд С. П. Попова и П. А. Земятченского. Среди зарубежных исследователей необходимо указать французского ученого Л. Кайё, который с 1897 по 1935 годы опубликовал результаты исследования меловых отложений Франции, описал песчаные, кремнистые и карбонатные породы и создал методические указания по изучению осадочных пород (1916).

Второй этап развития науки начался после первой мировой войны, когда резко возрос интерес к осадочным породам и началось их уже систематическое изучение. Были созданы специальные организации – комитеты, общества и т. д. Во время этой войны появились танки, авиация и стало ясно, что следующая война будет «войной моторов», что мир в целом «моторизуется» и важнейшим полезным ископаемым становится нефть. Общепризнанно, что именно потребности нефтяной промышленности, а нефть связана с осадочными породами, вызвали бурное развитие исследований именно этих пород. Важнейшим моментом стала организация специальных учебных курсов в вузах.

В 1922 г. М. С. Швецов в Московском университете и Б. П. Кротов в Казанском начали читать специальные курсы по петрографии осадочных пород. В 1926–1930 годах крупнейший отечественный петрограф академик А. Н. Заварицкий в Ленинградском горном институте как раздел общего курса «Петрография» выделил и читал курс по петрографии осадочных пород. В учебнике по описательной петрографии этот раздел был оформлен в виде самостоятельной 2-й части, а в 1932 г. он был опубликован в виде краткого пособия «Введение в петрографию осадочных горных пород» [5]. В 1923 г. Я. В. Самойлов разработал программу исследований по проблемам изучения осадочных пород. В 1932 г. вышел учебник М. С. Швецова, основанный на его лекциях в Московском университете и Горной академии. Практически в те же годы (1922) в Ленинградском горном институте введен курс «Учение о фациях», пособие по которому было издано в 1932 г. [14] и в виде капитального двухтомника вышло третьим изданием в 1956 г. [15].

Первоначально курсы по петрографии осадочных пород читались в рамках кафедр минералогии и петрографии, фациального анализа – исторической геологии. Первой кафедрой, получившей наименование кафедры осадочных пород, стала кафедра в Московском нефтяном институте, ранее называвшаяся кафедрой минералогии и кристаллографии. В настоящее время подобные кафедры под тем или иным названием существуют прак-

тически во всех крупных вузах страны. Показательно, что в вузах не нефтяного профиля нефтегеологическая специальность введена и преподается именно на литологических кафедрах. Таковы, например, СПбГУ, РГГРУ, УГГУ. И если первый толчок к развитию литологии дала именно нефтяная промышленность, то ныне литология «возвращает свой долг».

В те же годы (1922) в США под председательством В. Вогана был создан Комитет по седиментологии. Очень важным обобщением знаний по петрографии осадочных пород было издание «Трактата по седиментологии» У. Х. Твенхофела с сотрудниками (1925), русский перевод второго издания 1932 г. был издан в 1936 г. под названием «Учение об образовании осадков» [24]. Во многом эта книга создана по материалам учебного курса, который преподавался в Висконсинском университете. Структура этой работы в значительной степени определила дальнейшее, вплоть до новейших данных, построение курса. Здесь рассматривались история и способы образования осадков, их перенос, отложение, диагенез и литификация, то есть то, что сейчас составляет стадиальное направление современной литологии. Рассматривались вопросы соотношения организмов с осадками. Специальные разделы посвящены описанию осадочных пород и обстановкам седиментации.

Если на первом этапе изучались и описывались преимущественно конкретные горные породы, то теперь появились и определенные теоретические обобщения, формировалась уже не только описательная, но и теоретическая часть, «графия» (от греч. *grapho* – пишу) постепенно превращалась в «логию» (от греч. *logos* – понятие, учение), формировалась и структура науки.

Поскольку непосредственно изучались осадки и осадочные горные породы, причем во многом использовались методы, разработанные при исследовании пород магматических, сложилось мнение, что учение об осадочных породах возникло в недрах петрографии общей, что в принципе не верно или, точнее, верно лишь в малой степени. Действительно, изучение осадков и особенно пород – петрографии осадочных пород в узком и точном значении этого термина, во многом отпочковалось от общей петрографии, особенно с точки зрения методов исследования и прежде всего микроскопических. Правда, были разработаны и важные специфические методы, например гранулометрический анализ.

Однако это перерастание петрографии в литологию подъем уровня от петрографии до литологии имеет и другие корни: она возникла в недрах исторической геологии и фациального анализа, поскольку само изучение и описание осадочных пород и их комплексов – это основа выявления и установления основных закономерностей осадочного процесса, восстановления древних обстановок осадкообразования и осадконакопления. Именно это направление и обусловило перерастание петрографии осадочных пород в литологию.

Сформировалась вторая – после описательной петрографии, часть науки – общая, или теоретическая литология. Литология изучает осадочные горные породы и осадочные комплексы, исследует общие закономерности осадочного процесса и осадочного породообразования – его стадийность (процессы и обстановки образования осадочного материала, его переноса и осаждения, превращения осадков в породы и их дальнейшее существование и преобразование), обстановки осадконакопления, закономерности размещения осадочных пород в пространстве в зависимости от тех или иных условий (тектонических, климатических, палеогеографических и т. д.), главные законы, определяющие строение осадочных толщ, эволюцию осадочного процесса и факторы, ее определяющие, и т. д.

Ясно, что эти две части тесно связаны друг с другом и дополняют друг друга. Нельзя, например, исследовать общую эволюцию осадочного процесса, не изучая эволюцию отдельных типов пород. Аналогично, исследование только одной породы, сколь бы глубоким и детальным оно не было, не позволит понять закономерности ее появления в том или ином месте и в то или иное время.

Подъем уровня науки об осадочных породах с уровня петрографии на уровень литологии сопровождался не только изменением и усложнением целей и задач, но и уровня объектов исследования. Если петрография имеет дело с породой, то есть ее составом, структурой, текстурой, то литология изучает также осадочные толщи – геологические тела – их строение, состав, закономерности соотношения пород в разрезе и пространстве и общие закономерности образования и распространения не только, и скорее не столько отдельных пород, сколько их ассоциаций.

С определенной степенью условности теоретическая литология включает три тесно связанных между собой направления.

Стадиальное, или стадиально-литологическое, направление рассматривает историю осадочной породы от зарождения осадочного материала через его перенос и осаждение, превращение осадка в породу, бытие последней, вплоть до ее исчезновения в результате гипергенеза или метаморфизма. Становление этого направления восходит к работам И. Вальтера, который использовал термин «литогенезис» и различал несколько стадий осадочного породообразования: выветривание, абляция, транспорт, корразия, отложение, диагенез, метаморфизм [35].

Седиментационно-генетическое или седиментологическое направление акцентирует внимание на первых стадиях осадочного процесса, рассматривает механизмы и обстановки осадконакопления, влияние на осадочный процесс внешних факторов – тектонических, климатических, биотических и др. В значительной степени оно перекрывает первое направление в области начальных стадий осадочного породообразования (образование осадочного материала – транспортировка – осаждение), однако акцент здесь делается не столько на процессы и механизмы, сколько на об-

становки и условия осадконакопления, поэтому это направление тесно связано с решением «обратной задачи» – фациально-генетическим анализом – и служит его базой. Фациальный анализ – это метод воссоздания физико-географических обстановок геологического прошлого на основе литологического изучения отложений. Естественно, что решение этой «обратной задачи» возможно лишь с учетом знаний об обстановках и условиях, где и при которых формируются те или иные комплексы отложений с присущими им характеристиками и особенностями.

Историко-литологическое, или эволюционное, направление изучает эволюцию, а также осложняющую ее периодичность осадочного породообразования в истории Земли, изменение во времени состава и наборов пород, способов и механизмов, а также обстановок и условий осаждения материала.

На стыке литологии и тектоники в нашей стране возникло и успешно развивается учение о геологических формациях.

В этот период наряду с чисто петрографическим изучением самих пород широко развивались исследования пород и их ассоциаций для восстановления условий их образования. В нашей стране это работы П. П. Авдусина, А. Д. Архангельского, В. П. Батурина, Н. Б. Вассоевича и др.

При всей значимости подобных исследований, они, особенно в форме руководств и учебных пособий, были все же описательными. Этапной вехой можно считать 1940 г., когда был издан трехтомный учебник Л. В. Пустовалова «Петрография осадочных пород», который по формальным причинам имел гриф учебного пособия. Уже на первых страницах книги Л. В. Пустовалов указал: « … петрография осадочных пород не только всесторонне описывает соответствующие минеральные образования, то есть фиксирует наблюдаемые в природе факты, но также занимается вопросами происхождения современных и древних осадков, вопросами их *генезиса*…, то есть изучает всю историю развития осадочной породы с момента ее образования до современного ее состояния, тесно увязывая эту историю с геологической историей земной коры и всей Земли в целом. Таким образом, учение об осадочных породах является сейчас не только описательной, но и и с т о р и ч е с к о й наукой; поэтому ее правильнее было бы называть не петрографией, а петрологией или *литологией осадочных пород* [Пустовалов, 1940, т. 1, с. 7 (разрядка Л. В. Пустовалова. – *В. К.*)]. При этом он отмечает, что «официальное название науки», под которым она, в частности, «… фигурирует в научных планах высших учебных заведений», – петрография, и … «это обстоятельство заставляет продолжать пользоваться несколько устаревшим термином» (там же).

Важнее, однако, не это высказывание, а суть, те теоретические положения, которые развивались в этой книге. Если до этого в обобщающих работах и учебниках основное внимание уделялось описанию осадочных горных пород и лишь в самых общих чертах отмечались обстановки обра-

зования осадков и их преобразование в породы, то в этой работе, которая была издана как учебное пособие, впервые были намечены основные ***закономерности*** осадочного процесса. Это было практически первое цельное и систематическое изложение сути новой науки и ее основных разделов, впервые показано, что осадочные горные породы – это ***закономерные*** ассоциации вещества, сформулированы основные положения об осадочной дифференциации вещества, эволюции и периодичности осадочного процесса, физико-химической наследственности и т. д. Разработанная Л. В. Пустоваловым структура литологии и выделение ее основных разделов – стадиального, седиментологического и эволюционного, хотя они и не названы непосредственно – прочно утвердилась в современной науке. Некоторые положения книги Л. В. Пустовалова опередили свое время. Так, академик А. Л. Яншин указал, что Л. В. Пустовалов является основоположником учения об эволюции геологических процессов вообще, и его идеи в этом направлении послужили основой слома парадигмы принципа актуализма в геологии вообще [28].

Ряд научных представлений Л. В. Пустовалова не выдержал проверки временем, другие претерпели существенные изменения и развитие, но это не умаляет его заслуг и значения этой книги для становления и дальнейшего развития науки об осадочных горных породах в целом.

Высказывается мнение, что именно с этого трехтомника начинается становление *самостоятельной науки* об осадочных породах [1, стр. 14]. Впрочем, имеется основание считать такой датой начало 20-х годов, когда началось преподавание ее в вузах.

Третий, по сути дела современный этап начался после Второй мировой войны, когда изучение осадков и осадочных пород получило новое интенсивное развитие. Среди прочих причин этому способствовало два обстоятельства.

Во-первых, выяснилось, что осадочные отложения кроме нефти содержат огромные запасы рудных полезных ископаемых и прежде всего урана – элемента крайне важного для развития атомной энергетики и, увы! – вооружения. Так, в 1946 г. запасы урана в эндогенных месторождениях составляли 92 %, в то время как в экзогенных (осадочных) лишь 8 %. Уже к 1958 г. ситуация поменялась кардинально: в эндогенных было сосредоточено лишь 10 % запасов, в то время как в осадочных – 90 % (из них 65 % в древних конгломератах) [17]. Подобная ситуация имела место и со многими другими металлическими полезными ископаемыми. Это, естественно, резко расширило поле деятельности и объекты исследования и дало много новых важных данных как по самим осадочным породам, условиям их образования, так и по связанным с ними полезным ископаемым. Одновременно это обусловило существенную интенсификацию работ по вторичным изменениям осадочных пород в разных условиях, способствовало расширению знаний о катагенетических процессах и образующихся в ре-

зультате их изменениях. При этом, естественно, развивались и совершенствовались методы исследования.

Во-вторых, началось очень широкое и, главное, планомерное изучение океанов, их осадков и происходящих здесь процессов.

Заметным событием этого периода в отечественной литологической науке была дискуссия, начатая в печати в 1950-1951 гг. и продолженная на 1-м Всесоюзном литологическом совещании в 1952 г. [22]. Не касаясь во многом политического характера дискуссии, что было характерно для того времени, надо отметить, что она, к счастью, закончилась без оргвыводов и печальных последствий, как это случилось, например, в результате печально известной биологической дискуссии 1948 г. Истина в науке не определяется голосованием и формальным подсчетом голосов. Как и положено в подобных дискуссиях, каждая сторона осталась при своем мнении и позднее считала себя выигравшей, но важно, что дискуссия четко обозначила ряд мнений, выявила противоречия и стала мощным стимулом дальнейшего развития науки.

Среди очень крупных и важных для этого периода работ в нашей стране надо отметить по крайней мере четыре направления и результата. Это прежде всего создание и разработка учения о климатических типах литогенеза Н. М. Страхова, обобщенного в трехтомнике «Основы теории литогенеза» [23], и создание капитального учебного пособия Л. Б. Рухина «Основы литологии», выдержавшего три издания [19]. Во-вторых, это работы по океаническому осадкообразованию А. П. Лисицына и других сотрудников Института океанологии АН [10–13]. Последнее стало возможно благодаря международному сотрудничеству в исследовании океанов, в том числе реализации серии проектов глубоководного бурения. В-третьих, это создание учения о геологических формациях – закономерных парагенетически связанных между собой сообществах пород, в обособлении и характеристике которых очень большую, если не сказать ведущую роль играла тектоника, в том числе через создаваемый ею рельеф (работы Н. С. Шатского, Н. П. Хераскова, В. И. Попова и др.). Наконец, в-четвертых, развернулись и были получены интересные данные об эволюции осадочного процесса и осадочного породообразования в истории Земли, как часть общей эволюции геологических процессов [19, 27].

Рассмотренная выше периодизация развития литологии в значительной степени определяется мировыми войнами. К сожалению, известное положение о том, что потребности практики двигают науку быстрее сотни университетов, в значительной степени реализуется потребностями именно военной практики, когда все требования резко усложняются и ускоряются. К примеру, выше отмечалось значение осадочных месторождений урана – элемента, который в первую очередь и долгое время шел именно на военные нужды. Аналогично, широкое развитие океанологических исследований с пятидесятых годов во многом обусловлено милитаристскими

требованиями: развитие подводного флота, подводной связи и др. параметров, и изучение осадков оказалось лишь одной, но важной для литологии стороной этого изучения.

Параллельно с развитием науки менялось и развивалось и содержание преподавания, методическое обеспечение в виде учебников и учебных пособий. Если раньше существовали единичные учебники и учебные пособия (М. С. Швецов, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко), то в последние 10–15 лет набор учебников и учебных пособий существенно расширился, в том числе за счет собственных вузовских изданий.

Прежде всего следует отметить трехтомную «Литологию» В. Т. Фролова [25], основным «недостатком» которой явился ее объем – 70 печатных листов, более 1100 страниц, что явно неподъемно для студенческого курса. Как к любой работе, особенно такой большой и сложной, к ней можно высказать ряд претензий и замечаний (см. например, [6]), но нельзя не признать, что это издание является практически энциклопедическим и важно для аспирантов и магистрантов, специализирующихся в области литологии. Среди других можно указать книги В. П. Алексеева, А. И Антошкиной, В. Г. Кузнецова, О. В. Япаскурта [1, 2, 8, 29].

Ни в коей мере не рецензируя и не обсуждая достоинства и недостатки изданий по литологии, надо отметить, что все они в общем отражают современную структуру и, соответственно, содержание науки, то есть с той или иной детальностью характеризуют собственно осадочные породы, а также рассматривают общие проблемы, стадиальное, фациально-седиментологическое и эволюционное направления теоретической литологии, строение осадочных комплексов, осадочные формации.

Вместе с тем в каждом из них отчетливо видно «лицо автора», область его научных интересов. Так, в учебнике В. П. Алексеева сделан акцент на строение осадочных толщ, цикличность, восстановление условий образования отложений, формационный и бассейновый анализ. Весьма удачно показано, что литология изучает объекты разного уровня – собственно осадочные породы, их ассоциации и вплоть до формаций. О. В. Япаскурт значительное внимание уделяет постседиментационным, в основном катагенетическим и предметаморфическим изменениям пород. В учебном пособии автора настоящих заметок [8], которое и готовилось как пособие именно по породам (петрографии), больше внимания относительно других пород отводится породам карбонатным. Эта ситуация свидетельствует о том, что литологии – наука не закостеневшая, а живая, ее разные направления развиваются, и естественно, что отдельные ученые и научные школы развивают разные ее разделы.

Одной из особенностей современной ситуации является широкий, достаточно свободный и относительно доступный обмен с зарубежным научным сообществом. В стране появились филиалы иностранных компаний, организованы совместные с зарубежными компании. В нашу лексику и

обиход входит ряд западных, прежде всего англоязычных терминов и понятий. Появилась настоятельная необходимость понимать и соотносить отечественные и западные термины и подходы.

За рубежом наука об осадочных отложениях определяется термином «седиментология», причем ее содержание так же, как и в нашей стране, менялось. Первоначально термин «седиментология» характеризовал больше описательную часть науки, то есть был в определенной степени синонимом сочетания «петрография осадочных пород». Сейчас этот раздел обычно называется Sedimentary Petrology, о чем свидетельствует, например, название, а главное, содержание выдержавшего уже несколько изданий учебника М. Таккера [33].

Пример изменения подходов и сути науки дает один из старейших международных специализированных изданий, публикуемых с 1931 года – журнал Journal of Sedimentary Petrology был в 1994 году переименован в Journal of Sedimentary Research. Журнал является органом Society of Economic Paleontologists and Mineralogists – своего рода дочерней организации Американской ассоциации геологов-нефтяников (AAPG). Это общество ныне, сохранив как «бренд» аббревиатуру SEPM, стало называться Обществом осадочной геологии (Society of Sedimentary Geology).

Вопросы строения осадочных толщ ранее относились к сфере стратиграфии американских геологов, поскольку американская стратиграфия включает целый ряд разделов, относящихся у нас к области литологии. Показательный пример – книга крупных американских геологов К. Данбара и Дж. Роджерса «Основы стратиграфии» (Principles of Stratigraphy), изданная на русском языке в 1962 г. [5]. Из четырех разделов этой книги три, объемом более 250 страниц, посвящены обстановкам осадкообразования, текстурам осадочных пород, строению разрезов, фациям и описанию осадочных пород. Лишь заключительный раздел «Синтез», объемом 63 страницы, посвящен стратиграфии отечественных, да и европейских геологов, причем и здесь часть вопросов относится к области литологии. Примерно подобная ситуация по существу продолжается в ряде изданий и сейчас [32], что нашло выражение в названии важного современного направления исследований – сейсмической, а позднее секвентной стратиграфии. Эти термины вошли в отечественную науку и литературу, и к стратиграфии, в нашем понимании, имеют весьма косвенное отношение, поскольку практически целиком входят в компетенцию литологии, так как рассматривают строение осадочных комплексов и их взаимоотношения.

Однако постепенно термин «седиментология» становился все более общим, охватывая также процессы и закономерности образования осадочных пород, строение осадочных толщ, редко эволюцию осадочного породообразования [34]. Об этом свидетельствуют как статьи в периодической печати, так и отдельные книги, которые по нашей терминологии могут считаться учебниками (см., например, книгу Селли [20]). Г. Фридман и Дж.

Сандерс определяют седиментологию в самом широком значении, как геологию осадочных отложений, которое включает изучение осадочного материала, осадочных процессов и все аспекты изучения продуктов седиментации [30].

Именно так – Sedimentology – называется издающийся с 1953 г. авторитетный журнал Международной ассоциации седиментологов (International Association of Sedimentologist - IAS). Статьи в этом журнале по сути – по объекту и методологии исследования, практически не отличаются от статей ведущего отечественного журнала в этой области – «Литология и полезные ископаемые».

Вместе с тем в ряде случаев «седиментология» действительно в значительной мере аналогична отечественному седиментологическому направлению, где рассматриваются процессы и обстановки осадкообразования, переноса, осадконакопления, фациальные реконструкции [9, 31].

Термина «литология» в англоязычной литературе нет, точнее он используется в очень узком значении для характеристики пород, например, в заголовках типа «литологическая колонка».

В отечественной науке (и литературе) седиментология является лишь частью литологии и характеризует начальные стадии экзогенного осадочного процесса – образование осадочного материала, его перенос и осаждение (седиментогенез в узком смысле слова). Один из ярких отечественных литологов С. И. Романовский определяет седиментологию как науку, «… занимающуюся реконструкцией механизма процессов седиментогенеза геологического прошлого» [18, с. 37]. В то же время он отмечает, что во многих случаях, особенно по американской литературе, можно говорить о тождественности понятий «литология» и «седиментология» (там же, с. 3). В последние годы появилась тенденция выделять две надстадии – седиментогенез (образование осадка) и литогенез (образование и преобразование пород). Поэтому нередко считается, что английский термин «седиментология» не очень удачен, так как отражает лишь начальные стадии осадочного процесса – образование осадка. Обоснованию «ограниченности» английского термина «седиментология» посвящены разделы в ряде отечественных изданий и специальные публикации. Складывается парадоксальная ситуация, когда отечественные ученые, скажем откровенно, не идеально владеющие английским языком, учат носителей языка «правильному» употреблению английского термина. При этом забывается, что английское слово «sediment» означает не только осадок (это первое значение в словарной статье), но и осадочную породу (это значение, правда, в самом конце словарной статьи приводится в больших даже отечественных словарях).

Еще одно замечание по этому поводу. Если «Литология» В. П. Алексеева не тождественна «Литологии» О. В. Япаскурта, то странно и не логично требовать полного тождества отечественной литологии и западной седиментологии, тем более, что и там седиментология разных авторов да-

леко не одинакова. В связи с этим термины «литология» и «седиментология» в настоящее время в первом приближении можно считать во многом однозначными.

Вместе с тем термин «седиментология» как синоним или даже замена термина «литология» все более входит в отечественную практику и науку. Он широко используется в нефтегазовых компаниях, в ведущих российских научных журналах в названиях чисто литологических (в отечественном понимании) статей все чаще фигурирует термин «седиментология» (см., например, [4, 26] и др.). Нет смысла обсуждать, хорошо это или плохо, – это существующий факт. Сами дискуссии по терминологическим вопросам такого типа бессмысленны.

Давно признано, что ***принципиально*** новые открытия предсказать невозможно. Если говорить о нашей науке, можно отметить, что разработка учения об осадочной дифференциации вещества, равно как и учение о климатических типах литогенеза, – важнейшие достижения и рубежи развития науки – никто не предсказывал заранее. Вряд ли кто-либо может предсказать, когда появится ученый интеллекта уровня Л. В. Пустовалова и Н. М. Страхова.

Поэтому, не ставя целью дать какой-либо прогноз, можно предположить, что одним из важных направлений исследований будет изучение взаимодействия осадочного процесса и органического мира. С одной стороны, это изучение относительно прямого непосредственного воздействия биоты на осадкообразование и осадконакопление. С другой – более общая проблема изучения процессов создания и изменения биосом общей среды, в том числе геохимической обстановки, в которой происходит сам осадочный процесс. В более общей форме, видимо, можно говорить об изучении биосферы – собственно живого и биокосного вещества – двух важнейших составляющих биосферы, ибо осадочные породы – это и есть биокосный продукт жизнедеятельности биоса. Исследование последних – прямая задача и обязанность литологии. Подобное изучение будет очень интересно и плодотворно в случае исследования этих компонентов и их взаимодействия в историческом аспекте – от момента зарождения и создания биосферы, через ее развитие в истории Земли, до современного состояния. В относительно простой форме – прямого участия биоса в формировании отдельных типов осадочных пород, результат подобного подхода уже налицо. Чисто хемогенные процессы образования, например, осадочных карбонатов и фосфатов на наших глазах сменяются процессами биогенными и биохемогенными, устанавливается влияние биоты на образование некоторых текстур таких классически хемогенных пород, как сульфаты и т. д.

Подобное направление – прямое следствие осознания идей В. И. Вернадского и их дальнейшее развитие.

Два других существенно менее глобальных возможных направления могут быть связаны с изменением техники и масштабов исследований.

С одной стороны, это появление и широкое внедрение в практику литологических исследований новой прецизионной аналитической техники высокой чувствительности и разрешающей способности. Это даст, а частично уже дает возможность развиваться геохимическому направлению исследования осадочных пород, а отсюда и возможности изучения становления и развития внешних биосфер, включая биосферу, и их геохимических обстановок. Именно использование подобных технических средств позволило выявить отмеченное выше участие и роль биоты в образовании некоторых осадочных пород. Одновременно это один из методов исследования в решении крупнейшей фундаментальной проблемы взаимоотношения биоса и осадочного процесса.

С другой стороны, выход исследований за породный уровень, изучение породных ассоциаций, строения осадочных комплексов в зависимости от комплекса внешних причин (тектоники, обусловленного ею рельефа, глобальных, региональных и локальных колебаний уровня моря, климата и т. д.), а также внутренних, собственных показателей (например, состава пород). Переход на надпородный уровень в виде учения о формациях дал важные геологические результаты, хотя, к сожалению, сейчас наметился определенный застой в разработке этого направления. Вероятно, перспективно изучение породных ассоциаций, *промежуточных по рангу между породой и формацией*. Становление, развитие, быстрое и широкое распространение секвентной стратиграфии – наглядный тому пример.

Библиографический список

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

2. **Антошкина А. И.** Краткий курс литологии. Сыктывкар: Изд-во СыкГУ, 2003. 208 с.

3. **Вернадский В. И.** Письма Н. Е. Вернадской, 1889 – 1892. М.: Наука, 1991. 320 с .

4. **Гаврилов Ю. О., Щепетова Е. В., Рогов М. А., Щербинина Е. А.** Седиментология, геохимия и биота волжских углеродистых отложений северной части Среднерусского моря (Костромская область) // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 4. С. 396-424.

5. **Данбар К., Роджерс Дж.** Основы стратиграфии. М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. 364 с.

6. **Заварицкий А. Н.** Введение в петрографию осадочных горных пород. М.-Л.: ГОСИНТИ. 1932. 79 с.

7. **Кузнецов В. Г.** О книге В. Т. Фролова «Литология» Рецензия // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т. 68. С. 99-103.

8. **Кузнецов В. Г.** Литология. Осадочные горные породы и их изучение. М.: Недра, 2007. 511 с.

9. **Лидер М. Р.** Седиментология. Процессы и продукты. М.: Мир, 1986. 439 с.

10. **Лисицын А. П**. Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978. 392 с.

11. **Лисицын А. П.** Зональность природной среды и осадкообразование в океанах // Климатическая зональность и осадкообразование. М.: Наука, 1981. С. 5-45.

12. **Лисицын А. П.** Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.

13. **Лисицын А. П.** Литология литосферных плит // Геология и геофизика. 2001. Т. 42, № 4. С. 522-559.

14. **Наливкин Д. В**. Учение о фациях. Условия образования осадков. М.-Л.: НКТП Гос. научно-техн. горно-геол. изд-во, 1932. 208 с.

15. **Наливкин Д. В.** Учение о фациях. Географические условия образования осадков. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 1. 534 с. Т. 2. 393 с.

16. **Пустовалов Л. В.** Петрография осадочных пород. М.-Л.: Гостоптехиздат 1940. Т. 1. 476 с. Т. 2. 420 с.

17. **Пустовалов Л. В.** О состоянии и основных направлениях дальнейшего развития геологической науки // Советская геология.1964. № 8. С. 3-35.

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

19. **Ронов А. Б.** Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М.: Наука, 1993. 144 с.

20. **Рухин Л. Б.** Основы литологии. Л.: Недра. Изд. 3-е. 1969. 703 с.

21. **Селли Р.** Введение в седиментологию. М.: Недра, 1981. 370 с.

22. **Совещание** по осадочным породам // Доклады АН СССР. Вып. 1. 1952. 326 с. Вып. 2. 1955. 363 с.

23. **Страхов Н. М.** Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР . Т. 1. 1960. 212 с. Т. 2. 1960. 574 с. Т. 3. 1962. 550 с.

24. **Твенхофел У. Х.** Учение об образовании осадков. М.-Л.: ОНТИ НКТП , 1936. 916 с.

25. **Фролов В. Т.** Литология. М.: Изд-во Моск. ун-та. Книга 1, 1992. 336 с. Кн. 2, 1993. 432 с. Кн. 3. 1995. 352 с.

26. **Щепетова Е. В.** Седиментология волжских сланценосных отложений (верхняя юра, зона Panderi) северной части Русской плиты // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. геол. 2009. Т. 84, вып. 4. С. 74-89.

27. **Яншин А. Л.** Эволюция геологических процессов в истории Земли. Л.: Наука, 1988. 39 с.

28. **Яншин А. Л.** Л. В. Пустовалов – основоположник учения об эволюции геологических процессов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1993. № 4. С. 3-9.

29. **Япаскурт О. В**. Литология. М.: Академия, 2008. 336 с.

30. **Friedman G. V., Sanders J. E.** Principles of Sedimentology. New York: John Wiley and Sons, 1978. 792 p.

31. **Leeder M.** Sedimentology and Sedimentary Basins. Oxford: Blackwell, 1999. 608 p.

32. **Nichols G. J.** Sedimentology and Stratigraphy. Oxford: Blackwell, 1998. 368 p.

33. **Tucker M. E.** Sedimentary Petrology. Oxford: Blackwell, 2001. 272 p.

34. **Tucker M. E., Wright V. P.** Carbonate Sedimentology. Oxford: Blackwell, 1990. 482 p.

35. **Walther J.** Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Bd. 1-3. Jena, 1893-1894 .

УДК 552.5

С. Б. Шишлов

Санкт-Петербургский гос. горный институт (технический университет)

НАДПОРОДНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА СТРАТИСФЕРЫ (ИЕРАРХИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ)

Надпородный уровень организации стратисферы исследует формациология, возникновение которой можно считать важнейшим итогом развития геологии XX века, поскольку она призвана заполнить разрыв между науками, изучающими элементно-петрографический (геохимия, минералогия, петрография) и структурно-геологический (структурная геология, тектоника, региональная геология) уровни организации геологических объектов [7]. Исследования осадочных формаций должны способствовать изучению закономерностей строения и механизмов формирования естественных геологических тел надпородного уровня организации, а следовательно, повысить качество стратиграфических схем, геологических карт и минерагенических прогнозов.

Сейчас очевидно, что в стратисфере представлен иерархический ряд надпородных геологических тел [2, 6, 7]. При этом каждое геологическое тело более «высокого» уровня является закономерно структурированной системой объектов предшествующего уровня [2]. Из этого следует, что *объекты более высокого уровня могут быть выделены и удовлетворительно охарактеризованы только после всестороннего исследования тел предыдущего уровня*, а «прыжок через одну или несколько ступенек» не-

избежно приведет к потере информации и ущербности дальнейших построений.

Надпородные тела стратисферы имеют значительные размеры и недоступны для прямого наблюдения целиком. Их непосредственное изучение осуществляется по случайным вертикальным сечениям (обнажения, керн скважин), а косвенную информацию о них дают геофизические методы (каротаж, сейсмопрофили). Возникновение этих тел связано с процессами осадконакопления, развитие которых носит вероятностный характер. Форма и структурно-вещественные характеристики надпородных тел, после их образования, в большей или меньшей степени изменяются под влиянием процессов метаморфизма, выветривания, размыва, тектонических нарушений и т. д. Следовательно, по случайным вертикальным пересечениям необходимо создавать и анализировать *интерполяционные идеализированные структурно-генетические модели* геологических тел, сформировавшихся к моменту завершения седиментации.

Надпородные тела, образующиеся в результате развития во времени и пространстве процесса осадконакопления, имеют форму линз, которые неоднородны как по вертикали, так и по латерали [1, 4, 6]. В связи с этим их характеристика должна включать информацию о *полной (идеальной) вертикальной последовательности элементов*, образующих надпородное тело и сведения о *закономерностях его латеральных изменений*. Решение этой задачи приводит к необходимости представить линзу геологического тела в виде латерального ряда *фаций*, т. е. относительно однородных частей, отличающихся по набору образующих их элементов от смежных.

К сожалению, в настоящее время отсутствует устоявшаяся терминология, позволяющая описать иерархию надпородных геологических тел. В этой ситуации мы будем использовать термины, употреблявшиеся ранее в близком значении, снабдив их собственными определениями (см. таблицу). Очевидно, что это вызовет нарекания тех, кто иначе трактует примененные термины, но изобретать новые слова, при обилии синонимов и терминов «свободного пользования», кажется неуместным.

Ключевые термины

Надпородные геологические тела	Фации геологических тел
Слой – система пород, элементарное надпородное тело	*Катена* – относительно однородная часть слоя
Парагенерация – трансгрессивно-регрессивная система слоев	*Литома* – относительно однородная часть парагенерации
Геоформация – трансгрессивно-регрессивная система парагенераций	*Градация* – относительно однородная часть геоформации
Геогенерация – система геоформаций, высшая единица формационного уровня организации	–

Пользуясь принятой терминологией, можно констатировать, что в стратисфере представлены *слоевой, парагенерационный, геоформационный* и *геогенерационный* иерархически соподчиненные уровни организации.

Слои – элементарные надпородные тела, системы родственных типов пород, ограниченные межслоевыми поверхностями. Существует два вида процессов слоеобразования. Первый, инъекционный, реализуется во внутренних областях осадочных бассейнов. Здесь, согласно модели А. А. Иностранцева [3], осадконакопление связано с периодическими инъекциями вещества и свободным дифференцированным осаждением частиц из полифракционных смесей со скоростью, определяемой их гидравлической крупностью. Второй, миграционный, доминирует в прибрежных зонах осадочных бассейнов и описывается моделью Н. А. Головкинского [1]. Это растянутый во времени процесс смещения в пространстве областей с едиными условиями осадконакопления.

Обе модели рассматривают развивающийся во времени и пространстве процесс, формирующий линзы, сложенные вертикальными и латеральными рядами осадков, которые более или менее отличаются по комплексу генетических признаков. Это позволяет создать типизацию слоев, т. е. установить структурно-генетические типы, объединяющие множество слоев, сложенных одинаковым набором закономерно структурированных родственных по условиям накопления литологических типов пород. Каждый тип слоя характеризуют идеальная (полная) вертикальная последовательность литотипов и эталонный профиль, отражающий их закономерные латеральные изменения. Составление профиля, базирующееся на генетической интерпретации наблюдаемых в разрезах отклонений набора литотипов от идеальной последовательности, позволяет разделить слой на *катены*, т. е. установить ряд фаций, отличающихся по набору литотипов.

В терригенных флишевых комплексах представлены инъекционные псефито-псаммитовые слои, которые, как показал А. Боума, характеризует полная последовательность элементов (литотипов) «A», «B» и «C». Используя разработки К. Д. Корбета [5], можно констатировать, что в результате осаждения материала одного турбидитного потока формируется слой, состоящий из пяти катен, которые закономерно сменяют друг друга от устья подводного каньона к внешней части конуса выноса (рис. 1).

Анализ разрезов верхнего палеозоя Таймырского, Тунгусского и Печорского бассейнов позволил установить 20 структурно-генетических типов слоев, формировавшихся в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза в условиях умеренного климата. В качестве примера рассмотрим особенности строения слоев двух типов.

К первому типу, обозначенному буквенно-цифровым индексом YC-II, отнесены псаммитовые слои, строение которых характеризует идеальная последовательность трех литотипов (рис. 2). Их нижнюю часть образует песчаник мелкозернистый с взмученной текстурой, уплощенными

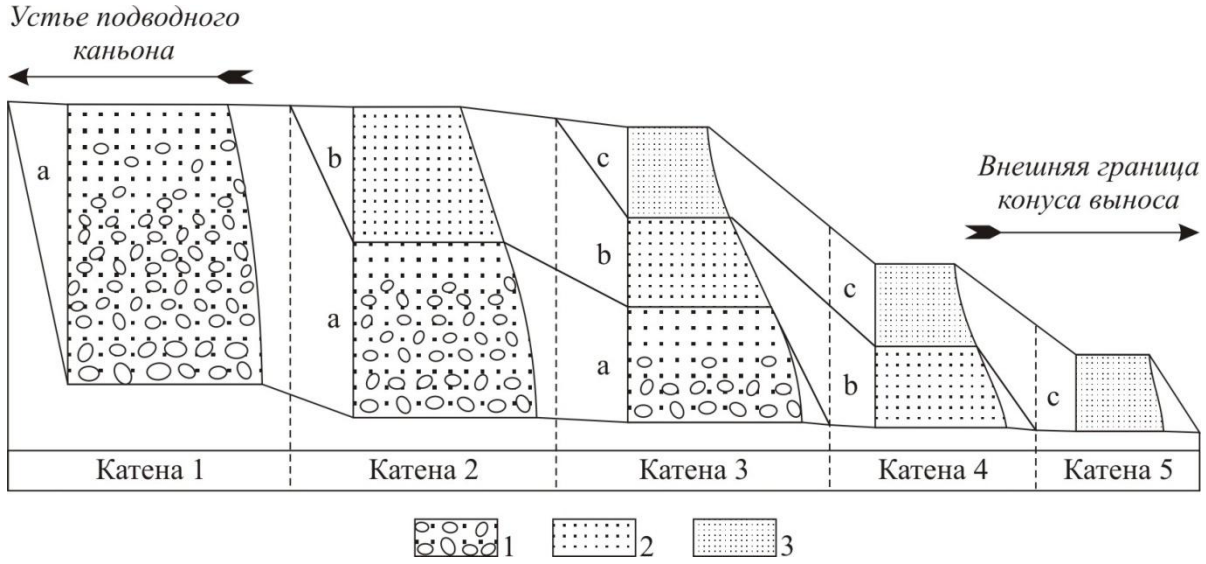


Рис. 1. Схема строения псефито-псаммитовых турбидитных слоев:

1 – градационно-сортированный песчаник крупно-среднезернистый с галькой и гравием (элемент «a»); 2 – песчаник мелкозернистый с ламинарной градационной текстурой (элемент «b»); 3 – песчаник тонкозернистый с рябью течений и конволютной слойчатостью (элемент «c»)

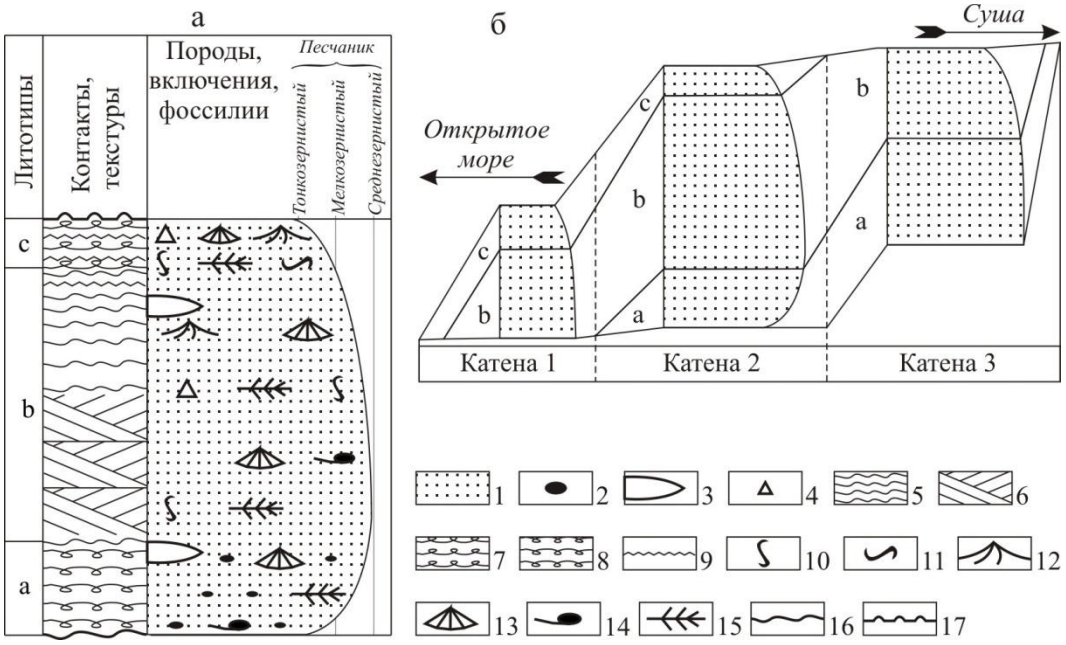


Рис. 2. Псаммитовые слои типа YC-II:

а – идеальная (полная) последовательность литотипов; б – латеральные изменения и деление на катены; 1 – псаммиты; 2 – галька и гравий местных пород; 3 – кальциевокарбонатные мегаконкреции; 4 – выделения глауконита; 5 – волнистая слойчатость; 6 – косая разнонаправленная слойчатость; 7 – текстуры биотурбации; 8 – текстуры оползания и взмучивания; 9 – знаки ряби; 10 – следы жизнедеятельности внутри осадка; 11 – следы жизнедеятельности на межслойковых поверхностях; 12 – «постройки» на межслойковых поверхностях (Zoophycos, Rhizocorallium и др.); 13 – морская фауна; 14 – эвригалинная фауна; 15 – детрит растений; 16 – волнистая межслоевая поверхность; 17 – бугристая межслоевая поверхность

гальками местных пород, остатками морской фауны и растительным детритом (литотип «a»). В средней части песчаник мелко- среднезернистый с косой разнонаправленной и/или волнистой слойчатостью (литотип «b»). Здесь встречаются линзовидные скопления детрита морского бентоса и разнонаправленные ходы илоедов. В верхней части слоя песчаник тонкозернистый глинистый интенсивно биотурбированный (литотип «c»). Характерны «постройки» *Laevicyclus*, *Rhizocorallium*, *Zoophycos*, захоронения слабоперемещенных остатков морской фауны, единичных фрагментов растений и выделения глауконита. На межслойковых поверхностях знаки ряби и следы ползания. Подошва слоя волнистая со следами размыва. Мелкобугристая кровля, часто нарушенная биотурбациями, представляет собой поверхность ненакопления. Мощность до 6 м. Вероятно, формирование таких слоев происходило на фоне повышения относительного уровня моря (трансгрессия) в водах с нормальной соленостью. На начальных этапах, в высокодинамичной среде, быстро накапливался материал, мобилизуемый из зон, заселенных морским бентосом. Затем скорость седиментации снижалась, и осадок сортировался волнениями. Финальная фаза слоеобразования протекала в условиях пониженной гидродинамики и дефицита кластического материала. При прекращении накопления осадков песчаное дно заселял и активно перерабатывал бентос. Следует ожидать, что в дистальной части слоя, накапливавшейся вдалеке от берега, отсутствуют осадки литотипа «a», а доля биотурбитов (литотип «c») максимальна. В проксимальной части, формировавшейся у уреза воды, доминирует литотип «a», а литотип «c» отсутствует, в связи с высокой гидродинамикой и обилием кластического материала. Это позволяет разделить слой на три катены (см. рис. 2).

Алевропелитовые слои типа ZA-II (рис. 3) в нижней части сложены аргиллитом, с тонкими линзами и слойками алевролита (литотип «d»). Выше залегает аргиллит с горизонтальной слойчатостью, многочисленными растительными остаткам и редкими раковинами мелких эвригалинных двустворчатых моллюсков (литотип «e»). В верхней части слоя появляется примесь песчаных зерен, порода имеет зеленоватый оттенок, комковатую отдельность и содержит остатки корневых систем (литотип «f»). У кровли увеличивается концентрация тонкодисперсной растительной органики, присутствуют скопления стеблей и листьев наземных растений (литотип «g»). Нижняя граница слоя пологоволнистая, верхняя – горизонтальная. Мощность до 5 м. По-видимому, накопление таких слоев происходило на фоне регрессии, в мелководной опресненной лагуне с низкой гидродинамикой. Интенсивность воздействия волновой зыби на алевропелитовый осадок постепенно снижалась, но на финальном этапе слоеобразования, у уреза воды, вновь несколько увеличивалась. После формирования слоя его верхняя часть подвергалась изменению процессами гидроморфного почвообразования. Очевидно, что по направлению к бару, за

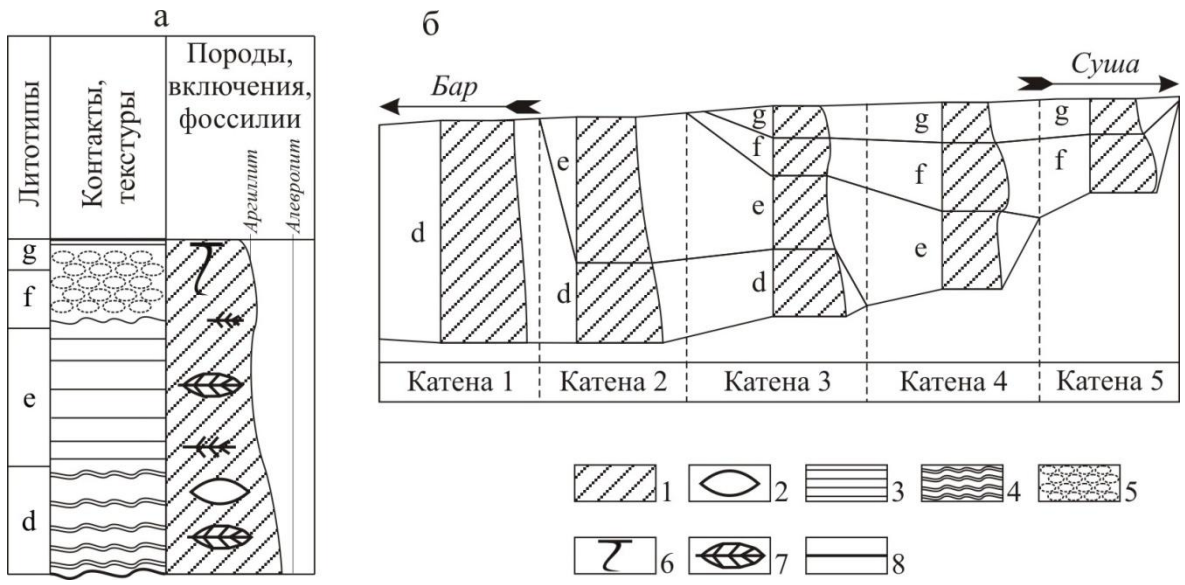


Рис. 3. Алевропелитовые слои типа ZA-II:

а – идеальная (полная) последовательность литотипов; б – латеральные изменения и деление на катены; 1 – пелиты и алевриты; 2 – железокарбонатные макроконкреции; 3 – горизонтальная слойчатость; 4 – текстура пологоволнистого чередования; 5 – комковатая текстура; 6 – корневые системы; 7 – листья и стебли наземных растений; 8 – горизонтальная мехслойковая поверхность. Остальные условные обозначения на рис. 2

счет усиления влияния волнений открытого бассейна, следует ожидать рост доли алевритовых слойков (литотип «d»). В этом же направлении, благодаря увеличению глубины, должны выклиниваться горизонты палеопочв, т. е. литотипы «e», «d». К берегу степень переработки осадка процессами гидроморфного почвообразования будет возрастать и доля литотипов «e», «d» увеличится. Описанные латеральные изменения позволяют разделить слой на пять катен (см. рис. 3).

Разработка структурно-генетической типизации слоев и реконструкция процессов их формирования создает основу для перехода к исследованию парагенераций.

Парагенерации – геологические тела следующего уровня организации, представляющие собой системы слоев. Первым их существование установил Н. А. Головкинский, создавший модель «геологической чечевицы» [1]. Спустя сто лет сейсмопрофили подтвердили существование парагенераций, которые имеют вид клиноформ и именуются «сейсмопакетами». В секвенс-стратиграфии они получили название «парасеквенсов».

Во флишевых комплексах парагенерации состоят из пары слоев, которая формировалась за счет смены процессов быстрого накопления псефито-псаммитового материала, перемещаемого высокодинамичными гравитационными потоками, медленным осаждением алевропелитовой взвеси в условиях низкой гидродинамики. Строение этих тел меняется от устья подводного каньона к периферии турбидитного конуса [5], что по-

зволяет разделить их на три *литомы* (относительно однородные фации парагенерации), так что каждую характеризует особая вариация слоевой пары (рис. 4): грубозернистая проксимальная (цикл Лови), среднезернистая центральная (цикл Боума) и тонкозернистая дистальная (цикл Пайпера).

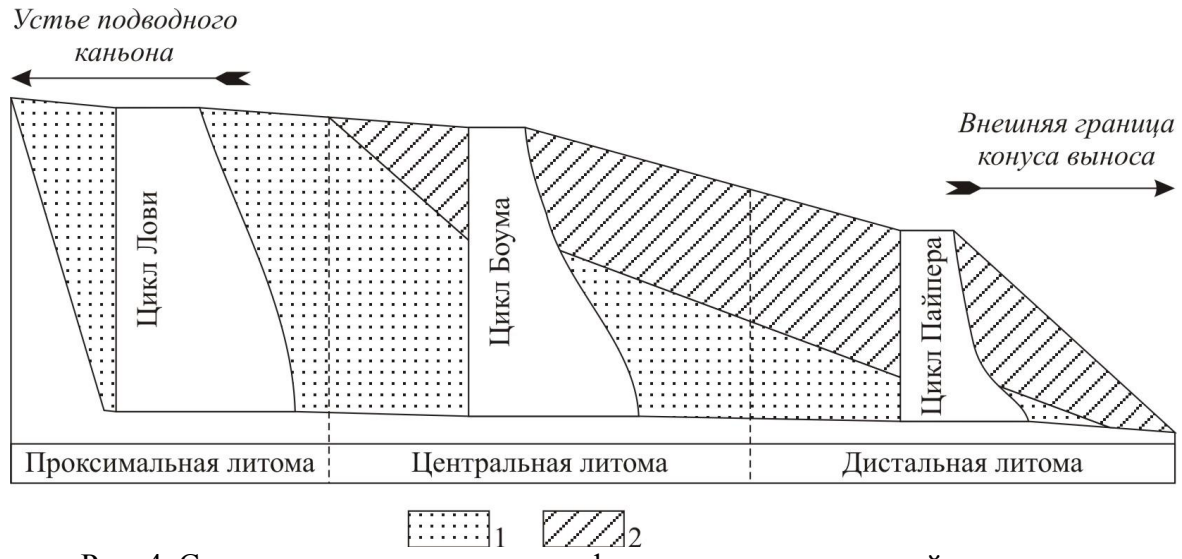


Рис. 4. Схема строения терригенных флишевых парагенераций:
1 – псефито-псаммитовый слой; 2 – алевропелитовый слой

В эпиконтинентальных комплексах парагенерации представляют собой многослоевые системы, которые формируются трансгрессивно-регрессивными циклами эволюции латеральных рядов *седиментационных систем* – обстановок со специфическим комплексом процессов поступления, сортировки и накопления осадков. В бассейнах с гумидным типом литогенеза функционировали седиментационные системы глубоководного шельфа, открытого мелководья, изолируемого мелководья, дельт открытого и изолируемого побережья, флювиального потока. Каждая из них формировала особую литому, строение которой характеризуют *идеальная циклотема*, т. е. полная трансгрессивно-регрессивная последовательность слоев, и эталонный профиль, отражающий закономерности латеральных изменений слоевой структуры. Характеристики литом терригенных сероцветных комплексов приведены в опубликованной ранее статье [8]. Поскольку формирующие их седиментационные системы могли группироваться вкрест простирания береговой линии только пятью основными способами, в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза возникало пять типов парагенераций (рис. 5, 6). Первый образуют литомы глубоководного шельфа и открытого мелководья; второй – литомы глубоководного шельфа и изолируемого мелководья; третий – литомы глубоководного шельфа, дельты открытого побережья и флювиального потока; четвертый – литомы глубоководного шельфа, открытого мелководья и лагуны; пятый – литомы глубоководного шельфа, открытого мелководья, лагуны, дельты изолированного побережья и флювиального потока.

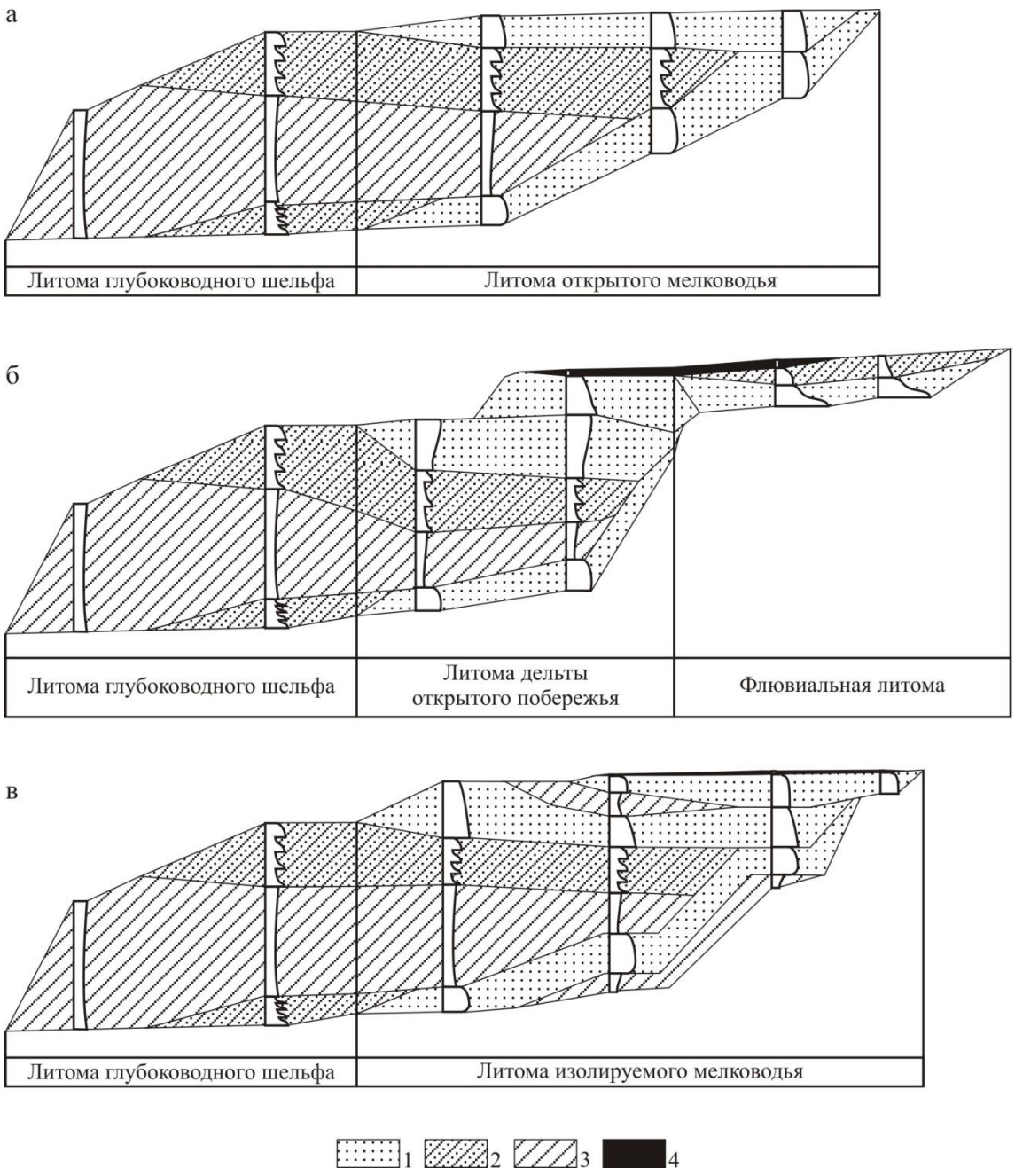


Рис. 5. Терригенные эпиконтинентальные парагенерации первого (а), второго (б) и третьего (в) типов:

1 – псефито-псаммитовые слои; 2 – слои, сложенные тонкими чередованиями псаммитов, алевритов и пелитов; 3 – алевро-пелитовые слои; 4 – слои угля

Геоформации – геологические тела регионального масштаба, представляющие собой системы парагенераций. На сейсмопрофилях их выделяют как сейсмокомплексы, а в секвенс-стратиграфии именуют «секвенсами». В связи с тем, что структурно-вещественные характеристики геоформаций меняются по латерали, их можно рассматривать как латеральный ряд *градаций* – относительно однородных фаций геоформации.

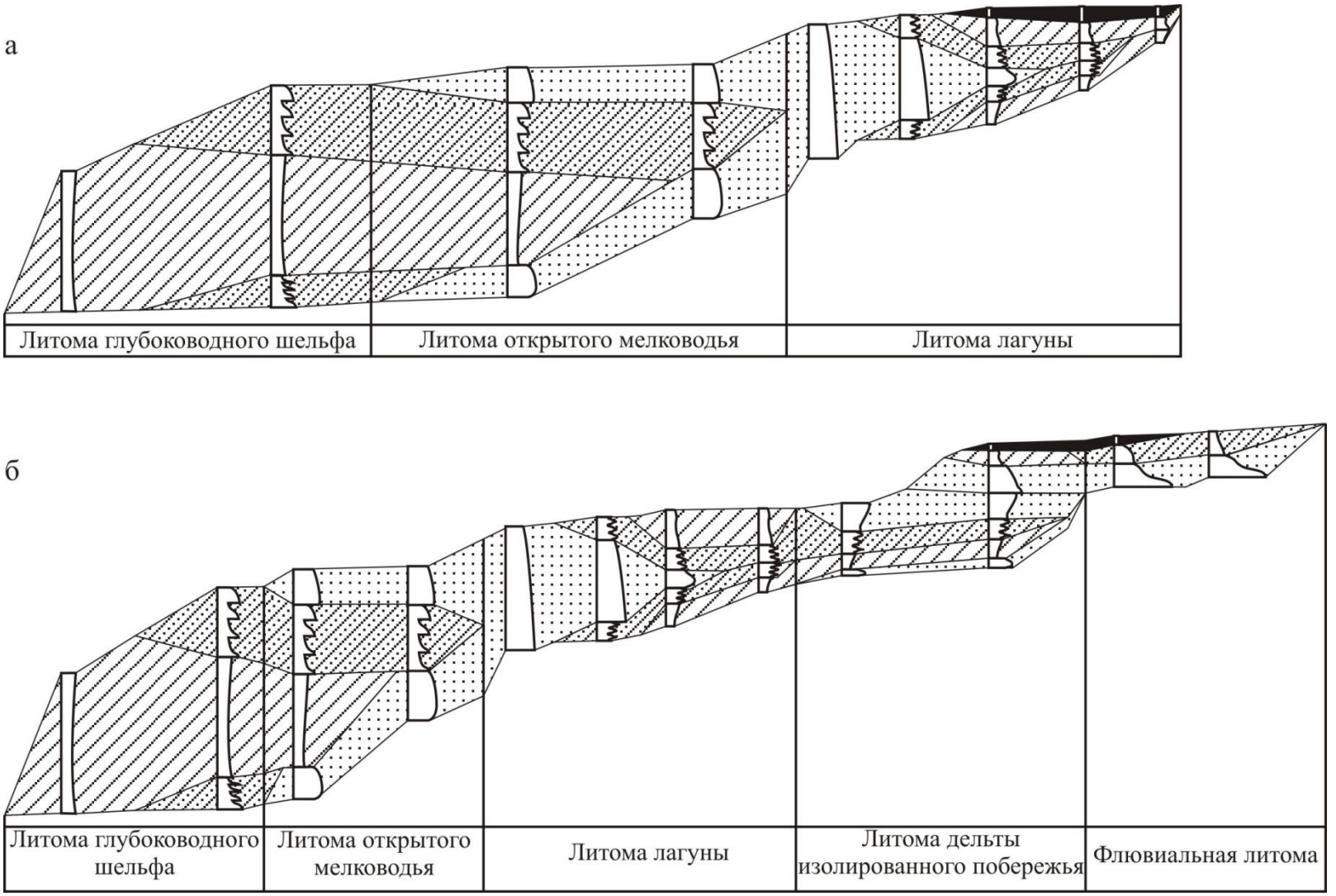


Рис. 6. Терригенные эпиконтинентальные парагенерации четвертого (а) и пятого (б) типов:
Условные обозначения на рис. 5

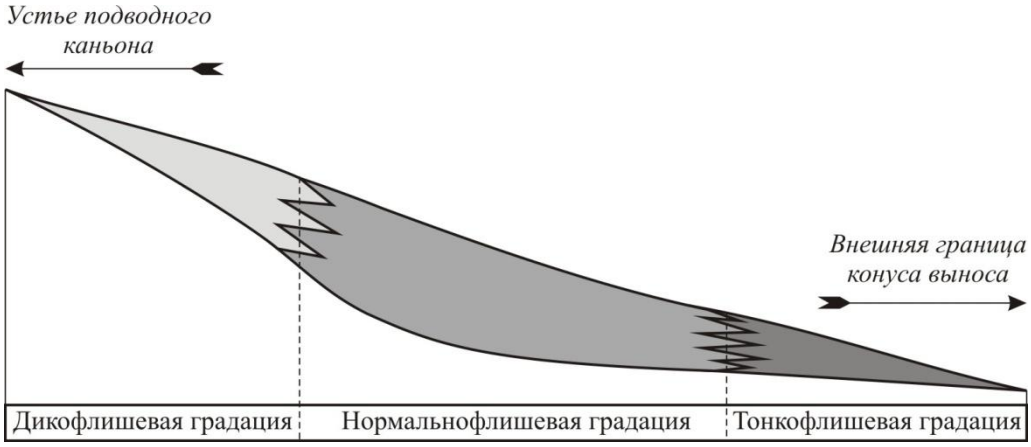


Рис. 7. Схема строения флишевых геоформаций

Флишевые геоформации являются результатом полного цикла эволюции глубоководного конуса выноса и состоят из трех градаций (рис. 7): проксимальной дикофлишевой, центральной нормальнофлишевой и дистальной тонкофлишевой [6].

Процедура выделения эпиконтинентальных геоформаций сводится к выявлению трансгрессивно-регрессивных систем парагенераций. В секвенс-стратиграфии эта задача решается на основе анализа взаимного положения парасеквенций (клиноформ) на сейсмопрофилях. При этом устанавливают их ретроградационные, аградационные и проградационные последовательности, образующие секвенцию. При анализе материалов изучения обнажений или керна скважин трансгрессивно-регрессивные системы парагенераций нужно установить по одномерным вертикальным сечениям. Для этого можно использовать закономерности латеральных изменений слоевой структуры парагенераций (см. рис. 5, 6). Они позволяют, по особенностям каждой представленной в разрезе циклотемы, создать модель взаимного положения парагенераций в пространстве, построить кривую колебаний уровня моря и, осуществив по ней корреляцию частных разрезов, выявить региональные трансгрессивно-регрессивные системы парагенераций, т. е. геоформации – геологические тела, мощностью до 1000 м и протяженностью в сотни км. Их формирование, вероятно, связано с эвстатическими колебаниями уровня моря, т.к. аналоги 7 региональных трансгрессивно-регрессивных циклов осадконакопления установленных в разрезах верхнего палеозоя Таймыра удалось обнаружить в Тунгусском, Печорском, Верхоянском и Колымо-Омолонском бассейнах.

В составе геоформаций, накопившихся в эпиконтинентальных бассейнах с гумидным типом литогенеза, установлено 7 градаций, каждая из которых формировалась в пределах единой, по условиям осадконакопления, ландшафтной зоны.

Градация глубоководного шельфа образована одноименными литомами, которые формировались ниже базы волнений. Здесь доминируют ар-

гиллиты и глинистые алевролиты, встречаются градационные чередования песчаников, аргиллитов и алевролитов, присутствуют маломощные слои песчаников с градационной текстурой. Породы известковистые, с редкими кальциевокарбонатными конкрециями, выделениями сульфидов и единичными остатками морской фауны.

Градация открытого мелководья сложена дистальными частями литом открытого мелководья, которые накапливались при многократной смене динамичных обстановок зоны волнений (регрессии) низкодинамичными условиями глубоководья (трансгрессии). Здесь доминируют тонкие линзовидно-полосчатые чередования аргиллитов, алевролитов и песчаников, присутствуют слои песчаников известковистых и алевролитов глинистых. Породы содержат кальциевокарбонатные конкреции, многочисленные остатки морских организмов, разнообразные ихнофоссилии.

Градация открытых и изолируемых побережий образована проксимальными частями литом открытого мелководья, литомами изолируемого мелководья и дельт открытых побережий. Типичны мощные слои песчаников, тонкие линзовидно-полосчатые чередования аргиллитов, алевролитов и песчаников, единичные невыдержанные слои угля. Породы содержат магниево-кальциево-железокарбонатные конкреции, морскую и эвригалинную фауну, следы жизнедеятельности, углефицированные фрагменты растений и мелкие корневые системы.

Градация барового поля состоит из проксимальных частей литом открытого мелководья, дистальных частей литом лагуны и дельт изолированных побережий. Характерны мощные слои песчаников известковистых, тонкие линзовидно-полосчатые чередования алевролитов и тонкозернистых песчаников. Иногда присутствуют невыдержанные пропластки угля. Породы содержат магниево-кальциевокарбонатные конкреции, редкую морскую и эвригалинную фауну, разнообразные ихнофоссилии, углефицированные растительные остатки.

Градация лагуны состоит из отложений низкодинамичного мелководья и дельт изолированного побережья. Характерны волнистые маятниковые чередования алевролитов глинистых и песчаников тонкозернистых, мощные слои алевритистых аргиллитов, выдержанные слои угля. Породы содержат железокарбонатные конкреции, многочисленные остатки растений и единичные раковины мелких солоноватоводных двустворчатых моллюсков.

Градация изолированного побережья сложена проксимальными частями литом лагун и дельт изолированных побережий. Присутствуют дистальные части флювиальных литом. Характерны песчаники с прослоями гравелитов и конгломератов, неотчетливые чередования алевролитов и песчаников, слои алевролитов глинистых, горизонты погребенных гидроморфных палеопочв, единичные невыдержанные слои угля. Породы со-

держат железокарбонатные конкреции, углефицированный растительный детрит и остатки корневых систем.

Градация флювиальной равнины образована отложениями постоянных и временных однонаправленных пресноводных потоков. Характерны песчаники с прослоями гравелитов и конгломератов, неотчетливые чередования алевролитов и песчаников зеленовато-серых, аргиллиты пестроцветные красно-зеленые, горизонты погребенных субаэральных палеопочв. Породы содержат: кальциево- и железокарбонатные конкреции с повышенным (более 3 %) содержанием $MnCO_3$, отпечатки листовой флоры и мелких корневых систем.

Градации группируются в латеральные ряды, которые отражают ландшафтную зональность палеобассейна, образуя геоформации двух типов (рис. 8). Геоформации первого типа формировались в бассейнах с приглубыми побережьями и состоят из градаций глубоководного шельфа, открытого мелководья, открытых и изолируемых побережий, флювиальной равнины. В геоформациях второго типа представлен латеральный ряд градаций глубоководного шельфа, открытого мелководья, барового поля, лагуны, изолированного побережья и флювиальной равнины, который возникал в бассейнах с отмелыми побережьями.

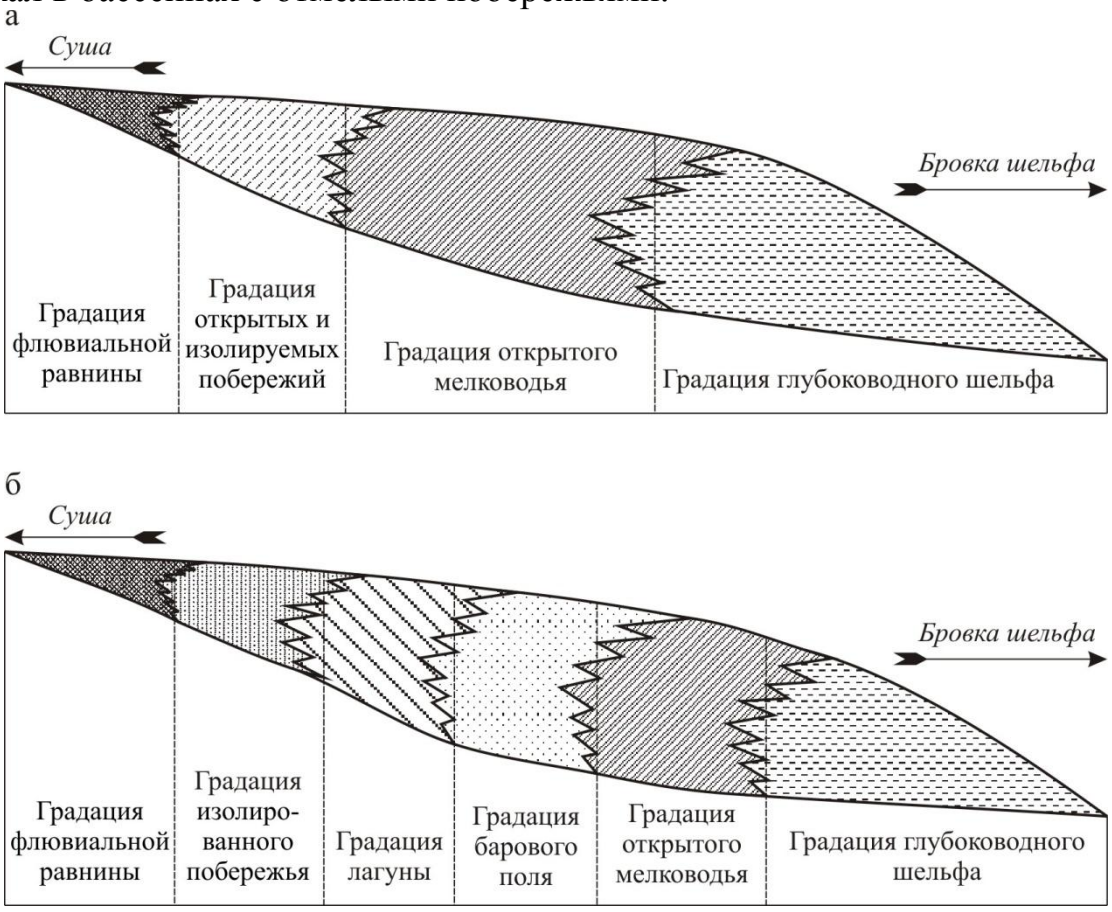


Рис. 8. Схема строения терригенных эпиконтинентальных геоформаций первого (а) и второго (б) типов

Геогенерации – высшие единицы надпородного уровня организации, гигантские геологические тела, ограниченные резкой сменой структурно-вещественных характеристик пород, поверхностями региональных перерывов или структурных несогласий. Это системы родственных геоформаций (парагенезисы геоформаций), сформировавшиеся в условиях одного типа литогенеза при заполнении осадками единой региональной аккумулятивной структуры земной коры – осадочного бассейна.

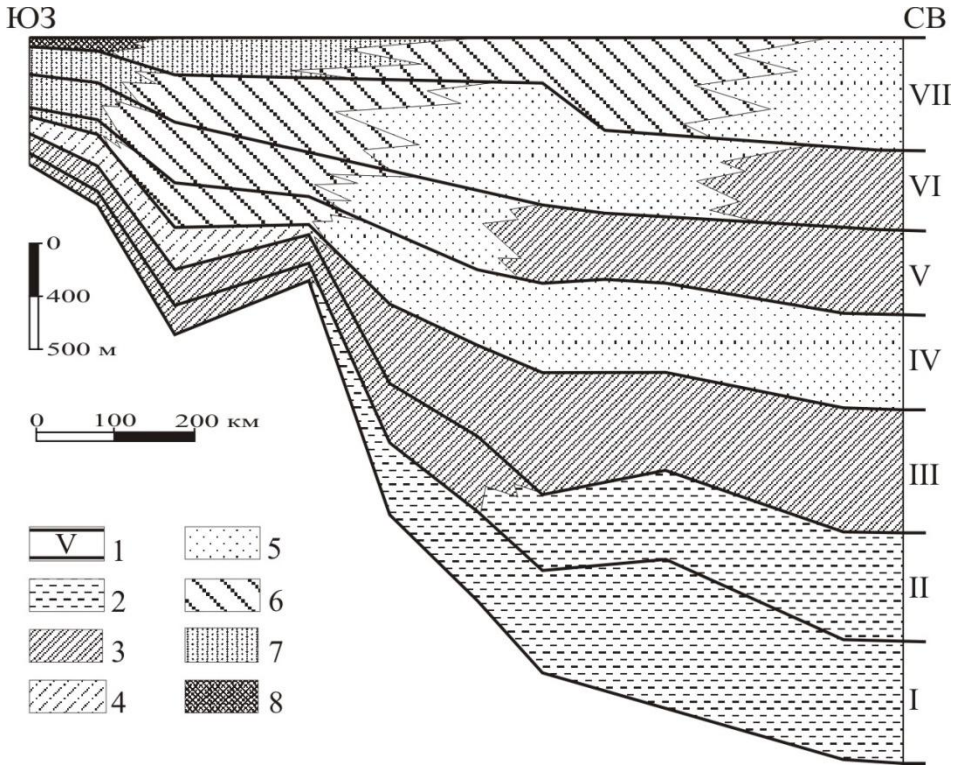


Рис. 9. Субширотный профиль позднепалеозойской терригенной эпиконтинентальной геогенерации Таймыра:

1 – границы и номера геоформаций; 2-8 – градации: 2 – глубоководного шельфа, 3 – открытого мелководья, 4 – открытых и изолируемых побережий, 5 – барового поля, 6 – лагуны, 7 – изолированного побережья, 8 – флювиальной равнины

Например, позднепалеозойская терригенная геогенерация Таймыра (рис. 9), мощностью от 1000 м на юго-западе до 5500 м на северо-востоке, согласно залегает на раннекаменноугольных известняках и со стратиграфическим несогласием перекрыта туфолавовым комплексом пермотриаса. Эта система семи геоформаций сформировалась в результате полного цикла эволюции эпиконтинентального седиментационного бассейна с гумидным типом литогенеза в условиях умеренного климата.

Хочется надеяться, что представленные в статье иерархия надпородных геологических тел и особенности строения объектов каждого уровня способны обеспечить получение новых знаний о законах архитектуры стратисферы.

Библиографический список

1. **Головкинский Н. А.** О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. СПб, 1868. 192 с.

2. **Драгунов В. И.** Геологические формации. Л.: Недра, 1973. 24 с.

3. **Иностранцев А. А.** Геологические исследования на севере России в 1869 и 1870 гг. СПб, 1872. 179 с.

4. **Леонов Г. П.** Основы стратиграфии. Т. 2. М.: Изд-во МГУ, 1974. 530 с.

5. **Стоу Д. А. В.** Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. Т. 2. М.: Мир, 1990. С. 141-194.

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

7. **Шванов В. Н.** Структурно-вещественный анализ осадочных формаций (начала литомографии). СПб.: Недра, 1992. 230 с.

8. **Шишлов С.Б.** Элементарные литомы сероцветных эпиконтинентальных формаций // Литология и геология горючих ископаемых. Вып. II (18). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. С. 169-183.

УДК 552.54+550.42+54.027

В. П. Макаров
Российский гос. геологоразведочный университет

О НЕКОТОРЫХ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ КАЛЬЦИТОВ ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ*

Экзогенное минералообразование (МО) – одна из распространенных форм природного МО. Значительную роль в процессе играют организмы, участвующие в создании мощных толщ органогенных известняков, кремней и других пород разного возраста. В органогенной карбонатной минерализации преобладает в основном кальцит (ЭК). Есть мнение, что кальциты (КЛ) диагенетические, травертинов и сталактитов сформированы также при участии организмов при относительно стабильных T = 0-40 °С. Экзогенные кальциты изучены достаточно хорошо.

* Статья публикуется в порядке обсуждения.

Установлена зависимость величин $\delta^{13}C$ (далее δC) и $\delta^{18}O$ (δO) от концентраций элементов-примесей [Graf D. L., 1955; O'Neil J. R., 1969; Sheppard M. F., 1970; Matthews A., 1977; и др.], сильнее влияющих на величину δO, чем δC. Это положение иллюстрирует рис.1, из которого видно взаимодействие катионов прежде всего с O, тогда как C экранируется от катионов атомами O. С ростом атомного номера примеси происходит облегчение O [O'Neil J. R., 1969], из- за чего рост концентрации Mg вызывает увеличение δO (Graf D. L., 1955; Matthews A., 1977; Sheppard M. F., 1970; Simon M., 1970; и др.]. Тот же эффект сопровождает рост минерализации раствора из-за обогащения изотопом ^{18}O гидратных оболочек, например, в комплексах $Mg(H_2O)^{+2}$, $Mg(CO_3)_2(H_2O)_2^{-2}$ (Lowenstam H. A., 1957). Ряд авторов (Галимов и др., 1982; Гуцало,1982; Овсянников, 1968; Юдович и др., 1990; и др.) рассматривали образование газов CO_2 и CH_4 как продукт микробиологических процессов, в частности, при разложении выделяющейся при деятельности организмов уксусной кислоты $CH_3COOH \rightarrow CO_2 + CH_4$. Однако этот механизм не объясняет образование ЭК и его термодинамическое изотопное равновесие (ТИР) с этими газами.

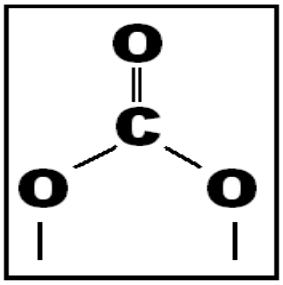


Рис. 1. Стехиометрическая схема строения карбонат-иона

В. Я. Дидковский (1978) пытался обосновать образование ЭК в процессе жизнедеятельности фораминифер. По его схеме Ca^{+2} заимствуется из воды, идя на построение скелета организма, а CO_3^{-2} ассоциируется с аминокислотами $R\text{-}NH_4^+$ (лизин, гистидин и др.). Метана в схеме нет. Другой недостаток схемы: невозможность объяснить изотопные равновесия в триаде (ЭК, CO_2, CH_4).

Таким образом, на вопросы о механизме образования ЭК ясных ответов нет. Пример этого – стандартный механизм осаждения КЛ из раствора в формуле (1). Оно гипотетично, хотя и наблюдается в эксперименте:

$$Ca^{+2} + 2HCO_3^- \rightarrow КЛ + CO_2 + H_2O. \quad (1)$$

Известны многочисленные экзотические реакции, например:
$CaSO_4 + CH_4 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + H_2S$ [Speed R. G., 1975];
$CaSO_4 + CO_2 + 4H_2 \rightarrow CaCO_3 + 3H_2O + H_2S$ [Wallhausser, 1966];

$CaSO_4 + FeS_2 + H_2O + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + 1/3\ Fe_2O_3 + 3H_2S + 7/3\ O_2$ [D'Amore, 1980], доказательств которых нет. Всё это – фантазии авторов. Эта проблема важна для выяснения условий образования мощных толщ органогенных известняков. Ниже изложены результаты решения проблемы на основе анализа опубликованных определений изотопного состава С и О в экзогенных кальцитах (Галимов, 1973; Donglas, 1975; Голышев, 1981; Coleman, 1981 и др.) [1, 5, 6, 7].

Решение опирается на анализ изотермы распределения изотопов вида $\boldsymbol{\delta}C = s\boldsymbol{\delta}O + S$. Здесь $s = f(T)_C / f(T)_O$, $f(T)_I = 1000\ ln\boldsymbol{\alpha}$ [4], $\boldsymbol{\alpha}$ – коэффициент фракционирования изотопов элемента *i* между КЛ и некоторым соединением в условиях термодинамического изотопного равновесия (ТИР) [3].

В основу решений положены аксиомы:

1. Согласно Э. М. Галимову, **в реакциях природного образования минералов, в том числе низкотемпературных и биогенных, всегда сохраняется состояние ТИР исследуемого минерала *M* с некоторым соединением *C*.** Тогда *кажущееся* нарушение ТИР вызывается: а) влиянием наложенных процессов, в частности диффузией [2, 3]; б) ошибкой выбора компонента *C*; в) методическими ошибками (две последние причины - наиболее распространённые).

2. **Изотопная система (ИС) *M-C* образуется при распаде некоторого материнского вещества (МВ).** Вывод следует из анализа уравнения (1): хотя оно хорошо экспериментально изучено, оно неточно отражает природные условия, в нем не учтены растворители $(H_2O)_p$ и $(CO_2)_p$. Вводя их в уравнение (1), получаем окончательный вариант (2):

$$[Ca^{+2} + 2HCO_3^{-1}] + \{H_2O + CO_2\}_p \Rightarrow [CaCO_3 + CO_2 + H_2O] + \{H_2O + CO_2\}_p. \quad (2)$$

Согласно (2), члены правой скобки […] – продукт разложении компоненты HCO_3^{-1}- полугидратированной CO_2:

$$2[HCO_3^{-1}] \Rightarrow 2[CO_2 - OH^-] \Rightarrow [CO_3^{-2} - {}^*CO_2 - H_2O^*].$$

Звёздочкой помечены изотопно обменивающиеся элементы. Уравнение (2) отражает внутримолекулярное ТИР, позволяя по составу М и С определить МВ. Для проверки последнего утверждения использованы данные E. Usdowski (1979) о КЛ в эксперименте, осажденном по уравнению (1). Его изотопный состав соответствует ТИР с $^*CO_2$ и H_2O^*.

Для решения задачи строится диаграмма изотермического распределения величин $\delta O - \delta C$, определяют её угловой коэффициент $s = f(T)$, и по соответствию рассчитанной и эталонной (например, методом ГЖВ) температур выясняют возникшие проблемы. Фактический материал по интерпретации отражен в табл. 1.

Таблица 1

Фактический материал по интерпретации данных

Порода	Кол-во выборок	В том числе по изотопным системам:				
		CO_2-H_2O	CH_4-H_2O	CO_2-CO_2	CH_4-CO_2	?
Органогенные образования						
	40	11	11	2	1	13
Диффунданты		CO_2(7) H_2O(2)	CH_4(1) H_2O(7)	CO_2(4)		
Экзогенные образования						
Извест.	14	6	3	4	-	1
Диагенет.	6	3	-		2	1
Конкреции	3	-	1	1	-	1
Сталактит	3	-	2	1	-	-
Травертин	3	2	-	-	-	1
Цемент	1	-	1	-	-	-
Эксперим.	1	1	-	-	-	-
Всего	41	12	7	6	2	4
Диффунданты		CO_2(8) H_2O(4)	CH_4(3) H_2O(4)		CO_2(2)	

Примечание. В изотопных соединениях на первое место поставлена разновидность, равновесная кальциту по углероду.

Изучены по литературным данным органогенные (40 выборок) и экзогенные (41) КЛ. Первые включают современные и четвертичные (51 %), а также жившие в N, K, J, P, Cm фораминиферы, белемниты, строматолиты, криноидеи, кораллы, брахио-, гастро-, пелециподы. Возраст экзогенных КЛ (перечень в табл.1) – от кембрия до современных. В табл. 2 отражены результаты исследований для конкретных объектов.

Таблица 2

Результаты изучения конкретных объектов

Семейство, вид	Место отбора	Возраст	Равновес. соединения:		Источник
			по С	по О	
Cellana sp.	Антарктида	Q	$CH_4(^1/_4)$	H_2O	Dorman P., 1968
Naccella deles.		Q	CH_4	H_2O(1/30)	
Mulinia sp.	USA	Q	CH_4	H_2O(1/20)	Keith M. L., 1965
Eolianites sp.		Q	CH_4	H_2O(1/9)	Dorman P., 1968
Asterias forbesi		Q	CH_4	H_2O(1/6)	Webek J. N., 1968
Криноидеи		Q	CH_4	H_2O(0,7)	
Classostrea sp.	USA	Q	CH_4	H_2O(0,7)	Keith M. L.,1965
Asterias rubens		Q	CO_2	H_2O(0,7)	Webek J. N., 1968
Operculina com.	Ю.Китайское м.	Q	CO_2(2)	H_2O	Vinot-Bertouile A.-C.,1973
Sorites marginal	Атлант. океан	Q	CO_2(2)	H_2O	

Окончание табл. 2

Семейство, вид	Место отбора	Возраст	Равновес. соединения:		Источник
			по С	по О	
Astropecten sp.	Сирия и др.	Q	$CO_2(^1/_3)$	H_2O	Webek J. N., 1968
Mulinia sp.	USA	Q	$CO_2(0,7)$	H_2O	Keith M. L., 1965
Uvigerina sp.	Тихий океан	Q	CH_2O	CH_2O	Keigwin L., 1974
Известняк м.з.	Приморье	Cm	$CO_2(0,6)$	H_2O	Киселев В., 1988
Известняк	Донбасс	C	CO_2	CO_2	Курило М. В,1984
Карбонат диаг.	Ирландия	мел	CO_2	$H_2O(1/6)$	Boast A. M.,1981
Карбонат диаг.	Марок. вп.	N	$CO_2(1,5)$	H_2O	Галимов Э.,1982
Травертин	Йеллоуст.п.		$CO_2(2)$	H_2O	Friedman J., 1970
Конкреция	Англия		CH_4	$H_2O(1/3)$	Coleman M.,1981
Конкреция	Пай- Хой		CO_2	CO_2	Юдович Я.,1984
Сталактит	Италия		$CH_4(1,5)$	H_2O	Dudas M. J., 1968
Цемент конгл.	Калифорн.		CH_4	$H_2O(1/3)$	Barnes J., 1971

Примечания. В скобках – глубина диффузионного фракционирования; сокращения: п.– парк, вп.– впадина, м.– море, оз.– озеро; диаг.– диагенетический, конгл.– конгломерат, м.з.– мелкозернистый.

По величине ***s*** выделены группы биогенных кальцитов:

Г1. (35 %) *s* = (-0,8)- (-0,06) и ИР с клеткой $^*CH_2O$- CH_2O^*;

Г2. (33 %) *s* = 0,4- 1,0; ИР с $^*CO_2$- H_2O^*;

Г3. (30 %) *s* = 1,0- 2,5 за счет ИР с $^*CH_4$ -H_2O^* (рис. 2, *а*); изредка ИР с $^*CO_2$- CH_2O^* и $^*CO_2$- $CO_2{}^*$.

Выявлена диффузии [2] H_2O в группах Г2 и Г3 и CO_2 – в Г2.

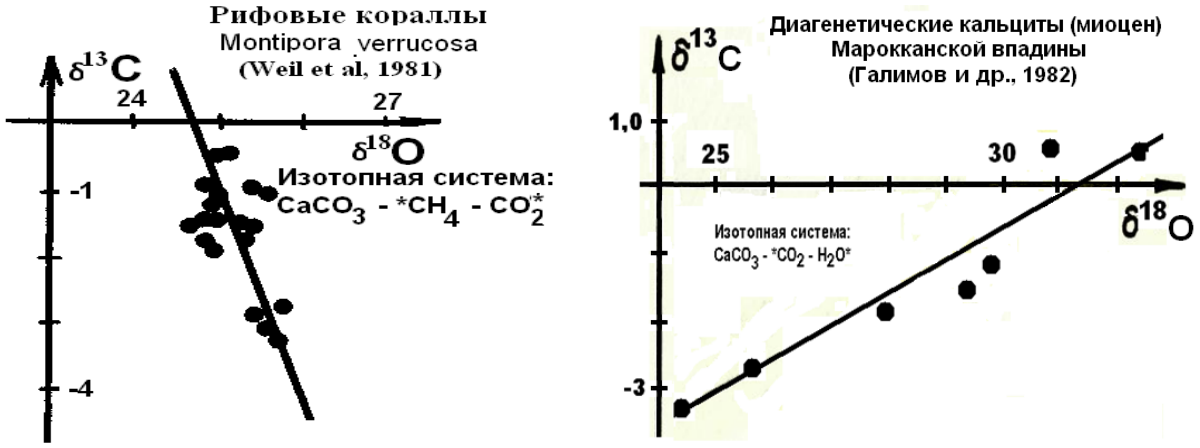


Рис. 2. Распределение изотопов углерода и кислорода в кораллах (*а*) и распределение изотопов углерода и кислорода в диагенетических кальцитах Марокканской впадины (*б*)

Выделены группы экзогенных кальцитов:

1. (41 %) – изотопное равновесие с парой $^{*}CO_2$- H_2O^{*} (рис. 2, *а*) из-за простого осаждения из раствора по (1); это – подавляющее количество известняков.

2. (24 %) – ИР с $^{*}CH_4$- H_2O^{*} (см. рис. 2, *б*);

3. (21 %) – ИР с $^{*}CO_2$- CO_2^{*}.

Также выявлена диффузия газов CO_2 и H_2O.

При оценке полученных данных приняты аксиомы:

1) организмы заимствуют Ca^{+2} из природных вод;

2) в этих водах Ca^{+2} находится в гидрокарбонатной форме;

3) источник триады (ЭК, CO_2, CH_4) – ассоциация (mCa^{+2}+$nHCO_3^{-1}$).

а) Первая ИС соответствует осаждению по (1).

Образующийся из HCO_3^{-1} газ CO_2 преобразуется водородом, поставляемым (?) микроорганизмами, по схемам:

б) $CO_2 + 3H_2$(орг) = [CH_4 + + $2H_2O$] (Галимов и др., 1982);

в) Ca^{+2}+ $2HCO_3^{-1}$+ $4H_2$(орг) → (?) → $CaCO_3$+ [$^{*}CH_4$ + + $3H_2O^{*}$];

г) $2Ca^{+2}$+ $4HCO_3^{-1}$+ $4H_2$(орг) → → (?) → $2CaCO_3$+ [$^{*}CH_2O$+ CH_2O^{*}] (?)+ + $4H_2O$.

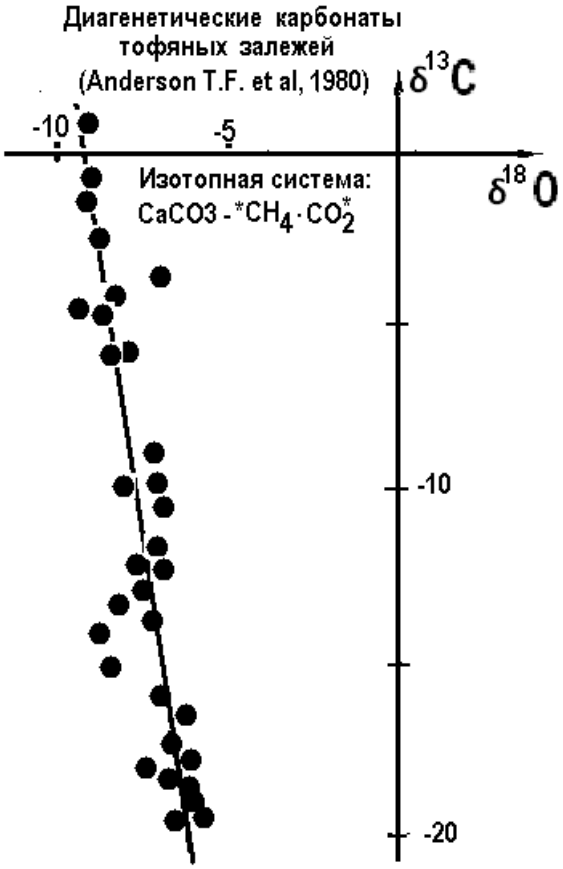


Рис. 3. Распределение изотопов С и О в диагенетических кальцитах торфяных залежей

Во всех случаях механизм участия в изотопном обмене растительной клетки CH_2O не ясен.

4. Диагенетические кальциты торфяных зон (рис. 3) образуются за счёт микробиологического разложения органических кислот (США, Anderson et al, 1980) по реакции:

д) $2Ca^{+2} + 4CH_3COO^{-1} + 4H_2$ (орг) →(?) → $2CaCO_3$ + [$5^{*}CH_4 + CO_2^{*}$].

Очевидно, что перечисленное нуждается в дополнительном уточнении.

Библиографический список

1. **Галимов Э. М.** Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. М: Недра, 1973.

2. **Макаров В. П.** Способ определения глубины диффузионного фракционирования элементов природных соединений // Бюл. изобр. откр. 1986. № 36. С. 197.

3. **Макаров В. П.** Изотопные геотермометры // Мат-лы XIII научного семинара «Система планета Земля». М.: РОО «Гармония строения Земли и планет». 2005. С. 93-115.

4. **Макаров В. П.** Способ определения температуры образования природных соединений: А. с. 1312504. // Бюл. изобр. откр. 1987. № 19. С. 192.

5. **Макаров В. П.** Некоторые особенности образования низкотемпературных карбонатов по изотопным данным //Мат-лы Литологического совещания «Литология и полезные ископаемые Центр. России». Воронеж: Изд. ВГУ, 2000. С. 52-53.

6. **Макаров В. П.** Некоторые условия образования низкотемпературных карбонатов по изотопным данным //Мат-лы совещания «Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса». М., 2000, Т. 1. С. 433-437.

7. **Макаров В. П.** Некоторые условия образования биогенных кальцитов по изотопным данным // I Российское совещание по органогенной минералогии. СПб, 2002. С. 82-84.

УДК 553.98(571.1)

Г. Н. Леоненко[1], Н. В. Пронина[2]
[1]Российский гос. геологоразведочный университет
[2]Московский гос. университет

УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ, СТАДИЙНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И РАЗУПЛОТНЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ ТОЛЩ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Исследование условий и процессов седиментации глинистых и углисто-глинистых толщ тесно связано с решением вопросов их нефтегазонос-

ности и угленосности. Толщи привлекают внимание исследователей не только способностью генерировать углеводороды (УВ) и содержать скопления горючих полезных ископаемых, но и тем, что они являются флюидоупорами. Их роль в создании гидродинамического режима осадочных бассейнов (ОБ), который, в конечном счете, определяет механизм формирования месторождений УВ, имеет важное значение для дальнейшего совершенствования методов оценки нефтегазоносности.

Изучению глинистых толщ ОБ в связи с их нефтегазоносностью посвящена обширная литература.

Данная работа является развитием современных представлений о глинистых толщах ОБ, в связи с нефтегазоносностью. Основной упор сделан на выяснение условий и динамики накопления существенно глинистых толщ ОБ в седиментогенезе и стадийных преобразованиях в литогенезе при погружении, прогреве, разуплотнении.

Рассматриваемые толщи включают группы существенно глинистых ассоциаций пород, многие из которых представляют интерес с точки зрения нефтегазоносности и, часто, угленосности ОБ. К ним относятся углеродистые тёмноцветные и сероцветные ассоциации, содержащие от первых до 40 % и более органического вещества (ОВ). Они имеют широкое распространение в современных и палеобассейнах и характеризуются различными формами и размерами. Тёмноцветные и сероцветные глинистые толщи являются смежными. По латерали и в вертикальном направлении они взаимозамещаются и сменяются ассоциациями пород переходного типа.

Тёмноцветные ассоциации отличаются преобладанием сапропелевого ОВ, в сероцветных присутствует сапропелевое и гумусовое ОВ. Угленосные породы содержат в основном ОВ гумусового состава.

Накопление всех тёмноцветных и сероцветных глинистых ассоциаций в седиментогенезе происходило в различных обстановках, от глубоководно-морских с нескомпенсированным прогибанием до субаквальных. Углисто-глинистые толщи также являются темноцветными и очень часто встречаются совместно с нефтеносными, но они формировались в субаэральных, открытых, полуизолированных, нормально солёных, опреснённых или осолонённых лагунно-озёрных бассейнах.

Тёмноцветные толщи формировались в условиях активной биогенной седиментации при подавленном терригенном и хемогенном осадконакоплении. При участии живых организмов происходило осаждение тонкого взвешенного материала и накопление биофильных элементов: углерода в тканях растений, планктона и мелких животных, фосфора в скелетах организмов и цианобактерий, кремния в остатках губок и радиолярий.

Современные площади с максимальной первичной биопродуктивностью океана (500 – 1000 г/м^2/год) примыкают к зонам апвеллинга с повышенной подвижностью вод и потому имеют очаговую или вытянутую форму, повторяющую разломные зоны. Если отождествлять распростране-

ние тёмноцветных титон-нижнеберриасовых высокобитуминозных глинисто-кремнисто-карбонатных отложений баженовской свиты Западной Сибири и аналогичных ей олигоцен-нижнемиоценовых майкопских отложений Северного Кавказа с современными областями осадконакопления, то следует предположить, что майкопские тёмноцветные ассоциации имели очаговую форму, а баженовские отложения представляли серию зон, вытянутых субмеридионально. Более детальное изучение баженовской свиты показало, что во времени область ее распространения смещалась к западу, подчеркивая границы молодого остаточного морского бассейна [1].

В свете современных представлений, потенциально нефтегазоносный ОБ – это выраженная в современной структуре впадина на коре различного типа, заполненная слабо или умеренно деформированными осадочными породами, составляющими осадочный чехол мощностью от 0,5 до 8,0 км и более. При этом осадочные породы насыщены водой и, как правило, жидкими и газообразными УВ (нефтью и газом), которые и создают единую неоднородную флюидодинамическую систему. Формирование ОБ – результат исторической смены палеобассейнов, отраженной в составе пород и изменении гидродинамических условий [6, 7]. Подошва гидродинамической системы практически полностью совпадает с подошвой ОБ. Таким образом, и сам ОБ, и глинистые толщи, составляющие его часть, могут рассматриваться в качестве автономных, флюидодинамически самостоятельных, саморазвивающихся геологических структурных систем [4].

В эволюционно-динамическом развитии большинства ОБ наблюдаются четыре этапа.

На первом этапе происходит выполаживание рельефа фундамента, зачастую сопровождающееся торфообразованием и накоплением высокоуглеродистых сероцветных углисто-глинистых алевритистых осадков.

Второй этап знаменуется трансгрессией и накоплением сероцветных и тёмноцветных высокобитуминозных глинистых ассоциаций (типа баженитов) при низкой динамике переноса и скорости их осадконакопления.

На третьем этапе в условиях смещения центров максимального прогибания преобладает накопление высокоуглеродистых сероцветных, на отдельных участках тёмноцветных низкоскоростных ассоциаций и одновременное клиноформное заполнение бассейнов в мелководно-морских условиях. В краевых частях ОБ происходит торфообразование в прибрежно-континентальных обстановках.

Последний этап отличается дифференцированным развитием, расцветом органического мира, формированием при низкой скорости осадконакопления надёжных флюидоупоров, глинистых и угленосно-глинистых толщ. Прогибание сменяется подъёмом, вулканизмом, диапиризмом, образованием разрывных нарушений.

С точки зрения нефтегазоносности благоприятными эволюционно-динамическими (литогенетическими) условиями является накопление гли-

нистых комплексов с органическим веществом (ОВ) на каждом этапе седиментации, при этом на ранних этапах – потенциально продуктивных, а на последнем – служащих надёжными флюдоупорами.

В Западно-Сибирском нефтегазоносном мегабассейне (ЗСНГМБ) углеродистые сероцветные и тёмноцветные глинистые и углисто-глинистые ассоциации имеют широкое распространение и могут рассматриваться в качестве эталона при исследовании их стадийных изменений, разуплотнения, нефтегазоносности и угленосности.

Глинистые породы слабо различаются по составу, за исключением варьирующей битуминозности. Так, содержание ОВ может колебаться от 0,6 – 10 % до 32 % – в битуминозных разностях. В неглубокозалегающих верхнемеловых отложениях широко распространен монтмориллонит, в нижнемеловых пластах развиты смектит-гидрослюдистые смешанослойные образования, в юрских преобладают хлорит, гидрослюды, каолинит. Глинистые породы практически непроницаемы для нефтяных углеводородов (УВ) и считаются хорошими флюидоупорами (давление прорыва газа превышает 5 МПа, суммарный коэффициент диффузии менее $1 \cdot 10^{-7}$ см^2/с; коэффициент пластичности в них аналогичен его характеристикам в подстилающих и перекрывающих глинистых толщах).

Примером *сероцветной ассоциации* в Западной Сибири является мелководно-морской алеврито-глинистый комплекс массивных фаций, сформировавшийся в период с позднеюрского до раннемелового, аптского времени в западной и центральной частях региона, а *глубоководной* – преимущественно глинистый комплекс фаций, примыкавший к нему с севера и востока, образовавшийся в берриас-аптское время, в период более интенсивного прогибания (см. рисунок).

Мелководно-морской алеврито-глинистый комплекс массивных фаций, сформированный в обстановке с низкой скоростью осадконакопления и динамикой среды переноса и седиментации в позднеюрское, позднекелловейское-раннемеловое, аптское время, распространен в центральной и северной частях региона на площади 2,5 млн км^2. Толщины в этом комплексе возрастают к северу и востоку от 100 до 400-600 м (в среднем 130 м). На востоке ширина зоны распространения комплекса равна 100-200 км, мощность колеблется от 100 до 400 м (в среднем 130 м), достигая в Усть-Енисейской впадине 600 м. На западе и юге мощность отложений равна 20-100 м (в среднем 30 м).

В состав комплекса мелководно-морских фаций компенсированного прогибания входят большая часть горизонтов абалакской свиты позднекелловейско-киммериджского возраста в Усть-Балыкском районе, яновстанская, верхние горизонты марьяновской и лабытнангской и других свит и толщ волжско-раннеберриасового - в северных районах, верхние горизонты фроловской свиты берриас-аптского возраста – в Красноленинском

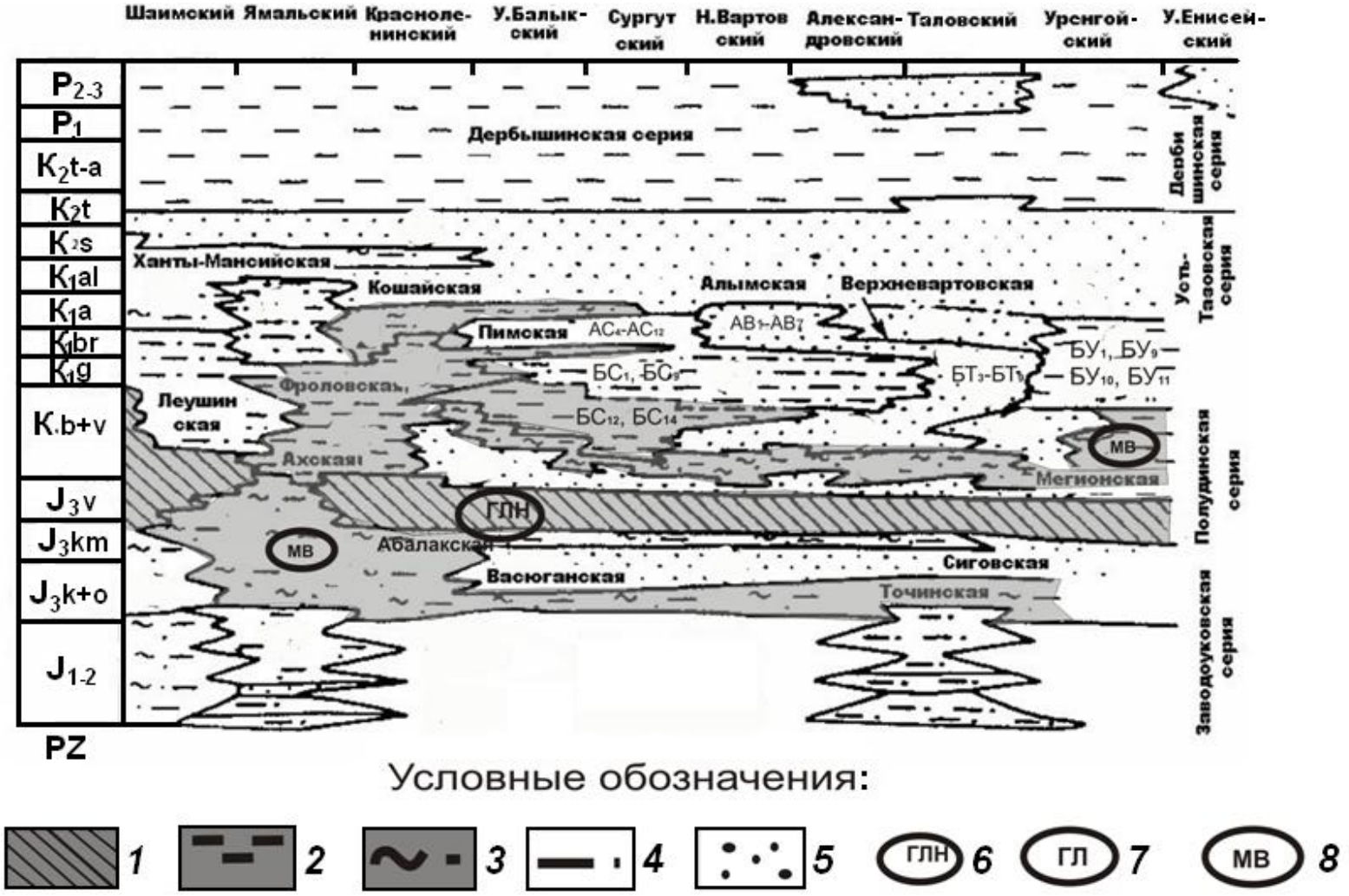


Схема распространения темно- и сероцветных глинистых толщ в Западной Сибири:
1 – темноцветные ассоциации; 2-3 – сероцветные ассоциации: 2 – линистые, 3 – алеврито-глинистые; 4 – угленосные отложения; 5 – песчано-глинистые отложения;6 – глубоководные некомпенсированные отложения; 7 – глубоководные отложения; 8 – мелководно-морские отложения

районе, кошайская, алымская и нейтинская свиты раннеаптского времени формирования – в Широтном Приобье и на Ямале.

Нижние и верхние горизонты комплекса сложены глинистыми породами и алевролитами, в средних преобладают глинистые осадки. В северной части региона в нем появляются линзовидные песчаные пласты в глинистых отложениях близ кровли яновстанской свиты. Они содержат газоконденсатные залежи на Дерябинском месторождении. Глины часто алевритистые, полосчатые с линзовидно-гнездовыми включениями алевролитов и песчаников, пропластками глинистых известняков и сидеритов. Мелководно-морской и отчасти лагунный генезис осадков подтверждается обилием остатков древесины и растительного детрита, комплексами фораминифер, остатками пелеципод, рыбной чешуи. Породы являются в основном нефтегазопроизводящими. Скорости осадконакопления комплекса не превышают 5 м/млн лет в центральной и западной частях региона и достигают 10-11 м/млн лет на севере.

Глубоководно-морской, преимущественно глинистый комплекс фаций, сформированный в обстановке с низкой скоростью осадконакопления и динамикой среды седиментации в раннемеловое берриас-аптское время, распространен в центральной и северной частях региона на площади не менее 1,5 млн км , толщина его до 600 м. Комплекс имеет наибольшее распространение среди верхнеберриас-валанжинских и меньшее среди нижнеготеривских осадков. Он сложен преимущественно массивными, грубослоистыми глинистыми породами. Они представлены в регионе берриас-готеривской ахской и берриас-аптской фроловской (нижние горизонты) свитами и вошли в состав нижневаланжинских пачек мегионской и в куломзинскую свиту. К этой группе фаций относится валанжин-барремская алясовская свита (с чуэльской пачкой) в западной части региона. Возрастной диапазон формирования комплекса берриас-аптский. Содержание глинистого материала во вмещающих породах 75-85 %, он состоит из смешанослойных монтмориллонит-гидрослюдистых образований, диоктаэдрических гидрослюд, хлоритов и каолинита. Количество мелкоалевритового рассеянного материала полевошпат-кварцевого состава не превышает 15-20 %, а кальцита – 2-4 %. Скорость осадконакопления комплекса не превышает 20 м/млн лет, но чаще составляет 5-10 м/млн лет.

При погружении и прогреве сероцветных глинистых толщ происходит их преобразование, сопровождающееся изменением максимальных, модальных и среднестатистических значений общей пористости, плотности и других параметров, по которым выявляется глубинная зональность.

Одной из закономерностей глубинной зональности является осложняющее ее чередование локальных участков (зон) разуплотнения (со снижением плотности и повышением пористости) со ступенями уплотнения. В центральных и северных районах в интервале 1,5-3,5 км отмечено 4-5 таких зон, отвечающих стадиям катагенеза $МК_2$-$МК_4$.

Полная зональность катагенеза толщ (от протокатагенеза до апокатагенеза и переход к метагенезу) установлена по отражательной способности витринита на севере бассейна на Уренгойском и других месторождениях [3]. Верхние границы его градаций расположены на глубинах: $МК_1$ – 2,7; $МК_2$ – 3,2; $МК_3$ –3,7; $МК_4$– 4,1; $МК_5$ – 4,6; $АК_1$ – 5,0; $АК_2$ – 5,3; $АК_3$ – 6,4 км. Сравнительный анализ с данными по Тюменской сверхглубокой скважине СГ-6 показал, что, начиная с $МК_4$, зональность менее растянута, на 0,1-0,5 км.

Изучение преобразований глинистых толщ с глубиной в ЗСНГ'Б позволило выделить четыре стадии и соответствующие им зоны, различающиеся степенью уплотнения (разуплотнения), типами распределения минералов и флюидов, пластовыми температурами и давлениями.

Первая и вторая зоны слабого и нормального уплотнения (ПК-$МК_1$ и $МК_1$-$МК_2$, пластовые температуры 50-80 °С) характеризуются неустойчивым комплексом глинистых минералов с дисперсией выше 0,0018, возрастающим с глубиной количеством суммарной аутигенной минерализации: гидрослюд и смешанослойных (за счет монтмориллонита, широко развитого в верхней зоне), хлорита, каолинита. Во второй зоне отмечаются также участки развития кальцита и локальные зоны его деградации, в которых присутствуют кварц и альбит. Преобладают гидрокарбонатно-натриевые воды с метаном и индикаторами залежей нефти - этаном и тяжелыми УВ.

Третья и четвертая зоны сильного и очень сильного уплотнения и разуплотнения с АВПД (МК2-МК3, МК3-5-АК, пластовые температуры 80-115 °С) характеризуются устойчивым комплексом глинистых минералов с дисперсией ниже 0,0016. Зоны отличаются широким развитием диоктаэдрических гидрослюд, хлорита – в центральной части региона и крупнозернистого каолинита – в восточной и северной. В нижних горизонтах преобладают хлорит и кварц-гидрослюдистые агрегаты (с деградированными гидрослюдами) - на севере, а на востоке региона кварц - полевошпатовые скопления и серицит, очевидно, знаменующие переход к метагенезу. Широко распространены трещинно-жильные хлоридно-кальциевые воды, в составе которых возрастает содержание газов и наряду с метаном появляется азот.

Во всех зонах наблюдаются локальные участки резкой смены ассоциаций вторичных минералов, связанные с изменением режима флюидов. Неравномерная динамика образования и перемещения флюидов (воды, нефти, различных газов) оказывает большое влияние на интенсивность стадийных преобразований глинистых толщ. Этот признак использован при разделении глинистых толщ на автогенетические (автономные гидродинамически закрытые) и интрагенетические (сквозные, открытые [3]. При повышении скорости осадконакопления возрастает автономность глинистых комплексов, увеличиваются их толщина и количество зон разуплотнения. В автогенетических комплексах погружения (верхнеюрские - нижнемеловые отложения Красноленинского района, юрские – Уренгойского) изменения монтмориллонита, ОВ, битумов и связанные с ними образова-

ние вод, а также нефтегазогенерация происходят медленнее, с разницей начала генерации в 60 млн лет, на больших глубинах – на 0,35-1,0 км, при более высоких температурах – на 10- 30 °С и сопровождаются генерацией большего количества газообразных УВ [2].

Наиболее крупные зоны разуплотнения, связанные с залежами нефти и газа, расположены под глинистыми горизонтами, ограничивающими глубинные зоны. Они связаны с перемещением высоконапорных флюидов и являются полигенными. Другая группа локальных зон, зачастую сопряженная с отмеченной, возникла в условиях превышения объемов образования флюидов (генерации УВ и дегидратации глин) по отношению к их оттоку. Они могут быть также связаны с затруднением флюидообмена при уплотнении пород (гравитационно-элизионный тип). Зоны разуплотнения, сформированные за счет превышения объема продуктов генерации по отношению к эмигрировавшим УВ, представляют залежи УВ в верхнеюрских-нижнемеловых битуминозных глинистых породах. На месторождениях с пластовыми температурами 60-150 °С они превратились в продуктивные коллекторы с величиной пористости 0,2-16 % (в среднем 8-15 %), проницаемостью от 0,01 до 500 фм^2 (в среднем 65 фм^2).

Выполненный авторами детальный сравнительный анализ верхнеюрских – нижнемеловых глинистых горизонтов, перекрывающих залежи УВ над зонами разуплотнения с АВПД разного генезиса (третья и четвертая глубинные зоны Уренгойского и Берегового месторождений в нормально уплотненных участках разреза, вторая зона – Харампурского) позволил выявить различия в минеральных преобразованиях, распределении битумов, трещиноватости и в экранирующих свойствах пластов [6]. Глинистые породы в зонах АВПД гравитационно-элизионного генезиса содержат неравновесный комплекс аутигенных минералов (гидрослюды, каолинит, кварц, хлорит, деградированный кальцит), разуплотнены по матрице, имеют повышенную газонасыщенность, отличаются высоким содержанием асфальтенов в групповом составе битумов при небольшом количестве УВ. Их экранирующие свойства, по мнению Е. Ларской (1982), можно считать хорошими ввиду залегания пород в условиях АВПД. Глинистая толща в зонах АВПД, связанных с подтоком высоконапорных флюидов, имеет преимущественно гидрослюдистый состав, более высокую плотность по матрице, характеризуется интенсивной трещиноватостью, присутствием кальцита второй генерации в трещинах и порах (коэффициент корреляции – 0,8). Нижний горизонт ее, толщиной 50 м, выделяется значительными содержаниями миграционного битума, УВ в его составе и представляет «ложную покрышку». Выше по разрезу снижается трещиноватость пород и нормализуются их экранирующие свойства. Глинистые породы Харампурского месторождения отличаются преобладанием смешанослойных минералов, нормальным уплотнением, очень низкой трещиноватостью, присутствием только сингенетичного битума. Они практически непроницаемы

для нефти. Рассмотренные особенности глинистых слоев в зонах АВПД определяют неодинаковый подход к их прогнозированию, которое было осуществлено на нескольких десятках скважин [5].

Стадиальный анализ глинистых толщ отражает неодинаковую интенсивность и последовательность воздействия на них динамических факторов и режимов флюидов, важным элементом которых является формирование зон разуплотнения. Информация об условиях образования и изменения зон разуплотнения отражена в составе аутигенных минералов и трещиноватости.

Углеродистые тёмноцветные, глинисто-карбонатные, глинистые и кремнисто-глинистые ассоциации Западной Сибири представляют интерес, поскольку в них в зоне нефтегазообразования происходит итенсивное формирование зон коллекторов, насыщенных нефтью (зон разуплотнения).

Тёмноцветной ассоциации по условиям накопления, количеству и составу ОВ соответствует глубоководно-морской комплекс битуминозных глинисто-карбонатно-кремнистых тонкослоистых фаций, сформированных в обстановке некомпенсированного прогибания с низкой скоростью осадконакопления и динамикой среды переноса и седиментации в позднеюрско-раннемеловое, титон-валанжинское время. Комплекс распространён на площади более 1 млн км^2. В наиболее полном объёме он развит в районе среднего и нижнего течения р. Оби.

Комплекс представлен баженовской, тутлеймской, мулымьинской свитами титон - валанжинского - раннеготеривского возраста. Он формировался в низовьях р. Оби до ранневаланжинского, в Шаимском районе – до раннеготеривского времени. Мощность комплекса 10-80 м (в среднем 28 м). По простиранию в окраинных частях бассейна на севере он сменяется комплексом морских фаций, сложенных сероцветными глинистыми и песчано-глинистыми породами, сформированными в условиях компенсированного осадконакопления (яновстанская, верхние части марьяновской, лабытнангской свит). Локально битуминозные отложения присутствуют в подстилающих келловей-киммериджских породах и более молодых нижнемеловых отложениях.

В берриас-валанжинских глинистых пачках количество ОВ составляет 0,5 %, а в валанжин-готеривских – 0,02 % от общего объема свит. В баженовской толще, составляющей основной объём комплекса, битуминозные породы распространены неравномерно. На участках максимальной мощности свиты они составляют 35 – 40 % от её объема. При сокращении общей мощности толщи доля содержания битуминозных пород снижается до 5 – 1 %. Одновременно изменяется комплекс органических остатков, составляющих массу ОВ. Например, исчезают моллюски рода *Grenodites* (Ушатинский И. Н. и др.), широко распространённые в высокобитуминозных слоях повышенной мощности. Контакт баженовской толщи с подстилающими отложениями абалакской свиты и более древними толщами -

резкий. В контактовой зоне присутствуют карбонатные прослои толщиной до 1 м, которые расположены в нижних слоях баженовской и в верхних горизонтах абалакской свит. Иногда прослои сливаются в один, приобретая вид конкреций. На баженовской свите залегают слабоалевритистые глины подачимовской толщи.

В составе комплекса преобладают битуминозно-глинистые, глинисто-кремнистые, кремнисто-глинисто-карбонатные породы. В битуминозных разностях содержание ОВ достигает 32 %, а глинистых минералов (монтмориллонит, смешанослойные монтмориллонит-гидрослюдистые образования, гидрослюды, хлорит, каолинит) – до 75 %. В качестве примесей встречаются халцедон, опал, пирит (5 – 6 %) и различные обломки алевритовой размерности (5 – 10 %).

В комплексе глубоководно-морских фаций некомпенсированного прогибания (баженовская свита) выделяются четыре пачки, которые условно соответствуют нижнему, среднему, верхнему подъярусу титонского и нижней части берриасского ярусов. Чаще две последние пачки объединяются в одну. Толщина нижней, средней и верхней пачек соответственно 10-15, 12-15 и 5-10 м.

В строении комплекса принимают участие микрослоистые (60 %), неяснослоистые и микроракушняковые глинисто-кремнисто-известковистые породы с высоким содержанием ОВ (до 25 %) и с переменным количеством указанных минеральных компонентов.

В нижней части разреза преобладают микрослоистые и микроракушняковые слабоглинистые силициты (радиоляриты) и возникшие за счет их карбонатизации вторичные известняки и доломиты. Средняя часть сложена преимущественно неяснослоистыми глинистыми силицитами, а верхняя – микро- и неяснослоистыми кремнистыми и известково-кремнистыми глинами, мергелями и известняками.

Благодаря специфике состава, породы чётко выделяются на каротажных диаграммах по аномально высоким кажущимся сопротивлениям и естественной радиоактивности, являясь выдержанным репером в разрезе осадочного чехла региона. Толща служит основным отражающим горизонтом Б на глубинах 0,6–4,0 км. Органическое вещество относится к сапропелевому типу. Часть его рассеяна в породе, другая - образует линзы толщиной 0,01–2,0 мм. Содержание ОВ уменьшается вниз по разрезу от глинистых литотипов к микроракушечниковым силицитам.

Характер распределения ОВ определяется текстурой пород. В Салымском районе содержание ОВ в микрослоистых разностях – 1,88 %, в неслоистых – 10,89 %, в Сургутском – соответственно 12,36 и 10,30 %, в Вартовском – 13,17 и 14,07 %. Распределение $C_{орг}$ по площади концентрически-зональное и одинаково высокое в центральных районах, что указывает на близкие условия образования и сохранности.

Проницаемость битуминозных пород по напластованию на два порядка выше, чем перпендикулярно ему, и равна соответственно $n \cdot 10^{-4}$ – $4 \cdot 10^{-6}$ и $n \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-8}$ фм^2, открытая пористость битуминозных пород изменяется от 2 до 16 %. Основу емкости составляют пустоты матрицы, развитие которых связано с гидрослюдизацией монтмориллонита. Этот же процесс способствовал образованию преимущественно горизонтальной трещиноватости, обусловившей сообщение пустот в блоках пород и появление путей фильтрации в пласте. Коллекторы в берриасских битуминозных отложениях (баженовская свита, пласт $Ю_0$) имеют кремнисто-карбонатно-глинистый состав и содержат ОВ до 20 % и более. Вторичные пустоты, щелевидные микротрещины и полости выщелачивания присутствуют во всех компонентах пород и секущих трещинах, выполненных кварцем, кальцитом, гипсом, ярозитом, мелантеритом. Коллектор трещинный и пустотно-трещинный, обычно с двухфазной фильтрацией.

Промышленно-нефтеносными в основном являются плитчатые (микроплитчатые до листоватых) битуминозные разности, содержащие линзовидные скопления ОВ вдоль плоскостей напластования пород.

Содержание сапропелевого вещества уменьшается вниз по разрезу от глинистых пород к микроракушняковым силицитам. Его количество в центральных районах составляет 13-18 %, на окраинах – менее 5 %.

Смектит-гидрослюдистые образования и биогенные халцедон, карбонаты, пирит преобладают в более глубоководной части, а обломочный кварц, полевые шпаты, каолинит, хлорит тяготеют к периферии бассейна, причем каолинит преобладает на западной окраине в Шаимском районе, хлорит – на северо-, юго-восточном и южном обрамлениях, что определяется составом поступавшего в бассейн материала кор выветривания с обрамлений бассейна (Нестеров, 1987) и составом вод.

Изучением состава, строения баженовской свиты и ее коллекторских характеристик занимались многие геологи. Большинство исследователей связывают образование коллекторов с высоким содержанием в свите органического вещества, которое достигает 25-30 %, с микрослоистым строением пород и со способностью их расслаиваться и образовывать коллекторскую ёмкость под напором генерируемых углеводородов (Ф. Г. Гурари, И. И. Нестеров, В. М. Добрынин, Т. В. Дорофеева и др.). Другие (Н. А. Крылов и др.) считают, что коллекторские возможности определяются трещиноватостью баженовской свиты. Формирование в ней углеводородных залежей связано, главным образом, с разрывными нарушениями. Третьи утверждают, что коллекторская емкость возникает в различно текстурированных участках породы в зонах тектонических напряжений (Т. Т. Клубова, Л. П. Климушина, Г. М. Таруц, Е. А. Гайдебурова; А. А. Трофимук, Ю. Н. Карагодин и др.).

Характерной особенностью коллекторских толщ является высокая степень неоднородности распределения коллекторов в разрезе и по латера-

ли и линзовидный прерывистый характер коллекторских зон (Гурари, 1981; Хабаров и др., 1981), что приводит к тому, что высокодебитные скважины располагаются в полукилометре от сухих. Наиболее распространены тонкомикрослоистые породы в разрезе Салымского района, меньше в Нижневартовском районе, но из этих пород получены промышленные притоки нефти с площадей: Большой Салым, Северо-Островная и других.

Большое значение в коллекторах имеет горизонтальная слоистость, рассланцованность пород параллельно преобладающему направлению давления, а также матричная, особенно вторичная пористость (Добрынин, 1982; Дорофеева и др., 1983). Коллекторские свойства комплекса: максимальная пористость 0,2-16 % (в среднем 8-15 %), расчетная пористость – 4,5-9,5 %, проницаемость от 0,01до 500 фм^2 (в среднем 65 фм^2).

Необходимо подчеркнуть, что вынос керна из интервала развития комплекса небольшой, порода быстро превращается в мелкораздробленный шлам, поэтому основные сведения об изменении свойств коллекторов приводятся по геофизическим и гидродинамическим данным.

На основе выполненных исследований темноцветных углеродистых ассоциаций, принадлежащих в Западной Сибири к комплексу глубоководно-морских глинисто-карбонатно-кремнистых фаций (баженовской свите), целесообразно выделить в качестве важных критериев и факторов формирования зон разуплотнения (повышения пустотности: трещиноватости, пористости коллекторов) следующее:

✓ Максимальная неоднородность по составу пород, содержание в них наряду с глинистым и органическим веществом кремнистого и известковистого материала, которые являются исходной основой для интенсивного течения процессов диагенеза и катагенеза. За счет растворения кальцита коэффициент общей пористости ($к_п$) в глинисто-кремнисто-карбонатных породах пласта $Ю_0$ в основании баженовской свиты Салымского месторождения поднимается до 20 % (по некоторым данным, на 5 % карбонатного материала прирост пористости составляет 4,8 %). В кремнисто-глинистых породах средних горизонтов важную роль играет и трансформация монтмориллонита. Она приводит к увеличению $к_п$ на 3-5 до 10 %. При содержании в этих породах кремнезема ведущим фактором формирования пористости становится его переход в кварц-халцедоновую модификацию. Минеральные преобразования и согласованное с ними формирование коллекторов происходят стадийно и тесно связаны с трансформацией ОВ.

✓ Неоднородность по строению, которая выражается наличием крупных линзовидных зон различного уплотнения, микрослоистости, рассланцованности пород с неодинаковыми коллекторскими свойствами, давлениями и дебитами. Например, зоны сгущения вторичных пор, пустот, каналов, трещин с пониженным пластовым давлением являются следствием преобразования участков скопления линзовидных включений органического вещества в обогащенных им породах, которое способствует рас-

творению карбонатов, разуплотнению пород и образованию в них пьезоминимумов.

✓ Развитая трещинная система с трещинами и каналами прорыва различных масштабов и ориентации, которая выявляется нелинейностью процессов фильтрации. Наличие трещин подтверждается также резким различием дебитов в соседних скважинах, различной буримостью интервалов распространения трещиноватых и массивных пород.

✓ Обнаруженная микротрещиноватость и тонкая рассланцованность (листоватость пород) в керне, нормально- и, по соседству, аномально высокие пластовые давления по данным гидродинамических исследований работающих скважин, и температура. Микрослоистые глинистые породы имеют не менее двух систем трещин: горизонтальную, развитую повсеместно, и субвертикальную, отмеченную в отдельных зонах.

✓ Температурные аномалии и локальные зоны повышения температуры в вертикальном направлении, выявленные на Салымском месторождении, представляют собой зоны дробления, насыщенные повышенным количеством флюидов. С ними связаны максимальные дебиты углеводородов. Они свидетельствуют о сообщаемости комплекса с нижележащими толщами. Такие зоны выявлены под наиболее крупными месторождениями – Салымским, Самотлорским, Красноленинским, Шаимским и другими. Крупная зона дробления субмеридионального простирания выявлена, например, в присводовой части Салымской структуры.

Выводы

Количество и распределение в разрезах высокоуглеродистых темноцветных, сероцветных и углисто-глинистых ассоциаций пород в ОБ тесно связано с их нефтегазоносностью и угленосностью. В ЗСНГБ наиболее широкое развитие имеют мезозойские сероцветные образования, содержащие сапропелевое и гумусовое ОВ. Они формировались в глубоководно- и мелководно-морских условиях с низкой скоростью осадконакопления (5-17 м/млн лет).

Значительный интерес представляет темноцветная толща битуминозных карбонатно-глинистых пород (баженитов), которая содержит значительное количество сапропелевого ОВ и образовалась в глубоководно-морских условиях некомпенсированного прогибания, при более низкой скорости осадконакопления (не более 5 м/млн лет).

При погружении и прогреве преобразование ОВ происходит стадийно, что отражается в катагенетической зональности, осложненной локальными зонами разуплотнения. В сероцветных толщах преобладают зоны разуплотнения, связанные с подтоком высоконапорных глубинных флюидов, с генерацией УВ, дегидратацией глин, а также гравитационно-элизионный тип, обусловленный затруднением флюидообмена при уплотнении пород.

В темноцветных высокобитуминозных отложениях (баженитах), находящихся в главной зоне нефтеобразования (Салымское месторождение), разуплотнение пород наиболее интенсивно. В толще преобладают зоны, формирование которых происходит под влиянием многих факторов, но ведущим является нефтегазообразование в неоднородных по составу и строению породах.

Библиографический список

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

2. **Леоненко Г. Н**. Современный флюидодинамический подход к изучению осадочных бассейнов и их нефтегазоносность // Мат-лы IX Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М.: РГГРУ, 2009. С. 132.

3. **Леоненко Г. Н., Пронина Н. В**. Стадийные преобразования глинистых толщ, их разуплотнение и нефтегазоносность // Мат-лы конференции «Глины и глинистые минералы». Воронеж, 2004. С. 85-86.

4. **Леоненко Г. Н. Соколов Б. А**. Зоны коллекторов нефти и газа и эффективность их вскрытия перфорацией. М.: Геоинформмарк, 1993. 57 с.

5. **Нугманов М. Г.** Литолого-геохимические особенности коллекторов и покрышек в зонах аномально-высоких давлений (на примере тюменской свиты ряда месторождений Западной Сибири): автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук. М., 1989. 20 с.

6. **Осадочные бассейны.** Методика изучения, строение и эволюция / Ред. Ю. Г. Леонова, Ю. А. Воложа. М.: Научный мир, 2004. 525 с.

7. **Рудкевич М. Л. и др**. Нефтегазоносные комплексы. М.: Недра, 1988. 304с.

УДК [551.7.022.4:551.72/.73]:553.98:(571.51)

А. В. Храмцова, А. В. Великих
Сибирский научно-аналитический центр

ТЕРРИГЕННО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

Терригенно-минералогическая провинция (ТМП) - это область осадконакопления, охарактеризованная одинаковым комплексом терригенных

минералов. Область может быть связана с одной или несколькими питающими провинциями, являющимися частями геотектонических единиц первого порядка. Провинции различаются в основном по составу тяжелых минералов [1, 2]. К группе тяжелых относятся минералы с удельным весом более 2,75 г/см^3.

Для написания данной статьи использовались результаты минералогических исследований акцессорных минералов в иммерсионных жидкостях (972 образца), выполненных в Тюменской центральной лаборатории. Выход тяжелой фракции в среднем составил 0,6 %. Пересчет минералов производится на алевритовую фракцию, принимаемую за 100 % (500 зерен). Названия ТМП дается по преобладающим минералам, содержание которых в образце превышает 10 %, от меньшего к большему.

Частота встречаемости акцессорных минералов (т. е. отношение числа анализов, в которых минерал встречен, к общему числу анализов) по пластам мезозойских отложений Ямальского полуострова представлена на рис. 1. Этот график иллюстрирует качественное изменение комплекса акцессорных минералов в породах различного возраста. Согласно графику, в распределении минералов наблюдаются определенные закономерности. Магнетит+ильменит, гранат, циркон, турмалин, рутил присутствуют постоянно более чем в 90 % образцов по всему разрезу. Эти минералы обладают высокой плотностью, гидродинамической и химической устойчивостью, поэтому являются наиболее стабильными в обстановке выветривания и встречаются во всех осадочных породах.

Максимальная частота встречаемости неустойчивого к химическому выветриванию хлоритоида характерна для меловых отложений. Хлоритоид указывает на метаморфический тип питающих провинций. Частота встречаемости эпидота и сфена максимальная в сеномане, пластах группы НП и в верхнеюрских отложениях (80-100 %). Для пластов группы НП наблюдается увеличение частоты встречаемости пироксена и цоизита. Шпинель, источником для которой служат основные магматические породы, чаще всего встречается в юрских отложениях.

Средние содержания акцессорных минералов в мезозойских отложениях Ямальского полуострова представлены в таблице. Изученность пластов неравномерная, наиболее полно охарактеризованы пласты меловых отложений.

Из таблицы видно, что во всех пластах Ямальского полуострова, за исключением сеноманских отложений (пласт $ПК_{1-9}$), преобладают устойчивые к химическому выветриванию минералы (>10%): циркон, магнетит+ильменит, гранат, апатит, только с разным количественным содержанием. Гранат в шлифах преимущественно бесцветный (гроссуляр) – контактово-метаморфический (Трегер, 1958), встречается и розовый – спессартин. В юрских отложениях преобладает содержание циркона над гранатом (петрофондовый коэффициент больше 1), а в меловых – наоборот.

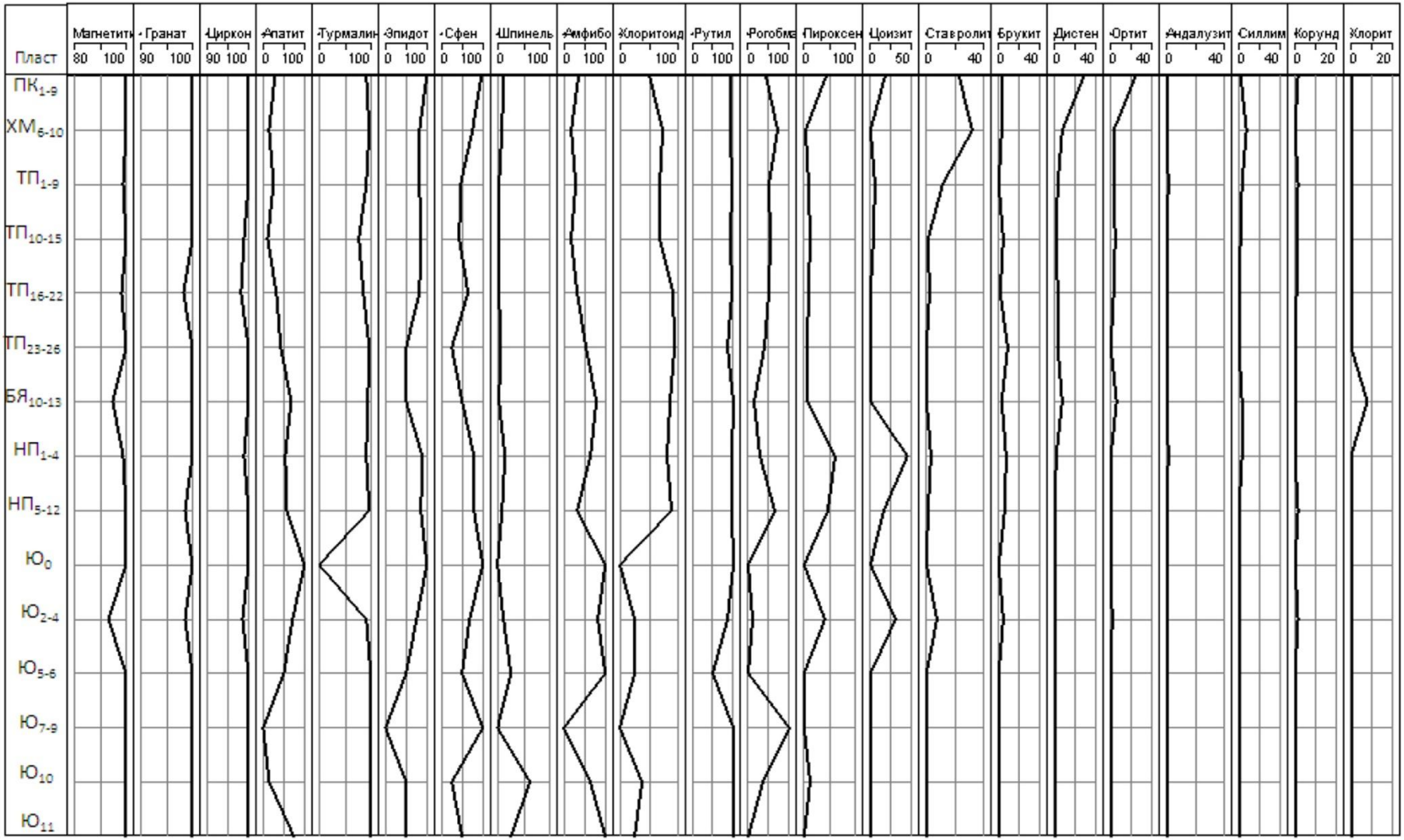


Рис. 1. Распределение акцессорных минералов в породах мезозойских отложений полуострова Ямал

Средние содержания акцессорных минералов (вес. %)
в мезозойских отложениях Ямальского полуострова

Пласт	Кол-во обр.	Выход т. фр.	Магнетит+ ильменит	Гранат	Циркон	Апатит	Рутил	Турмалин	Шпинель	Эпидот	Сфен	Хлоритоид	Цоизит	Роговая обманка	Амфибол
$ПК_{1-9}$	93	0,7	32,7	23,8	6,5	3,7	1,0	1,5	1,3	17,2	6,6	0,8	2,9	1,0	2,2
$ХМ_{6-10}$	31	1,0	29,0	27,9	10,8	12,1	2,5	5,5	0,7	5,8	2,2	1,8	-	3,6	3,0
$ТП_{1-9}$	296	0,7	13,4	52,2	11,2	16,3	2,3	4,4	0,6	1,6	1,1	1,8	1,0	2,1	2,2
$ТП_{10-15}$	102	0,8	4,2	69,4	11,0	9,1	1,7	0,9	0,3	1,1	0,6	0,8	0,3	0,9	0,9
$ТП_{16-22}$	123	0,5	6,4	47,2	16,0	16,8	2,6	3,4	0,6	2,3	1,3	4,1	-	1,8	2,5
$ТП_{23-26}$	35	0,4	8,0	38,7	19,3	28,4	2,3	2,9	2,0	2,1	1,0	6,4	-	1,8	2,3
$БЯ_{10-22}$	39	0,5	4,7	32,7	20,1	27,1	3,0	3,6	1,0	1,2	2,4	4,8	-	1,9	2,2
$НП_{1-4}$	93	0,5	9,2	30,5	17,3	17,6	1,6	3,3	1,3	5,4	1,3	3,0	2,6	4,6	8,7
$НП_{5-10}$	70	0,3	9,2	35,8	19,4	14,7	1,7	2,5	0,7	3,5	1,2	3,4	2,6	3,9	4,5
$Ю_0$	1	0,9	12,7	24,2	37,7	21,1	1,5	-	-	1,2	0,8	-	-	-	0,8
$Ю_{2-4}$	71	0,6	12,4	21,2	28,0	18,4	2,2	3,1	2,1	3,0	1,9	0,9	2,6	5,6	6,6
$Ю_{5-6}$	4	0,3	16,6	8,7	30,2	6,9	2,2	5,9	3,3	2,0	2,1	0,8	-	-	3,9
$Ю_{7-9}$	1	0,1	12,8	21,3	49,0	-	6,4	2,1	-	-	2,0	-	-	6,4	-
$Ю_{10}$	8	1,0	24,7	9,7	47,3	0,3	3,2	5,0	1,9	1,5	1,0	0,9	-	2,0	4,5
$Ю_{11}$	4	0,2	14,4	16,3	34,2	26,6	5,1	1,1	2,0	1,2	1,6	0,7	-	-	1,7

Частота встречаемости и количественное содержание шпинели максимальные в юрских отложениях, источником этого минерала служили основные магматические породы. В неокомских отложениях максимальные содержания хлоритоида (до 6,4 %) и апатита (до 28,4 %). В сеномане резко увеличивается содержание эпидота и сфена, которые характеризуются средней химической устойчивостью и миграционной способностью, низкой гидродинамической устойчивостью, метаморфическим типом питающих провинций [1].

По преобладающим акцессорным минералам установлен петрографический тип питающих провинций: гранитоидный, осадочный и метаморфический. В юрское время разрушались преимущественно магматические и осадочные породы, а в меловое – метаморфические.

Для юрских отложений выделяются следующие ТМП:

1) апатит-гранат-магнетит-ильменит-цирконовая (пласты $Ю_{11}$, $Ю_{5-6}$, $Ю_{2-4}$, $Ю_0$, Новопортовская площадь);

2) магнетит-ильменит-гранат-цирконовая (пласт $Ю_{11}$, скв. 58 Новопортовская, пласт $Ю_{10}$, скв. 83 Шугинская, скв. 27 Нейтинская, пласты $Ю_{7-9}$, $Ю_{2-4}$ скв. 27, Нейтинская площадь);

3) турмалин-гранат-магнетит-ильменит-цирконовая (пласт $Ю_{10}$, скв. 58, Новопортовская площадь).

Для юрских отложений источником сноса являлись в большей степени южные и юго-западные части складчатового обрамления плиты (Казахстан), поставлявшие комплекс сравнительно устойчивых минералов. Присутствие в пластах апатита и граната обусловлено привносом этих минералов с севера и северо-востока (Таймыр, Енисейский кряж).

Терригенно-минералогические провинции мезозойских отложений Ямальского полуострова представлены на рис. 2.

В неокомских отложениях преобладают следующие акцессорные минералы: гранат, апатит, циркон, магнетит+ильменит (см. таблицу), причем содержание апатита увеличивается с севера и северо-востока, а турмалина – с юга.

В пластах группы НП в юго-западной части изучаемой территории, ближе к бровке шельфа, увеличивается содержание амфиболов до 16 % (скв. 73, 67, Новопортовская площадь) – выделяется амфибол-магнетит-ильменит-циркон-гранатовая ТМП. В единичных скважинах пласта $НП_{1-4}$ фиксируется увеличение содержания эпидота до 37 % – выделяется эпидот-магнетит-ильменит-циркон-гранатовая ассоциация терригенных минералов. На большей части территории преобладает магнетит-ильменит-гранат-апатитовая ТМП, в пласте $НП_{5-12}$ в юго-восточной части содержание апатита уменьшается и выделяется магнетит-ильменит-циркон-гранатовая ТМП (см. рис. 2).

В северной части *пласта* $БЯ_{10-13}$ выделяется апатит-магнетит-ильменит-циркон-гранатовая ассоциация терригеных минералов, а в южной – турмалин-магнетит-ильменит-циркон-гранатовая (см. рис. 2). Содержание циркона изменяется от 2,6 до 38,5 %, граната 8,3-80,6 %, магнетита и ильменита до 11 %, турмалина 0,5-17,9 %, апатита 0,3-75,8 %, хлоритоида 0,3-12,2 %.

Пласты $ТП_{23-26}$, $ТП_{16-22}$, $ТП_{10-15}$ характеризуются следующим распределением ТМП: в восточной части выделяется магнетит-ильменит-циркон-апатит-гранатовая, в западной – магнетит-ильменит-циркон-гранатовая. На Бованенковской площади (пласт $ТП_{16-22}$) увеличивается содержание турмалина до 17 %, выделяется турмалин-магнетит-ильменит-циркон-гранатовая ассоциация ТМ.

Для неокомских отложений характерно преобладание граната над цирконом, увеличение содержания апатита с севера и северо-востока. Основными источниками сноса были Казахстан, Таймыр, Енисейский кряж, частично Урал.

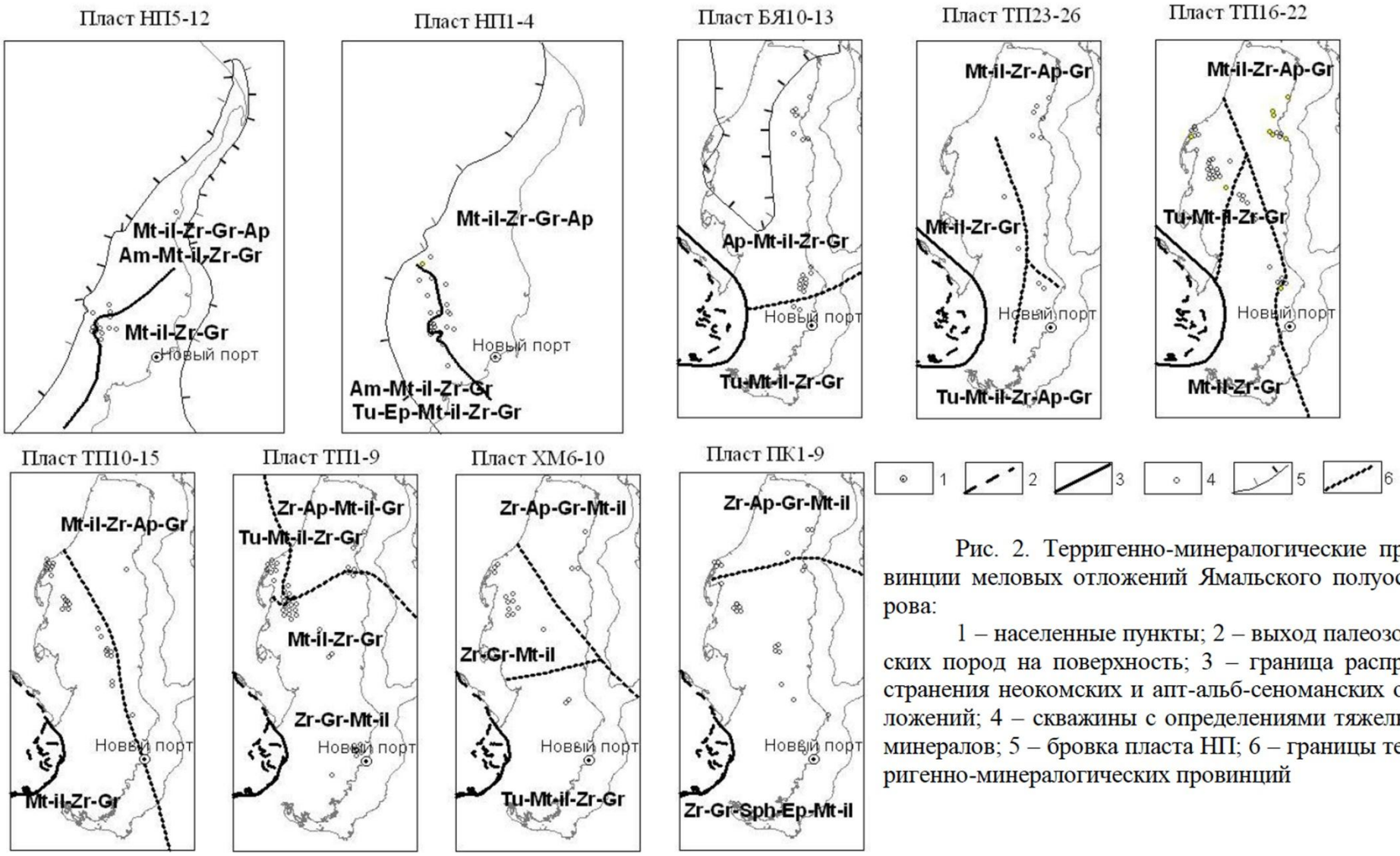


Рис. 2. Терригенно-минералогические провинции меловых отложений Ямальского полуострова:

1 – населенные пункты; 2 – выход палеозойских пород на поверхность; 3 – граница распространения неокомских и апт-альб-сеноманских отложений; 4 – скважины с определениями тяжелых минералов; 5 – бровка пласта НП; 6 – границы терригенно-минералогических провинций

Апт-альб-сеноманские отложения характеризуются резким увеличением содержания магнетита+ильменита. Это связано с воздыманием Щучьинского выступа на Урале в баррем-аптский век, который служил дополнительным источником сноса. По сравнению с неокомскими пластами в апт-альб-сеноманское время на территории Ямала сокращается площадь распространения циркон-апатит-гранат-магнетит-ильменитовой провинции. На большей части территории в пластах $ТП_{1-9}$ и $ХМ_{6-10}$ преобладает устойчивый комплекс минералов: магнетит-ильменит, циркон, гранат, турмалин (см. рис. 2).

Акцессорный комплекс пласта $ПК_{1-9}$ характеризуется преобладанием как устойчивых к химическому выветриванию минералов (циркон, гранат, магнетит-ильменит, апатит), так и неустойчивых (сфен, эпидот). На Северо-Тамбейской и Западно-Тамбейской площадях увеличивается содержание апатита (до 13 %) и выделяется циркон-апатит-гранат-магнетит-ильменитовая ассоциация терригенных минералов. На большей части территории распространяется циркон-гранат-сфен-эпидот-магнетит-ильменитовая ТМП. Увеличение сфена, эпидота, граната свидетельствует об активизации северного и северо-восточного источника сноса, сложенного преимущественно метаморфическими породами.

Основными областями сноса для сеноманских отложений являлись складчатые сооружения Таймыра, восточное и южное складчатые обрамления, частично Урал.

На основании изучения акцессорного комплекса минералов Ямальского полуострова меловых отложений выявлены черты сходства и различия по юрским, неокомским, апт-альбским и сеноманским комплексам.

1. Мезозойские отложения характеризуются преобладанием устойчивых к химическому выветриванию минералов (циркон, гранат, магнетит + ильменит, апатит), за исключением пласта $ПК_{1-9,}$ где увеличивается содержания менее устойчивых сфена и эпидота. По преобладающим акцессорным минералам установлены породы питающих провинций: гранитоидные, осадочные и метаморфические.

2. Поставщиками устойчивого комплекса минералов служили складчатые сооружения Казахстана, Енисейский кряж, частично Урал. Увеличение содержание рудных минералов в апт-альб-сеноманское время свидетельствует об активизации западного источника сноса (Урал). Источниками сноса, поставлявшими гранат, апатит, сфен и эпидот, были Таймыр и север Сибирской платформы.

3. В юрских отложениях преобладает содержание циркона над гранатом, т. е. разрушались в области сноса преимущественно магматические породы. В неокоме резко увеличивается содержание граната, апатита и хлоритоида, в апт-альб-сеноманском комплексе – магнетита+ильменита, в сеномане – сфена и эпидота. В северной части полуострова Ямал наблюдается увеличение содержания апатита, в южной – турмалина, циркона, в

пластах НП ближе к бровке шельфа увеличивается содержание амфиболов. С таким распределением и связаны выделенные в меловой период ТМП (см. рис. 2).

Библиографический список

1. **Бергер М. Г.** Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 277 с.

2. **Методы** палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / Гроссгейм В. А, Бескровная О. В., Геращенко И. Л. и др. Л.: Недра, 1984. 271 с.

УДК 550.4 (571.1)

Н. С. Носова

ОАО «Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной промышленности»

ЛИТОХИМИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАГУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Пур-Тазовская нефтегазоносная область, Западная Сибирь)

Основные перспективы Тагульского месторождения, расположенного в Туруханском районе Красноярского края, связаны с готерив-альбскими отложениями, представленными терригенными породами малохетской и яковлевской свит. Нами изучен их химический состав, с определением основных породообразующих окислов посредством рентгенофлуоресцентного анализа. Исследованиям подверглись различные по размерности породы от мелко-крупнозернистого алевролита до крупнозернистого песчаника, отобранные из керна скв. 8 (табл. 1).

Методика выполненных исследований в основном базируется на системе литохимических модулей, в области использования и интерпретации которых безусловным авторитетом пользуются работы Я. Э. Юдовича и М. П. Кетрис [3]. Для изучения химического состава осадочных пород в работе используются следующие модули:

1. *Гидролизатный* (ГМ=(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MnO)/SiO_2);
2. *Алюмокремниевый* (АМ=Al_2O_3/SiO_2);
3. *Фемический* (ФМ=(Fe_2O_3+FeO+MnO+MgO)/SiO_2);
4. *Титановый* (ТМ=TiO_2/Al_2O_3);
5. *Железный* (ЖМ=(Fe_2O_3+FeO+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3));
6. *Нормированной щелочности* (НКМ=(Na_2O+K_2O)/Al_2O3);
7. *Натриевый* (НМ=Na_2O/Al_2O_3);
8. *Щелочной* (ЩМ=Na_2O/K_2O);

Таблица 1

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа отложений Тагульского месторождения, скв. 8

№ п/п	Номер обр.	Глубина, м	Литологическое описание	Химический состав породы, масс. доля, %										
				Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	ппп
Яковлевская свита														
1	207-05	1808,48	Песчаник м/з	2,23	0,78	21,30	66,00	0,14	2,49	0,43	0,68	0,02	2,31	3,31
2	208-05	1809,96	Песчаник м-с/з	1,79	0,69	18,00	69,40	0,08	2,77	0,27	0,75	0,03	2,05	3,85
3	212-05	1813,10	Песчаник м-с/з	1,37	0,32	14,60	75,20	0,05	2,64	0,26	0,38	0,04	2,37	2,60
4	215-05	1813,39	Песчаник к/з	1,41	0,53	16,50	68,10	0,08	2,64	0,35	0,61	0,08	4,03	5,47
Нижнехетская свита														
5	227-05	2751,25	Алевролит	2,68	3,46	15,10	52,30	0,22	2,34	8,10	0,72	0,12	7,30	7,190
6	249-05	2766,53	Алевролит	2,66	3,58	17,30	58,00	0,41	2,77	2,10	0,98	0,07	8,30	3,180
7	269-05	2767,82	Алевролит	2,26	3,90	16,80	57,50	0,16	2,71	1,22	0,99	0,06	9,50	3,870
8	276-05	2768,00	Алевролит	2,26	3,48	15,90	60,90	0,10	2,68	1,26	0,81	0,04	8,00	3,190
9	277-05	2770,23	Песчаник м-с/з	3,34	2,64	16,30	65,00	0,15	3,04	2,05	0,53	0,04	4,60	1,910
10	291-05	2900,27	Песчаник с-м/з	3,97	2,21	16,20	67,20	0,17	2,82	1,25	0,54	0,03	3,52	1,640
11	310-05	2905,03	Алевролит	3,21	2,74	14,40	64,30	0,30	2,26	3,42	0,89	0,06	4,90	3,050
12	321-05	2906,93	Алевролит	2,60	3,33	18,00	59,20	0,20	2,85	1,55	0,97	0,06	6,70	3,920
13	331-05	2950,77	Алевролит	2,55	4,00	18,60	56,90	0,19	2,45	1,57	1,35	0,06	8,00	3,660
14	496-05	1808,48	Песчаник с-м/з	2,20	4,80	16,30	51,20	0,34	2,11	1,34	0,93	0,08	15,30	4,820

Таблица 2

Значения модулей и результаты химической классификации

№ п/п	Номер обр.	Глубина, м	Литологическое описание	Модули								Химическая классификация
				НКМ	ФМ	ГМ	АМ	НМ	ТМ	ЖМ	ЩМ	
Яковлевская свита												
1	207-05	1808,48	Песчаник м/з	0,222	0,047	0,368	0,323	0,105	0,032	0,106	0,896	Нормосиаллиты
2	208-05	1809,96	Песчаник м-с/з	0,253	0,040	0,300	0,259	0,099	0,042	0,111	0,646	Гипосиаллиты
3	212-05	1813,10	Песчаник м-с/з	0,275	0,036	0,231	0,194	0,094	0,026	0,161	0,519	Миосилиты
4	215-05	1813,39	Песчаник к/з	0,245	0,068	0,312	0,242	0,085	0,037	0,240	0,534	Гипосиаллиты
Нижнехетская свита												
5	227-05	2751,25	Алевролит	0,332	0,208	0,444	0,289	0,177	0,048	0,469	1,145	Псевдонормосиаллиты
6	249-05	2766,53	Алевролит	0,314	0,206	0,459	0,298	0,154	0,057	0,458	0,960	Псевдонормосиаллиты
7	269-05	2767,82	Алевролит	0,296	0,234	0,476	0,292	0,135	0,059	0,537	0,834	Псевдонормосиаллиты
8	276-05	2768,00	Алевролит	0,311	0,189	0,406	0,261	0,142	0,051	0,481	0,843	Псевдонормосиаллиты
9	277-05	2770,23	Песчаник м-с/з	0,391	0,112	0,330	0,251	0,205	0,033	0,275	1,099	Гипосиаллиты
10	291-05	2900,27	Песчаник с-м/з	0,419	0,086	0,302	0,241	0,245	0,033	0,212	1,408	Гипосиаллиты
11	310-05	2905,03	Алевролит	0,380	0,120	0,315	0,224	0,223	0,062	0,324	1,420	Гипосиаллиты
12	321-05	2906,93	Алевролит	0,303	0,170	0,435	0,304	0,144	0,054	0,356	0,912	Псевдонормосиаллиты
13	331-05	2950,77	Алевролит	0,269	0,212	0,492	0,327	0,137	0,073	0,404	1,041	Псевдосуперсиаллиты
14	496-05	1808,48	Песчаник с-м/з	0,264	0,394	0,637	0,318	0,135	0,057	0,893	1,043	Псевдогипогидролизаты

Из результатов, приведенных в табл. 2, следует, что в соответствии с химической классификацией осадочных пород и их аналогов [2], породы яковлевской свиты принадлежат классам нормосиаллитов, миосилитов и гипосиаллитов. При этом класс миосилитов (ГМ = 0,21-0,30) образует естественный переход от силитов к сиаллитам. С одной стороны, это псаммитолиты грауваковые, а с другой – просто более алевритовые, в частности, многие алевролиты. Оба эти признака связаны с повышенной долей полевошпатового и/или глинисто-слюдистого материала. Класс гипосиаллитов (ГМ = 0,31-0,35) тесно связан с миосилитами, и эта связь отражает промежуточное положение состава алевритовых пород между песчаными и глинистыми (в нашем случае с песчаными). Класс нормосиаллитов (ГМ = 0,36-0,48) – самый распространенный класс осадочных пород.

Что касается нижнехетской свиты, то изученные породы относятся к классам псевдонормосиаллитов, псевдосуперсиаллитов, псевдогипогидролизатов и гипосиаллитов. Тем самым, нельзя не заметить, что большая часть образцов содержит MgO > 3 %. Этот факт объясняется наличием в большей степени Mg-Ca-карбонатов. Такое присутствие доломита приводит к «псевдоклассификации» [2].

Согласно другой классификации, также основанной на значениях гидролизатного модуля (ГМ) [1], породы яковлевской свиты – это в основном грауваккии, реже мезомиктовые и полимиктовые кварцевые песчаники и алевролиты. Нижнехетская свита полностью попадает в зону грауваккк, но исключающим является образец 496-05, который принадлежит классу гидролизатных глинистых пород, содержащих каолинит либо свободные оксиды алюминия, железа и марганца.

При сравнении ГМ двух свит видно, что породы нижнехетской свиты (медианное значение ГМ = 0,439) претерпели более сильное выветривание в областях размыва и являются более зрелыми, нежели яковлевская свита (медианное значение ГМ=0,306).

В паре с гидролизатным модулем часто «работает» алюмокремниевый (АМ). Для терригенных пород характерна хорошо выраженная их положительная корреляция, что соблюдается в породах яковлевской свиты (R^2 = 0,93) и в нижнехетской (R^2 = 0,76) (рис. 1).

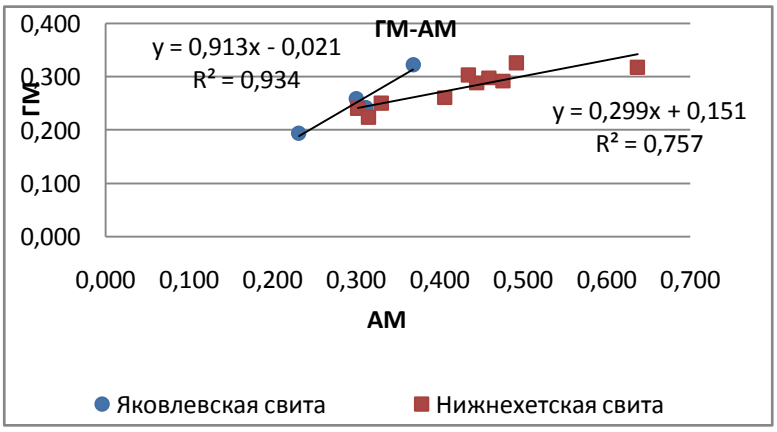


Рис. 1. График отношения гидролизатного и алюмокремниевого модулей

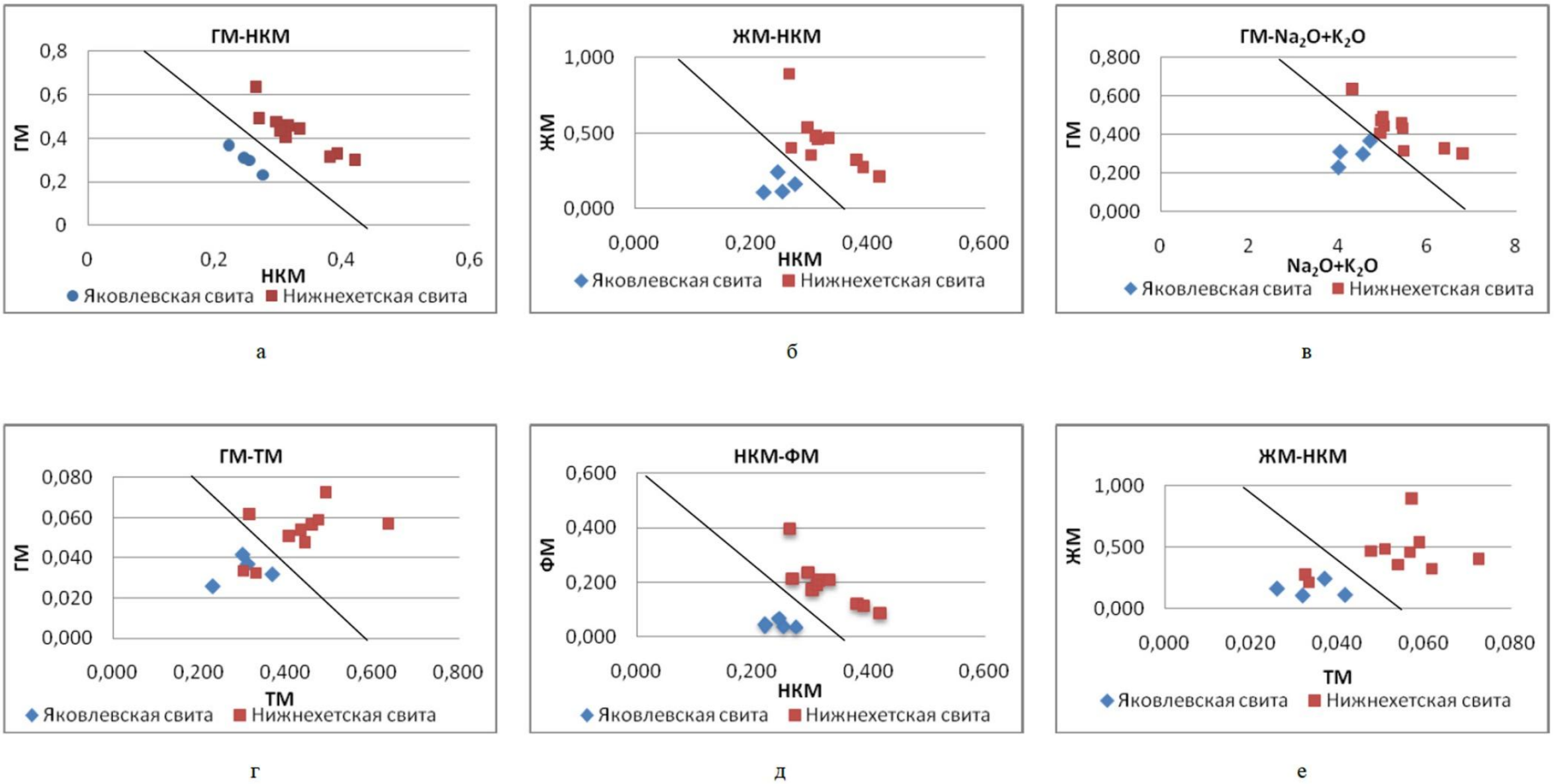


Рис. 2. Диаграммы отношений модулей:

а – отношение гидролизатного и модуля нормированной щелочности; б – отношение железного модуля и модуля нормированной щелочности; в – отношение гидролизатного и суммы окислов натрия и калия; г – отношение гидролизатного и титанового модулей; д – отношение фемического и модуля нормированной щелочности; е – отношение железного и титанового модулей

Для наглядности и простоты интерпретации полученных данных нами построена серия графиков отношений рассчитанных модулей (рис. 2).

Особенно важно, что практически на всех графиках можно провести «секущую» между породами яковлевской и нижнехетской свит. Тем самым, осадки вышележащей, яковлевской, свиты являются нормальнощелочными и низкожелезистыми; нижележащие породы малохетской свиты нормальнощелочные и нормальножелезистые, один образец повышенножелезистый и т. п.

Аксиоматичным является положение о том, что распределение элементов в горных породах зависит от внутренних (свойств самих элементов и внешних (физико-химические условия среды) факторов, вследствие чего характеризуется совокупностью случайных явлений. Закономерности же, присущие случайным явлениям, подчиняются теории вероятностей и математической статистики. Поэтому обработку геохимических данных осуществляют с помощью методов корреляционного анализа, что и применено к данным результатам (табл. 3-6).

Таблица 3

Корреляционная матрица для яковлевской свиты

Модуль	АМ	ТМ	НКМ	ЖМ	ФМ	ГМ
АМ	1,00	0,32	-0,96	-0,50	0,16	0,97
ТМ	0,32	1,00	-0,28	-0,02	0,32	0,39
НКМ	-0,96	-0,28	1,00	0,25	-0,41	-0,99
ЖМ	-0,50	-0,02	0,25	1,00	0,77	-0,27
ФМ	0,16	0,32	-0,41	0,77	1,00	0,41
ГМ	0,97	0,39	-0,99	-0,27	0,41	1,00

При уровне значимости $\alpha = 0{,}01$ критическое значение для четырех проб $r_\alpha = 0{,}917$. В соответствии с этим значением матрица смежности представлена в табл. 4, а график связи – на рис. 3.

Таблица 4

Матрица смежности для яковлевской свиты

Модуль	АМ	ТМ	НКМ	ЖМ	ФМ	ГМ
АМ	1	0	-1	0	0	1
ТМ	0	1	0	0	0	0
НКМ	-1	0	1	0	0	-1
ЖМ	0	0	0	1	0	0
ФМ	0	0	0	0	1	0
ГМ	1	0	-1	0	0	1

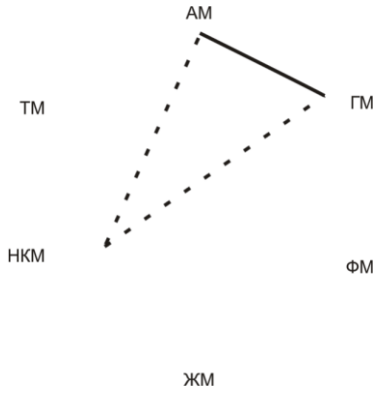


Рис. 3. Граф связи модулей для яковлевской свиты

Таблица 5

Корреляционная матрица для нижнехетской свиты

Модуль	АМ	ТМ	НКМ	ЖМ	ФМ	ГМ
АМ	1,00	0,56	-0,82	0,61	0,75	0,87
ТМ	0,56	1,00	-0,70	0,41	0,49	0,55
НКМ	-0,82	-0,70	1,00	-0,68	-0,73	-0,83
ЖМ	0,61	0,41	-0,68	1,00	0,98	0,92
ФМ	0,75	0,49	-0,73	0,98	1,00	0,97
ГМ	0,87	0,55	-0,83	0,97	0,97	1,00

Для уровня значимости α = 0,01 критическое значение для 11 проб r_α = 0,684. Матрица смежности показана в табл. 6, а график связи – на рис. 4.

Таблица 6

Матрица смежности для нижнехетской свиты

Модуль	АМ	ТМ	НКМ	ЖМ	ФМ	ГМ
АМ	1	0	-1	0	1	1
ТМ	0	1	-1	0	0	0
НКМ	-1	-1	1	0	-1	-1
ЖМ	0	0	0	1	1	1
ФМ	1	0	-1	1	1	1
ГМ	1	0	-1	1	1	1

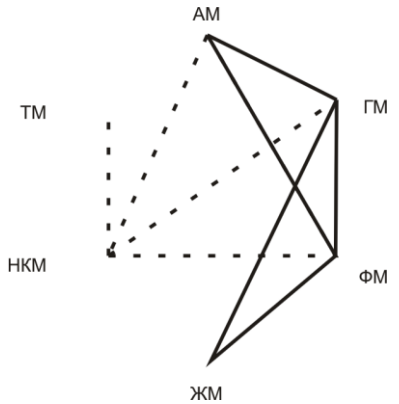


Рис. 4. Граф связи модулей для нижнехетской свиты

Полученные результаты свидетельствуют о четком обособлении модуля нормированной щелочности (НКМ), находящегося (при принятых методах расчетов) в отрицательной зависимости от ряда других модулей. В принципе это может быть использовано для региональной корреляции преимущественно монотонных и «немых» терригенных толщ. Это же относится и в целом к расчленению ряда отложений, показывающего свою существенную литохимическую «специфику» для изученных яковлевской и малохетской свит (см. рис. 2).

Библиографический список

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

2**. Юдович Я. Э., Кетрис М. П.** Химическая классификация осадочных горных пород. Сыктывкар, 1986. 34 с. (науч. докл.; вып. 148).

3. **Юдович Я. Э., Кетрис М. П.** Основы литохимии. СПб: Наука, 2000. 479 с.

УДК 553:551.862(571.16)

О. С. Чернова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ФАЦИАЛЬНО-ЦИКЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЮРСКОЙ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Отложения юрской системы, развитые в пределах краевой юго-восточной части Западно-Сибирской плиты, обладают четко выраженным циклическим строением. Относительная повторяемость литоциклов и их направленное изменение во всех структурно-фациальных зонах рассматриваемого региона неизбежно вызывают большие сложности при сопоставлении и корреляции разнофациальных толщ юры.

Главными корреляционными синхронными признаками, устанавливаемыми при литолого-палеонтологическом изучении разрезов, являются петрографический состав пород, спорово-пыльцевые комплексы, остатки крупномерной фауны и растительности, септариевые горизонты, карбонатные и сульфидные конкреции, пласты углей. Перечисленные руководящие, характерные или фоновые коррелятивы позволяют по степени из-

менчивости их в разрезах скважин и устойчивости на площади исследования выделить подразделения разного ранга, сформированные в геотектонической обстановке определенного типа и отвечающие определенной ландшафтно-климатической зоне.

По набору слагающих литоциклы разнофациальных слоев определенной мощности и по характеру их строения в отложениях юры отчетливо выделяется четырехпорядковая цикличность, отражающая периодичность процессов осадконакопления. При исследовании выделены литоциклы I, II, III и IV порядков, соответствующие объему пласта (толщи), подсвиты, свиты, горизонта, отдела, появление которых обусловлено в первую очередь пульсационным геотектоническим режимом различных частей бассейна седиментации.

На основании выявленной 4-порядковой цикличности построен сводный фациально-циклический разрез юрской угленосной толщи юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область) (см. рисунок). При последующем описании в статье дана характеристика литоциклов III и IV порядков – наиболее крупных тектоно-седиментационных единиц, хорошо прослеживаемых на территории исследования. Положение литоциклов II порядка обозначено на рисунке буквами **А, Б** и **В.**

Методика исследований

Для выявления цикличности строения юрской осадочной толщи применен фациально-циклический метод изучения осадочных толщ, разработанный большой группой исследователей во главе с Ю. А. Жемчужниковым и детально рассмотренный в работах Л. Н. Ботвинкиной и В. П. Алексеева [1, 3, 4, 8].

Методика изучения цикличности базируется на фациальном анализе, включающем в себя выявление и изучение первичных генетических признаков осадочных пород, указывающих на различные условия их накопления [1, 3, 4]. Черты строения изученных литолого-фациальных комплексов и последующий их тщательный анализ позволили выявить отчетливую иерархию литоциклов.

Под цикличностью, вслед за Л. Н. Ботвинкиной и В. П. Алексеевым, понимается повторяемость в геологических разрезах сходных фациальных комплексов разнообразного генезиса, отражающих эволюционную направленность процесса седиментации [4].

Под седиментационными циклами (*литоциклами*) понимают «*литофациальные комплексы, генетически связанные между собой и закономерно сменяющие друг друга в пространстве».* За начало литоцикла в данных исследованиях принята его регрессивная часть, наиболее четко фиксируемая в керновых последовательностях. Угольный пласт, как правило, занимает среднюю (центральную) или близкую к ней часть литоцикла [1, 3, 4].

За наименьшую единицу низшего ранга при проводимых фациально-циклических построениях принят элементарный маломощный (первые единицы – реже десятки метров) *литоцикл I порядка*, представляющий собой определенный набор фаций, представленный сменой нескольких литогенетических типов пород. Типизация литоциклов проведена по парагенезу фаций, в соответствии с физико-географическими условиями их формирования в определенных обстановках седиментации.

Литоциклы II порядка представлены парагенетическими фациальными ассоциациями, мощностью 15 - 30 м, которые по полноте набора слоев делятся на полные, неполные и срезанные [1, 3]. Полные мезоциклы встречаются в отложениях верхней юры морского генезиса. Они имеют все четко выраженные основные части: регрессивную (*пласты* $Ю_1^4$ *и* $Ю_1^3$), с появлением нейтральной части (*межугольная толща и пласт* $Ю_1^2$), завершающей регрессивный этап развития территории, и трансгрессивную (*пласты* $Ю_1^2$ *и* $Ю_1^0$*, георгиевская и баженовская свиты*) часть.

Неполные литоциклы свойственны древним аллювиальным толщам и типичны для большинства плинсбахских и ааленских осадочных последовательностей. Срезанные литоциклы, характеризующиеся более грубозернистым составом осадков в верхних частях, присущи средне- и верхнеюрским отложениям дельтового генезиса, широко распространенным в пределах юго-восточной части Томской области. Полные литоциклы встречаются в отложениях верхней юры.

Литоциклы II порядка прослеживаются в разрезах скважин на площади исследования от единиц до десятков километров и характеризуют смену ландшафтов во времени и пространстве (ландшафты ранней юры – среднеюрскими и позднеюрскими).

Выделенные литоциклы III порядка представляют собой крупные двучленные комплексы, состоящие из регрессивной и трансгрессивной частей. Крупнейшие литоциклы IV порядка состоят из литоциклов меньших порядков и, как правило, сформированы за счет периодических тектонических внутриплитных движений и тектонических подвижек структур обрамления.

Палеогеографическая характеристика литоциклов

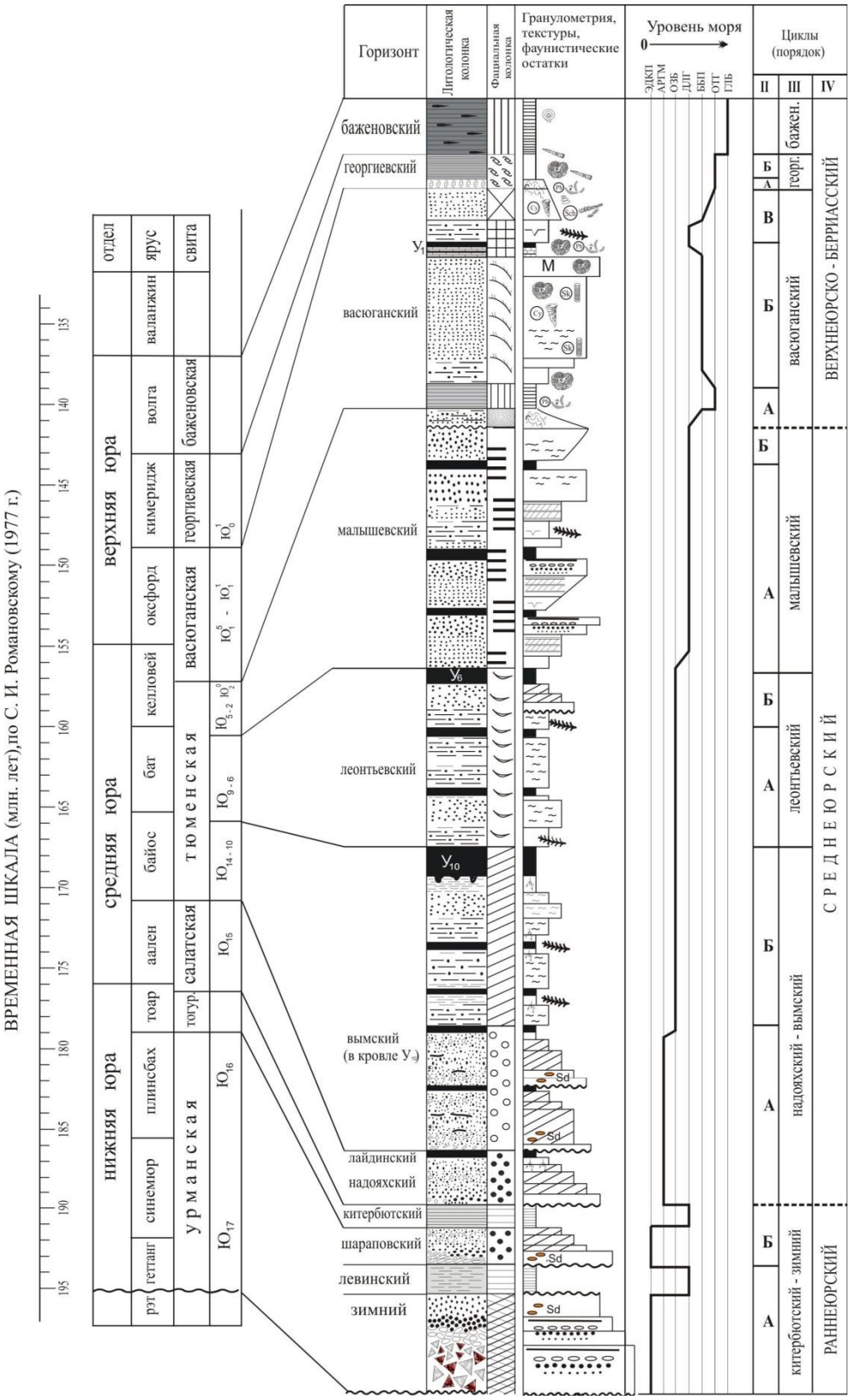
На основании литологических (*парагенетические*) и генетических (*геотектоника + условия осадконакопления*) критериев весь комплекс полифациальных юрских угленосных отложений составляют семь крупных тектоно-седиментационных литоциклов III порядка, а именно:

китербютско-зимний (*урманская и тогурская свиты*);

надояхско-вымский (*салатская свита и нижнетюменская подсвита*);

леонтьевский (*среднетюменская подсвита);*

малышевский (*верхнетюменская подсвита*);



Сводный фациально-циклический разрез юрской угленосной толщи юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область):

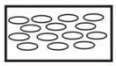
фациальные комплексы: ЭДКП – элювиальные, делювиально-пролювиальные; АРМР – аллювиальные реки горного и меандрирующего типов; ОЗБ – озерно-болотные; ДЛГ – дельтово-лагунные; БП – баровые, барьерные, пляжевые; ОТГ – относительного глубоководья; ГЛБ – глубоководный бассейн

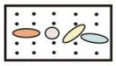
Условные обозначения:

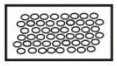
Породы

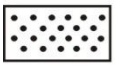
Брекчии красные ожелезненные

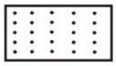
Брекчии каолинитовые

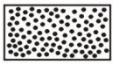

Конгломерат

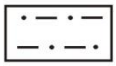

Прослой конгломерата в песчанике

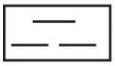

Гравелит


Песчаник крупнозернистый


Песчаник среднезернистый

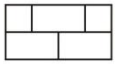

Песчаник мелкозернистый


Алевролит


Глина

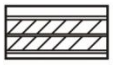
Аргиллит

Уголь

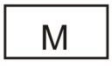

Известняк

Текстуры

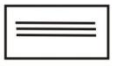
Трещины усыхания

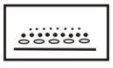

Диагональная
(косая с горизонтальной)

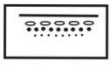
Прерывистая волнистая слоистость



Массивная слоистость


Горизонтальная слоистость


Градационная нормальная слоистость


Градационная обратная слоистость

Включения

Корешки растений

Обломки раковин

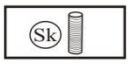
Гальки сидерита

Ихнофации

(Cy) Cylindrichnus

(Ph) Phycosiphon

(Sch) Schaubcylindrichnus

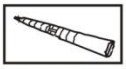


(Sk) Skolithos

Остатки фауны

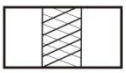
Гастроподы

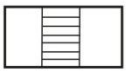
Аммониты

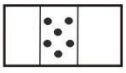

Белемниты

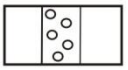
Фораминиферы

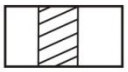
Фациальные комплексы

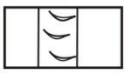

Коллювиально-делювиальные,
пролювиальные


Озерные - бассейновые

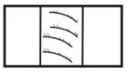

Аллювиальные (горных рек)

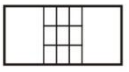

Аллювиальные (меандрирующих рек)

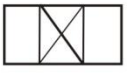

Озерно-болотные


Крупные озерные водоемы

Дельтовые - лагунные


Барово-барьерные-пляжевые


Лагунно-маршевые


Баровые трансгрессивные

Трансгрессивные дельтово-лагунные

Грядовые трансгрессивные

Относительно глубоководные
бассейновые

васюганский (*васюганская свита);*
георгиевский (*георгиевская свита);*
баженовский (*баженовская свита*).

Выделенные литоциклы входят в состав трех крупных тектоно-седиментационных литоциклов IV порядка: нижнесреднеюрского, среднеюрского и верхнеюрского-нижнемелового (*келловей-берриасского*), составляющих, в свою очередь, крупнейший надпорядковый юрско-среднеальбский литологический цикл. Его граница многими исследователями проводится по предверхнеальбскому перерыву, прослеживающемуся на сотни километров в восточной части Западно-Сибирской плиты [4].

В основании раннеюрского литоцикла IV порядка залегают элювиальные бокситоподобные толщи и бокситы, встречающиеся только в трансгрессивных комплексах, что позволяет отнести данный крупнейший цикл к трансгрессивному типу [7].

Китербютско-зимний литоцикл III порядка охватывает базальные горизонты юры (*урманская и тогурская свиты*), установленные в небольшом количестве скважин, пробуренных в наиболее погруженных участках крупнейших депрессионных зон. Отложения рэт-лейаса (h-s-p) представлены повсеместно континентальными образованиями, залегающими несогласно на породах коры выветривания или породах фундамента. В фациальном плане породы нижне-среднеурманской подсвиты характеризуют элювиальный и делювиально-пролювиальный ряды фаций, которые вверх по разрезу сменяются пролювильно-аллювиальными толщами верхнеурманской подсвиты (пласт $Ю_{16}$). Завершают нижний литоцикл озерно-бассейновые ингрессионные толщи тогурской свиты, имеющей раннетоарский возраст. Для ранней юры не характерно формирование крупных пластов углей.

Среднеюрский литоцикл IV порядка включает в себя литоциклы надояхско-вымский, леонтьевский и малышевский.

Надояхско-вымский литоцикл охватывает аален-нижнебайосские пласты, повсеместно представленные преимущественно аллювиальными литоциклами салатской свиты (пласты $Ю_{15}$) с подчиненным положением озерно-болотных фаций нижней подсвиты тюменской свиты (пласты $Ю_{14–10}$). В циклической структуре соподчиненности данный литоцикл представляет регрессивную часть среднеюрского литоцикла IV порядка. Закономерности чередования фаций в разрезе связаны с характером прогибания Нюрольской, Усть-Тымской, Бакчарской, Пайдугинской депрессионных котловин и Колтогорского мегапрогиба.

Процесс обширного угленакопления начался со среднеааленского времени – времени проявления наиболее четкой цикличности в разрезах. В отложениях леонтьевского и малышевского литоциклов выделено 15 элементарных циклов (литоциклы I порядка) двух- и трехчленного строения.

Мощности циклов колеблются в пределах от 5–6 до 37–47 м. Прослеживаются циклы на расстоянии первых десятков километров.

Для начальных стадий среднеюрской эпохи седиментации (верхнетоарский – ааленский века) характерно преобладание грубозернистых аллювиальных и аллювиально-пролювиальных комплексов, в пределах которых речные системы ветвящихся бурных водотоков не формировали условий, благоприятных для накопления угольных пластов.

Вслед за эпохой активизации тектонических движений в лейасе и раннем догере последовала длительная эпоха нисходящих колебательных движений, обусловившая накопление однообразного песчано-глинистого комплекса отложений с чередующимися горизонтами торфонакопления, ставшими впоследствии угольными пластами. Дальнейшее усиление процессов прогибания отдельных областей аккумуляции привело к постепенной смене ландшафтов от речной сети ветвящегося (блуждающего) типа до меандрирующих систем, в ассоциации с озерно-болотными комплексами.

Узлами угленакопления служили наиболее прогнутые синклинальные зоны рельефа. Центр максимального заболачивания и последующего угленакопления был локализован в центральной части Нюрольской впадины (*Нижнетабаганская, Южно-Табаганская, Урманская, Тамратская, Черталинская площади*) и ознаменовался накоплением наиболее мощного угольного пласта $У_{10}$. Торфонакопление и последующее углеобразование обусловили появление преимущественно озерно-болотных фациальных комплексов (угольные пласты $У_{14–10}$) вымского горизонта.

Леонтьевский литоцикл байос-бата характеризуется преобладанием озерных и озерно-болотных фаций при подчиненном положении аллювиальных комплексов. Многочисленные угольные пласты имеют автохтонное происхождение. Характеризуются слоистой текстурой, обусловленной накоплением углей в застойных торфяных водоемах. Интенсивное подтопление и заболачивание территории началось с середины байоса. В периоды некомпенсированного осадконакопления в крупных озерных внутриконтинентальных водоемах шло накопление мощных илистых толщ с большим содержанием органического материала.

Периоды торфонакопления завершились формированием в пределах среднеюрского литоцикла IV порядка 14 пластов углей. Наибольший максимум интенсивного углеобразования приходится на вторую половину ааленского века – начало байоса – время формирования отложений среднетюменской подсвиты, выделяемой в объеме леонтьевского горизонта [6].

Малышевский литоцикл представлен преимущественно озерно-дельтовыми, озерными и дельтово-лагунными комплексами, широко развитыми в пределах юго-восточных районов Западной Сибири.

Верхнеюрский (*келловей-берриасский*) литоцикл IV порядка, включающий *васюганский, георгиевский и баженовский* литоциклы III порядка, характеризуется направленным изменением обстановок седиментации от

условий открытого мелководного морского бассейна до наземно-лагунных и снова морского мелководья в условиях трансгрессирующего побережья до глубоководных фаций.

Васюганский литоцикл представлен субконтинентальными озерно-дельтовыми, лагунно-озерными, морскими трансгрессивными со следами перемывов отложениями тюменской свиты (*пласт* $Ю_2^0$) и прибрежными, мелководно-морскими и морскими относительно глубоководными отложениями горизонта Ю-I васюганской свиты.

Обширное заболачивание территории обусловила келловейская морская трансгрессия, охватившая практически всю территорию Западной Сибири. На основании последних данных (Шурыгин и др., 1995 – 2000; решения VI совещания – 2004) начало бореальной трансгрессии датируется верхами верхнего бата, что соответствует времени накопления трансгрессивного пласта $Ю_2^0$ [6].

Подугольная часть разреза горизонта Ю-I (*пласты* $Ю_1^4$ *и* $Ю_1^3$) по Томской классификации образована регрессивными фациальными комплексами [2].

Нейтральную часть циклов формируют в южной части территории угольные пласты межугольной толщи, русловые и лагунные отложения с прослоями углистых аргиллитов и известняков, сформированных при стабилизации береговой линии бассейна на юго-западе территории (*пласт* $Ю_1^2$).

Надугольная часть (*пласт* $Ю_1^1$) представлена мористыми отложениями, слагающими мелководные аккумулятивные постройки барового генезиса, отражающими трансгрессивный этап развития.

Завершается юрский период седиментации накоплением толщи георгиевских аргиллитов, а затем и битуминозных относительно глубоководных аргиллитов баженовской свиты, выделенных в составе отдельных одноименных литоциклов III порядка.

Выявленная цикличность отражает существенную перестройку ландшафтов, обусловленную смещением областей стабильного морского осадконакопления из западных районов в восточные на фоне меняющихся климатических условий на рубеже ранней – начале средней и в конце средней – начале поздней юры.

Цикличность и стратификация

Проведенный фациально-циклический анализ юрских угленосных отложений позволил выявить литогенетические типы отложений, образующиеся в широком спектре обстановок седиментации. Различные фациальные условия, господствующие в те или иные века юрской эпохи седиментогенеза, предопределили формирование осадочных комплексов – литологических циклов, закономерно изменяющихся в пространстве аккуму-

ляции. Направленность изменения фаций послужила главным критерием выделения циклов разных порядков.

В полных разрезах юры установлены комплексы взаимосвязанных и закономерно изменяющихся фаций, объединенных в крупные литоциклы IV порядка: нижнеюрский, среднеюрский и верхнеюрско–берриасский. Основными фациальными комплексами для выделенных крупнейших литоциклов являются:

- *нижнеюрские литоциклы:* элювиальные, коллювиально-делювиальные, делювиально-пролювиальные, пролювиальные, пролювиально-аллювиальные, начальные аллювиально-озерно-болотные.
- *среднеюрские литоциклы*: аллювиальные, аллювиально-озерно-болотные, озерно-болотные, болотные, озерно-лагунные, озерно-дельтовые, аллювиально-дельтовые;
- *верхнеюрские литоциклы*: лагунно-морские, лагунные, угленосные, прибрежно-морские-лагунные, подвижного мелководья, относительно глубоководные бассейновые.

Библиографический список

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

2. **Белозеров В. Б., Брылина Н. А., Даненберг Е. Е., Ковалева А. П.** Литостратиграфия континентальных отложений нижней и средней юры юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Региональная стратиграфия нефтегазоносных провинций Сибири. Новосибирск: СНИИГГИМС, 1985. С. 111-119.

3. **Ботвинкина Л. Н.** О принципах выделения и типизации циклов осадконакопления в угленосных толщах // Изв. АН СССР, сер. геол. 1952. № 1. С. 63-73.

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

5. **Гуляев С. Н.** Особенности распределения газовых залежей на северо-востоке Западно-Сибирской плиты в связи с цикличностью осадконакопления и периодичностью тектонических движений // Цикличность осадконакопления и закономерности размещения горючих полезных ископаемых. Новосибирск, 1975. С. 157-158.

6. **Решения** VI Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск, 2004. 114 с.

7. **Страхов Н. М.** Типы осадочного процесса и формации осадочных пород // Изв. АН СССР, сер. геол. 1956. № 5-8.

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

УДК 551.31./35 : 552.5 (571)

В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, А. И. Лебедев, А. В. Прядко, Г. В. Такканд, Г. Р. Хуснуллина
ООО «КогалымНИПИнефть»

ФАЦИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ПЛАСТОВ $АВ_{1-2}$ КЕЧИМОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Широтное Приобье, Западная Сибирь)

В результате интерпретации сейсморазведочных данных по Кечимовскому лицензионному участку (л. у.), для интервала пластов $АВ_1^3$ + $АВ_2$ (далее, для упрощения, $АВ_{1-2}$), залегающих ниже отражающего горизонта М, соответствующего границе алымской и ванденской свит, получена характеристика физического поля, весьма похожая на прибереговую обстановку, охватывающую конусы выноса рек (подводную дельту), прибереговые валы (бары) и застойно-тиховодные участки побережья. В основе такой интерпретации лежат три основных признака, отмечаемых визуально (рис. 1): 1) наличие основных подводящих (русловых) каналов субширотного направления; 2) веерообразный или фэновый (англ. fan – конус, веер) характер центральной части л. у.; 3) ровный, слегка извилистый (s-образный) характер восточной границы фэна и извилисто-пятнистое, «фестончатое» обрамление его западной окраины.

Прямой задачей работ явилось установление по имеющемуся керновому материалу достоверности такой характеристики, то есть её непротиворечивость разработанным к настоящему времени модельным геологическим представлениям для дельтовых областей. Для ее решения прежде всего использован литолого-фациальный анализ, основным этапом которого является установление **фации** именно в керне, по комплексу диагностических признаков, среди которых ведущим является текстура (слоистость).

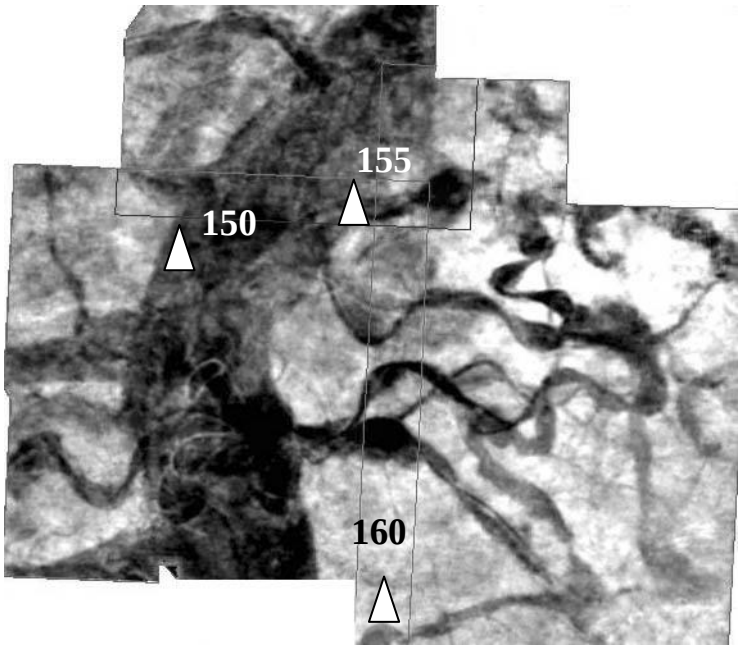


Рис. 1. Стратиграфический срез (ОГ М + 48 мс) кечимовского суперкуба в интервале пластов $АВ_{1-2}$

Фациальное расчленение отложений для юрских внутриконтинентальных терригенных толщ приведено в таблице.

К сожалению, исследуемый интервал оказался представлен керновым материалом только по редким скважинам, причем характеризовался преимущественно неудовлетворительным состоянием. Несмотря на это, удалось получить некоторую информацию по генезису отложений, которую проиллюстрируем на фрагментах колонок двух скважин.

Скважина 155 (рис. 2): интервалы бурения сдвинуты на 4,7 м вверх, с учетом данных ГИС.

До глубины 1898,8 м (сверху вниз) залегает алевролит с динамичной волновой рябью (обр. 1), в основном неразорванного характера. Активное прибереговое мелководье, ваттового характера, выдвинутое в литоральную область, соответствующее онованию алымской свиты.

После небольшого по толщине перехода, в т. ч. фиксируемого локальным перемывом (сгружение галек), наблюдается мощный песчаный слой. Вначале он представлен мелкозернистым песчаником с тонкой косоволнистой, «нагонной» слоистостью, характерной для бара (обр. 2). С примерным контактом на глубине 1902 м (характер кривых DS, GK) переходит в мелко-среднезернистый подводнодельтовый песчаник конусов выноса рек (БДД: обр. 3, 4) [2]. Активность выноса подчеркивается срезанием косо-слоистых серий и окатанными обломками алевритов (см. обр. 3), а веерность разноса видна в плоскопараллельном срезе обр. 4 ($\alpha = 8°$).

Скважина 7093 (рис. 3): привязка интервалов и контакт свит даны по ГИС. Судя по нескольким кускам керна из первой уходки, они принад-

Схема фациального расчленения терригенных внутриконтинентальных отложений бассейнового комплекса [1]

Группа	Под-группа	Макрофация		Ф а ц и я		Обозначения
		название	индекс	название	индекс	
Переходная		Отложений заливно-лагунного побережья	БЗ	Глинисто-алевритовых осадков полуизолированных частей побережья заливов и лагун	БЗП	
				Песчано-алевритовых осадков прибрежных частей заливов	БЗА	
				Алеврито-глинистых и карбонатных осадков центральных частей заливов и лагун	БЗГ	
		Отложений подводной части дельты	БД	Гравийно-песчаных (пуддинговых) осадков оснований конусов выноса рек	БДП	
				Гравийно-песчаных осадков центральных частей конусов выноса рек	БДЦ	
				Песчаных осадков конусов выноса рек	БДД	
				Алеврито-песчаных осадков передовой части дельты	БДА	
Бассейновая*	Мелководно-бассейновая	Отложений полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья	БП	Глинисто-алевритовых осадков приморских озер	БПО	
				Алеврито-глинистых и карбонатных осадков малоподвижного мелководья	БПП	
				Глинисто-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (ватты)	БПВ	
				Алеврито-песчаных осадков малых аккумулятивных форм (косы, пересыпи)	БПК	
				Песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья	БПА	
		Отложений открытого подвижного бассейнового мелководья	БМ	Переслаивание глинисто-алеврито-песчаных осадков подвижного прибережного мелководья (малые аккумулятивные формы)	БММ	
				Песчаных осадков сильноподвижного мелководья (аккумулятивные формы: бары, косы, пересыпи)	БМБ	
				Алеврито-песчаных осадков подвижного мелководья	БМП	
		Отложений наиболее удаленной от побережья части бассейна	БУ	Песчано-алевритовых осадков открытой части бассейна	БУТ	
				Алеврито-глинистых осадков открытой части бассейна	БУГ	
				Глинисто-карбонатных осадков открытой части бассейна	БУК	

* Под бассейном понимается обширный пресноводный внутриконтинентальный водоем с выровненным дном и глубинами до первых десятков метров

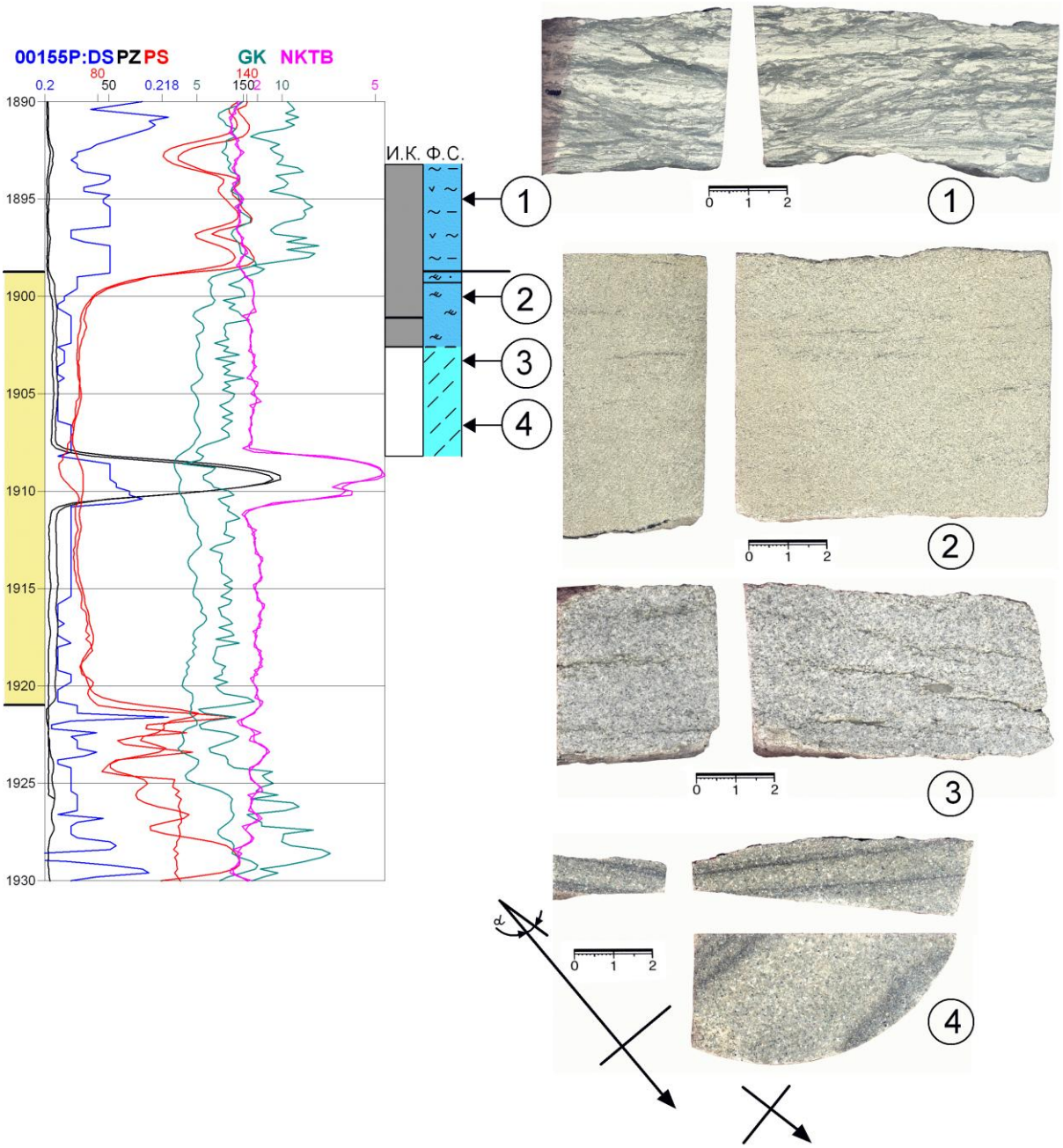


Рис. 2. Фрагмент колонки по скв.155 для пакета пластов $АВ_{1-2}$ (показан крапом на колонке глубин):

И. К. – интервалы с отбором керна (с учетом поправки по ГИС);

Ф. С. – фациальный состав (см. табл. 1), с глубинами слоев, откорректированными по выходу керна (зачернено в колонке И. К.);

цифры в кружках – номера образцов.

Обозначения фаций (см. таблицу): 1 – БМП; 2 – БПВ; 3 – БПА; 4 – БМБ; 5 – БДД

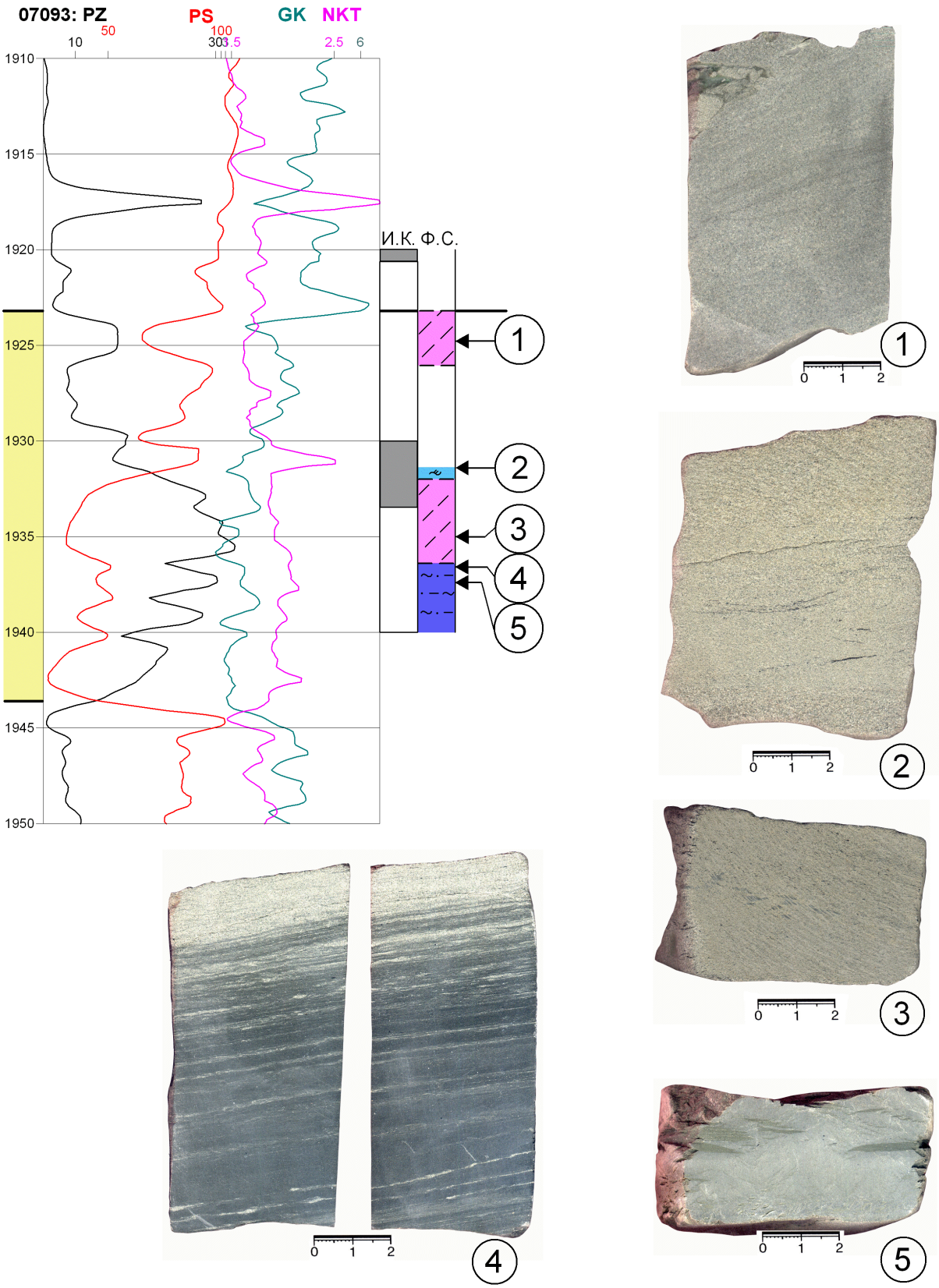


Рис. 3. Фрагмент колонки по скв.7093 (обозначения см. на рис. 2)

лежат дельтовому комплексу (обр. 1). Возможно, это надводная его часть, с оплывинами (верх образца), нарушающими тонкую косую слоистость.

Во втором интервале прослеживаются два комплекса. Верхний (до глубины 1936,4 м) отвечает тесному контакту песчаных прибереговых валов или баров (обр. 2) с подводнодельтовыми конусами выноса (обр. 3). Именно такое латеральное соотношение, фиксируемое (сверху вниз) сменой слабоотчетливой косой слоистости (БДД) на мелкую прерывистую косо-волнистую (БМБ), наблюдается в обр. 2.

Верхний комплекс аккумулятивно (обр. 4) залегает на нижнем (контакт на указанной выше глубине 1936,4 м). Последний представлен алевролитами прибережного мелководья, с интенсивной послойной карбонатизацией, вплоть до текстуры cone-in-cone (обр. 5). Так же, как и для первой уходки (см. обр. 1), карбонатизация накладывалась на первично проницаемые, «вентилируемые» прибереговые отложения, скорее всего даже надводно-аэрируемые (хотя бы эпизодически).

В условиях небольшого, а в ряде случаев и малодостоверного кернового материала, дистанционные методы, и прежде всего – ГИС, являются едва ли не единственным источником непрерывной информации для интерпретации состава отложений. Что касается установления их генезиса, то ГИС-характеристика обстановок осадконакопления за рубежом, с применением как электрических, так и радиоактивных методов, используется более 50 лет и показана в ряде работ, переведенных на русский язык [4, 9, 12]. В отечественной нефтегазовой литологии безусловным авторитетом пользуется работа В. С. Муромцева, в которой предложены типовые электрометрические модели фаций (ЭМФ) [10].

Отметим, что во всех отечественных работах интерпретация генезиса производится *только* по характеру кривой ПС (иногда привлекается еще и гамма-каротаж (ГК)). Лишь в последних работах А. В. Ежовой для иллюстрации выделяемых фаций привлечены и изображения керна [8], что можно всячески приветствовать. В своем предельном понимании трактовка методологии В. С. Муромцева (назовем ее так) выглядит следующим образом.

«Для терригенных отложений прибрежно-морской и аллювиальной седиментации «имидж» фации на кривой ПС является единообразным для всех терригенных бассейнов седиментации на всех иерархических уровнях геотектонического районирования – нефтегазоносная провинция (НГП), нефтегазоносная область (НГО), нефтегазоносный район (НГР) – и не зависит ни от латерального фактора (географическая принадлежность), ни от вертикального (стратиграфическая приуроченность и глубина залегания)» [3].

На рис. 4 мы вынесли электрометрическую характеристику интересующего нас горизонта, соответствующего коллектору $АВ_1^3 + АВ_2$. Помимо пяти скважин, по которым имелся керн (см. рис. 2, 3), привлечены

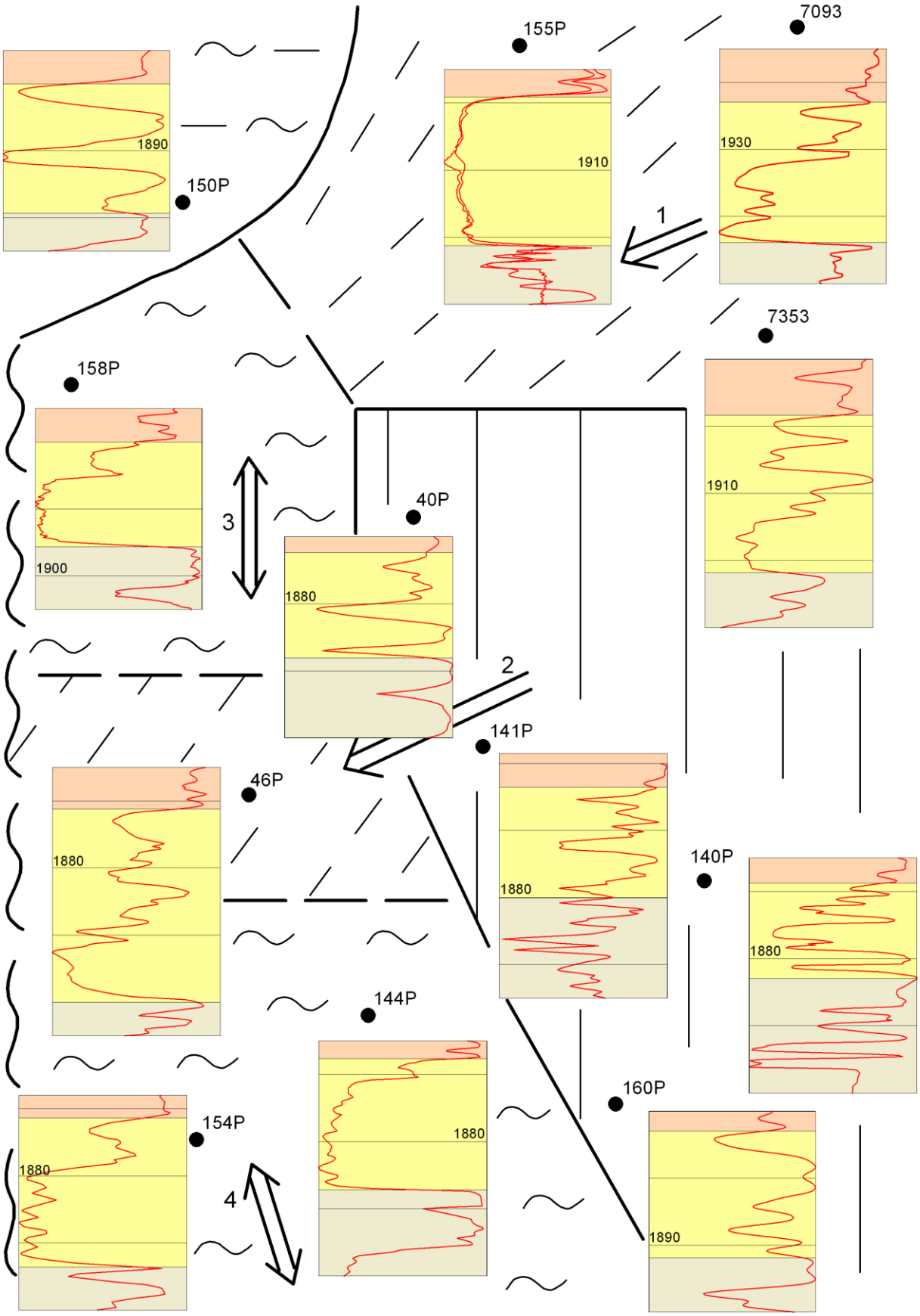


Рис. 4. Электрометрические модели фаций горизонта AB_{1-2}: пояснения в тексте. Обозначения соответствуют макрофациям, показанным в таблице; стрелками обозначены основные направления перемещения материала

данные ещё по семи поисковым и разведочным скважинам, в сумме дающим достаточно равномерное распределение по всей площади л.у.

Оценка кривой ПС позволяет выделить несколько ЭМФ, по большей части проверяемых результатами описания керна.

1. Существенным сходством характеризуются нижние части разреза в скв. 7093, 7353 и 46. В двух первых они уверенно соотносятся с ЭМФ верхней подводной равнины. Это хорошо подтверждается и образцами 2-4 из скв. 7093 (см. рис. 3). В скв. 46 наблюдается наклонная подошвенная линия, а также увеличение размерности материала вверх по разрезу, особо характерная для проградирующей дельты. Кстати, здесь же зафиксирована и максимальная толщина рассматриваемого интервала.

2. Близки по конфигурации кривые ПС и для верхних частей разрезов в тех же скважинах. В то же время в скв. 7353 они соотносятся с ЭМФ пляжей, а в скв. 7093 и 46 более сходны с ЭМФ мелководной части морского шельфа. Такая характеристика подкреплена описанием керна. Действительно, в скв. 7093 соответствующий интервал отчетливо ассоциируется с мелководной баровой пересыпью (см. обр. 1) в надводной части дельты.

3. Совершенно сходная конфигурация кривых ПС наблюдается по скв. 158, 154 и 144, вплоть до переходного прослоя с меньшим $\alpha_{ПС}$ в верхней части. Однако если в скв. 158 ЭМФ соответствует вдольбереговому бару, то в двух других – промоинам разрывных течений. Это определяется по остроугольному «останцу», наблюдаемому ниже ровной подошвенной линии. Последним фиксируется перемыв ранее накопившихся осадков, характерный для данного типа ЭМФ (устное сообщение О. С. Черновой).

4. Весьма близки конфигурации кривой ПС по скв. 40, 141, 140 и 160. При этом в скв. 140 и 141 меньшее значение $\alpha_{ПС}$ и большая зазубренность кривых идентифицируют ЭМФ приморских болот или маршей. В скв. 140 и 160 эти отложения ближе к ЭМФ пляжей, как и по скв. 7353.

5. Кривая ПС по скв. 155 наиболее полно соответствует ЭМФ подводного склона дельтового комплекса, что подтверждается и описанием керна (см. рис. 2). Отметим, что достаточно близка и модель устьевого бара, но для последней более присущи пологие подошвенная и кровельная линии. Однако высокая $\alpha_{ПС}$, «промытость» отложений и зазубренный боковой характер кривой дают основания для непротиворечивости описанного выше тесного контакта «наших» фаций БДД и БМБ (см. выше описание колонки скв. 155).

6. Максимальными значениями $\alpha_{ПС}$ характеризуется ЭМФ в скв. 150. Этим она может быть отнесена скорее к вдольбереговым, но очень локальным барам.

Последними выводами мы собственно начали верифицировать фациальную характеристику, данную на основании комплекса диагностических признаков породы (см. выше). Таким образом налицо положительная про-

верка результатов в рамках ФЦА и дедуктивных умозаключений, относящихся к ЭМФ.

На рис. 4 сделана попытка отобразить перечисленное посредством объединения указанных выше групп скважин. Дельтовый вынос в северной части л.у. (стрелка 1) объединяет скв.7093, 7853, а также 155. Подобный же вынос в центральной части л. у. (скв. 46: стрелка 2) имеет самостоятельный канал, поскольку отделен от северного скв. 158 – 40. Почти вся восточная часть л. у. занята прибереговой равниной (скв. 40, 141, 140, 160). На юге и севере имеют место вдольбереговые баровые обстановки (скв. 154, 144, 158), которые на самом севере выклиниваются или замещаются (скв. 150).

Конечно, отрисованная по 12 точкам палеогеографическая схема имеет приблизительный характер. Главное в ней – непротиворечивость сейсмофациальной модели, в этом случае показанная посредством электрометрических фациальных моделей.

Следующим этапом оценки генезиса рассматриваемого горизонта явилось составление его модели в образцах (рис. 5). Важно, что при ее составлении соблюдена полная *непредвзятость*, заключающаяся в двух *объективных* посылах: на модели помещены *все* образцы, взятые по изученным скважинам, и не показаны лишь некоторые «дублирующие» изображения по скв. 160; все образцы размещены согласно своему *истинному* положению в объеме характеризуемого геологического тела. Принцип такой «выкладки» легко проследить для образцов, взятых в скв. 155 и 7093 и показанных на рис. 2, 3. Такое расположение образцов, в строгом соответствии с их отбором сверху вниз, соблюдено и для других скважин (исключение сделано только для обр. 160-8, в связи с его специфическим карбонатным составом). Таким подходом мы преследовали цель по возможности более полной *объективизации* выполняемых построений.

Суммируя приведенные сведения, отметим, что они, с модельных позиций, полностью согласуются с ассоциацией фаций *дельтовой равнины* волновых дельт, включающей обстановки подводно-дельтовых конусов выноса, волновых побережий, внутридельтовых заливов и озер. Из моделей дельт, приведенных в известных работах [6, 11, 14 и мн. др.], исследуемая обстановка занимает промежуточное место между флювиальным и волновым типами, наиболее приближаясь к последнему. Из современных аналогов она близка к голоценовой дельте р. Коппер залива Аляски (Reimnitz, 1966: из [6]). Перечисленное отражено на рис. 6 и 7.

Как видно из этих данных, обстановка более близка к центральной части треугольника, изображенного на рис. 6, смещаясь от центра по часовой стрелке на «7 часов 30 минут», т. е. к левой нижней вершине. Рассуждая образно: это уже не Дунай и не Миссисипи, но еще не Сан-Франсиску. Скорее всего, из многих опубликованных схем это близко к Копперу (рис. 7; см. основание треугольника на рис. 6).

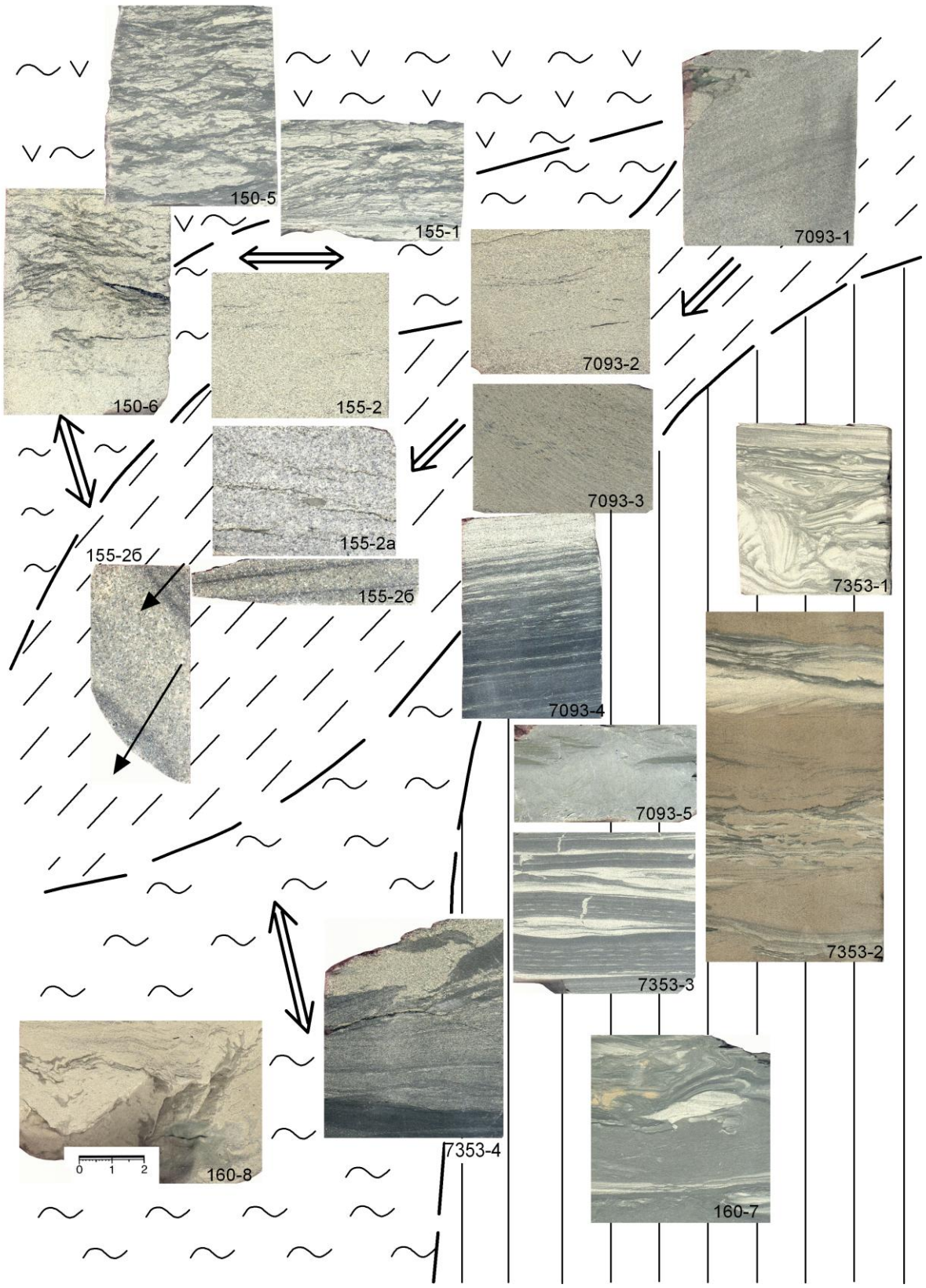


Рис. 5. Принципиальная модель осадконакопления «в образцах»:

макрофации: *1* – открытого подвижного мелководья, *2* – подводной части дельты, *3* – малоподвижного полуизолированного мелководья; *4* – прибрежной заливово-озерной равнины; *5* – направления потоков конусов выноса; *6* – векторы волновой переработки материала

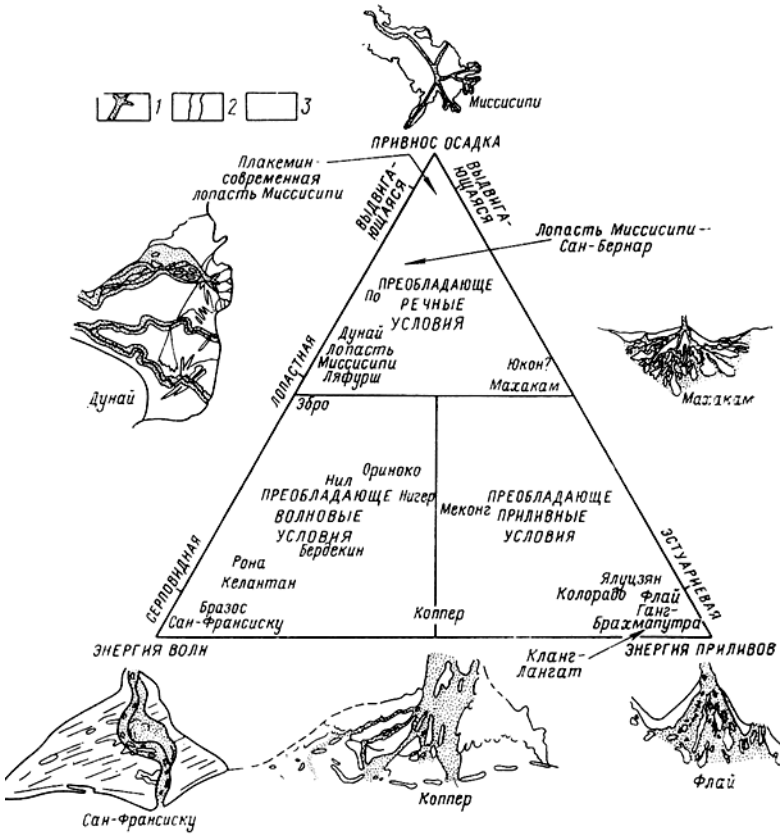


Рис. 6. Диаграмма, иллюстрирующая деление дельт на три типа: преобладающе речные, преобладающе волновые и преобладающе приливные.

Привнос осадка, энергия волн и течений определяют морфологию и стратиграфию дельты: *1* – речные фации (главным образом песок); *2* – песчаные фации края дельты; *3* – марши-болота и заиленные берега

У. Е. Галловей, 1975; из сборника [6], с. 24

В дополнение к изложенному приведем описание именно «волновых дельт» из работы [5, с. 121]: по [14]: «Ассоциации фаций *дельтовой равнины* волновых дельт включают песчаники русел, песчаные фации волновых побережий, внутридельтовых заливов и озер.

Фронт дельты представлен песчаными разрезами с увеличением зернистости вверх, текстурами штормов/волнения и биотурбацией.

Устьевой бар плохо развит, и песчаный материал с него перераспределяется вдоль пляжа. Позади береговой линии встречаются отмершие береговые валы, а в пределах дельтовой равнины часто располагаются эоловые дюны и удлиненные внутридельтовые заливы, аналогичные предыдущему типу дельт.

Значительная волновая переработка после отмирания дельты приводит к развитию сокращенных разрезов фронта дельты с локальными песчаниками дельтовых рукавов.

Коллекторские свойства отложений волновых дельт очень хорошие, за счет превосходной сортировки и большой (десятки км) протяженности пляжевых песков. Ухудшение свойств связано с цементацией».

Конечный выбор модели рассматриваемого объекта относится уже по большей части к делу «вкуса». Основное, что мы хотим подчеркнуть, – это лучшее ее соответствие *волновой* модели дельты, в сочетании с признаками *флювиальной*. Естественно, что прямой аналогии с современными отложениями здесь быть не может, по причине неповторимости каждого из

геологических объектов. Однако ближе всего будут именно многорукавные дельты типа Дуная и Волги, впадающие в крупные (полу)изолированные опресненные водоемы вида озеро-море. Вдольбереговые течения перерабатывают и перемещают выносимый материал. Такое представление соответствует характеристике дельты р. Коппер, приведенной на рис. 7.

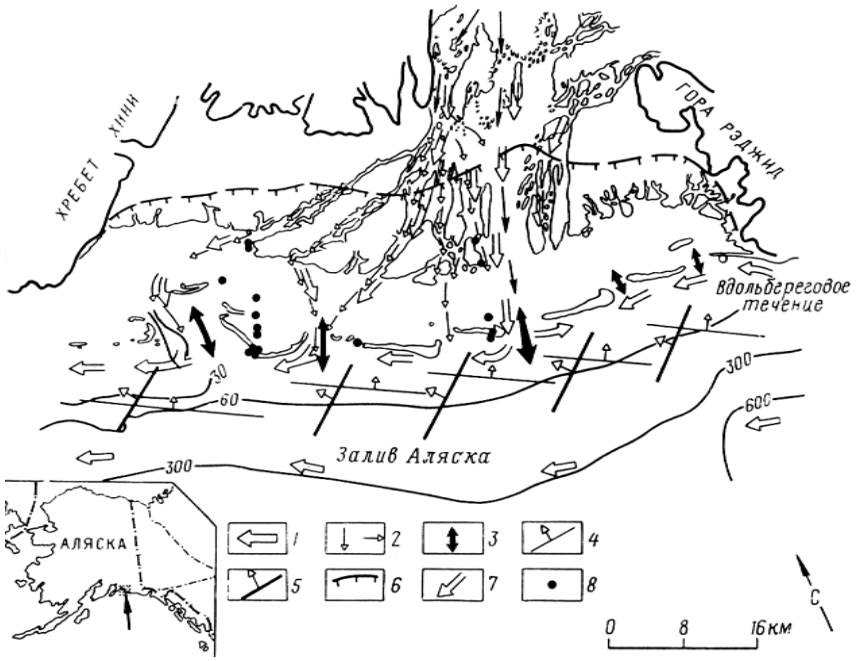


Рис. 7. Схема, иллюстрирующая процессы, влияющие на развитие голоценовой дельты р. Коппер, и пути транспортировки донных наносов. Составлено Е. Реймнитцем (Reimnitz, 1966); из работы [6, с. 22].

Взвешенные наносы (очень тонкозернистый песок и глина) выносятся течениями в район шельфа и далее на запад. Дельтовая равнина включает лагунные песчаные отмели и марши, находящиеся под воздействием приливов, и выступающие береговые барьерные бары: *1* – морские течения; *2* – направление потоков в рукавах дельты; *3* – приливные течения; *4* – основное направление волн; *5* – направление штормовых волн; *6* – граница воздействия приливов; *7* – распределение донных наносов (песок); *8* – места отбора керна

«Взаимодействие флювиальных и морских процессов привело к образованию дельты. Она имеет обширную песчаную фронтальную зону пляжа, подпруженную песчаными отмелями, связанными с приливами. Перемещение донных наносов к западу береговым течением, образованным штормовыми волнами, подтверждается морфологией береговых барьерных баров. Этим и постоянным морским течением масса дельты была смещена примерно на 40 км к западу» [6, с. 23].

Схемы, приведенные на рис. 4 и 5, вполне укладываются в такие представления о *смещении* подводящих каналов, пусть не настолько большие расстояния. Известные данные о блоковом строении многих террито-

рий, с преобладающими линейными размерами моноблоков в пределах 3÷5 – 8÷10 км, также укладываются в абрисно намеченный палеоландшафт.

В сравнительных целях отметим, что выполненные построения совпадают с расшифровкой генетической природы отложений пласта $АВ_1^3$ Самотлорского месторождения [7]. В указанной работе установлены области шнурковых песчаных тел (устьевых баров); тонкого чередования песчаников и глин; зон глинизации, разделяющих баровые тела; устье русловых каналов отступающей дельты. Напротив, в статье [13] отмечено, что отложения пласта $АВ_2$ именно Кечимовского месторождения в общем плане образовались «…в аллювиальной обстановке, главными составляющими которой являются русловые и пойменные образования, а также находящиеся между ними зоны осадков прирусловых валов и проток, представляющих собой пути для прохождения паводковых вод». Поскольку последнее суждение базируется исключительно на интерпретации кривых ГИС, а отложения пласта $АВ_1^3$ все же связаны с вдольбереговыми (трансгрессивными) барами и прибрежными валами [13], мы останавливаемся на **дельтовой** модели седиментации. Принципиальная *идентичность* построенных моделей (см. рис. 4, 5) сейсмофациальной картине анализируемого горизонта (см. рис. 1) в каких-то дополнительных комментариях, на наш взгляд, не нуждается. Тем самым мы можем полагать, что выполнили поставленную задачу, положительно ответив на вопрос о непротиворечивости конкретных фактических данных концептуальным геологическим представлениям.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 209 с.

2. **Алексеев В. П.** Подводно-дельтовые песчаники юрских отложений Северной Евразии (распространение, значимость и критерии установления) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры (Двенадцатая научно-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2009. Т.1. С. 144-156.

3. **Ахияров А. В.** Электрометрические образы фаций // Геофизика. 2005. № 6. С. 30-34.

4. **Буш Д. А.** Стратиграфические ловушки в песчаниках: пер. с англ. М.: Мир, 1977. 215 с.

5. **Геология** для нефтяников. М.; Ижевск: ИКИ, 2008. 360 с.

6. **Дельты** - модели для изучения: пер. с англ. М.: Недра, 1979. 232 с.

7. **Денисов С. Б., Бирун Е. М., Рудая В. С., Ставинский П. В.** Повышение разрешающей способности и достоверности геологических моделей при комплексировании данных сейсморазведки и ГИС // Геофизика. 2005. № 3. С. 13-18.

8. **Ежова А. В.** Литология: учебник. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 336 с.
9. **Конибир Ч. Э. Б.** Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел: пер. с англ. М.: Недра, 1979. 256 с.
10. **Муромцев В. С.** Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. Л.: Недра, 1984. 260 с.
11. **Обстановки** осадконакопления и фации: пер. с англ. / под ред. Х. Г. Рединга, М.: Мир, 1990. Т. 1. 352 с.
12. **Селли Р. Ч.** Древние обстановки осадконакопления: пер. с англ. М.: Недра, 1989. 294 с.
13. **Щергина Е. А.** Создание литолого-фациальных моделей сложнопостроенных залежей нефти // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 3. С. 24-29.
14. **Einsele G.** Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment budget. Springer, 2000. 792 p.

УДК 552.5 (571.1)

А. И. Сухарев
ООО «КогалымНИПИнефть»

МЕТАСОМАТИТЫ ПО ОТЛОЖЕНИЯМ МЕЛОВОГО КОМПЛЕКСА ВЕРХНЕИНДИКЪЯХСКОЙ ВПАДИНЫ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

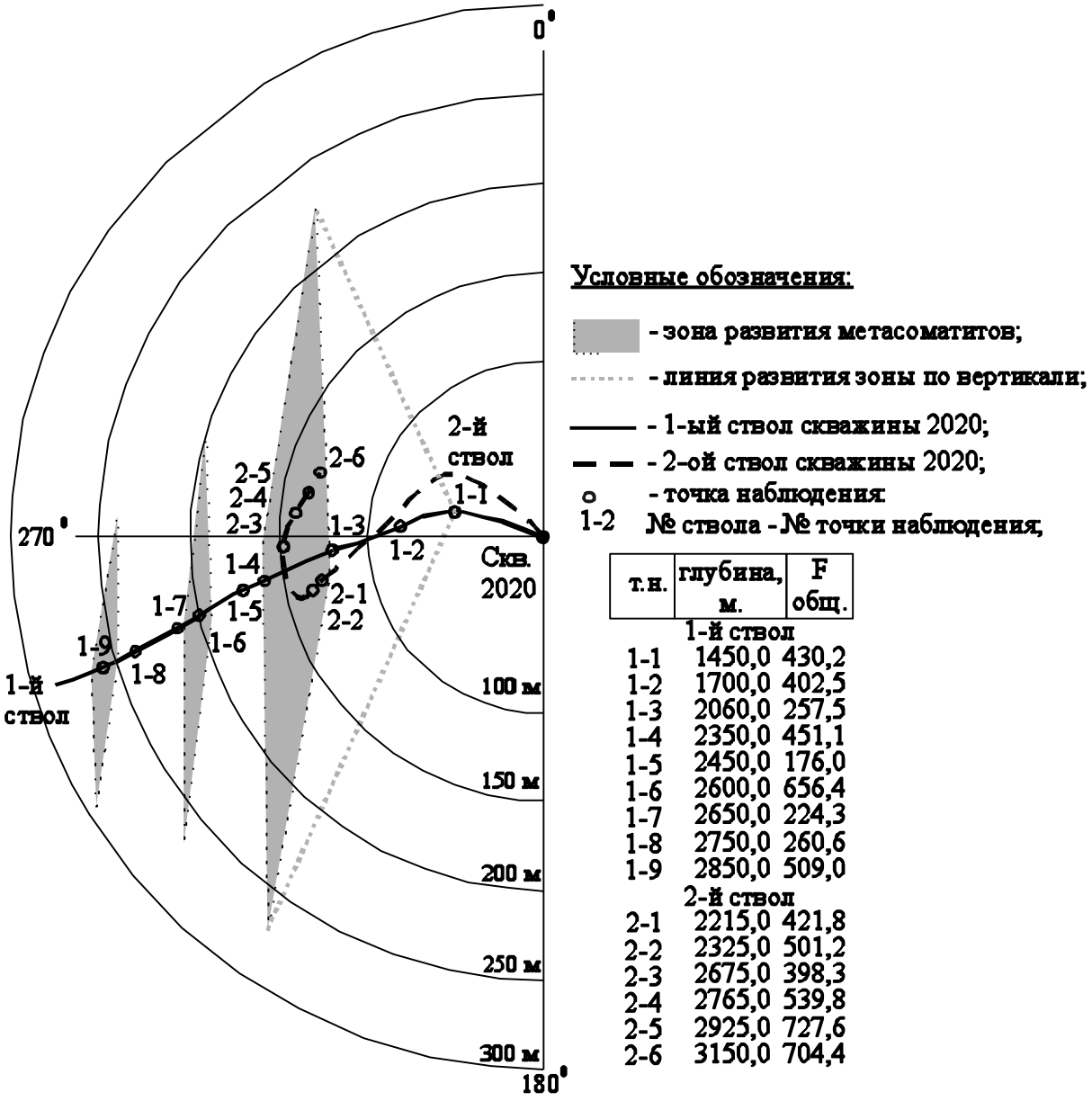
В продолжение темы о природе инверсионных кольцевых структур (ИКС) [4] были проведены систематизация и анализ материалов по результатам геолого-геофизических исследований в границах Верхнеиндикъяхской впадины Большехетской синеклизы. На анализе морфологии кровли доюрского комплекса Западной Сибири [2] видно, что Большехетская синеклиза имеет сложную структуру типа «горст-грабен» с возможностью выделения системно ориентированных в пространстве элементов данной структуры и их ранжирования. При сопоставлении данной структуры со структурой отражающего горизонта (ОГ) $Б_3^{40}$, отображающего кровлю средней юры, была установлена преемственность основных тектонических элементов доюрского и юрского комплексов в границах рассматриваемой территории. На основе результатов литогеохимических и термобарогеохимических исследований проб керна и шлама из скважин, пробуренных на Пякяхинской площади, есть основание утверждать, что образование структур типа ИКС, в частности Пякяхинской, связано с этапами тектоно-

гидротермальной активизации и представляет собой зоны метасоматической проработки, контролируемые дизъюнктивными деформациями, признаки которых выделяются в структуре кровли доюрского и юрского комплексов.

Структуры типа ИКС широко развиты на севере Западно-Сибирской плиты, в частности в границах Большехетской синеклизы [1], и выделяются на временных разрезах в виде локальных зон резкого падения волновых скоростей. При изучении данных структур в разрезе устанавливается четкая закономерность в их строении. Инверсия структуры от положительной к отрицательной происходит в пределах одного-двух ярусов. В частности, для Пякяхинской ИКС инверсия выделяется в отложениях берриасского и валанжинского ярусов нижнего мела. Далее, условно, с уровня отложений батского яруса средней юры (ОГ «Т») изометричная в плане структура с глубиной переходит в узко линейную субвертикальную зону полной потери корреляции стратифицированных отложений. Наиболее четко это выделяется на структуре Мессояхского Вала по профилю МОГТ 3883108. Есть основание считать, что заложение подобных структур связано с завершением рифтогенеза в раннем триасе и развитием плитного этапа на севере Западно-Сибирской плиты, на протяжении которого «фиксируются эпизоды стремительных «обрушений» дна» осадочного бассейна [6]. Одним из результатов развития данных процессов и явилось образование Верхнеиндикъяхской впадины. По расчетам Э. А. Конторовича, амплитуда перепада высот в системе «горст – грабен» могла составить от 500 до 1000 м. Эти расчеты подтверждаются фактами резкого локального приращения степени катагенетической преобразованности $C_{орг}$ на фоне его линейного развития, в частности по разрезу, вскрытому скважиной 2099 на Хальмерпаютинской площади. Признаки дизъюнктивных деформаций также были выделены в процессе исследования керна, наиболее четко это видно в скважине 2051 Северо-Хальмерпаютинской площади. Тектоногенез, продолжавшийся как минимум до позднемеловой эпохи, сопровождался развитием процессов наложенного эпигенеза, выраженного в виде метасоматической аргиллизации отложений неокома на Пякяхинской площади, о чем говорилось ранее [5]. Один из этапов тектоно-гидротермальной активизации зафиксирован методом Rb-Sr изохронного датирования метасоматических аргиллитов, полученных в процессе исследования керна Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6. Возраст метасоматической аргиллизации низкотолеитовых базальтов составил 90-91 млн лет [3].

Уникальный случай, связанный с бурением 2-го ствола скважины 2020 на Пякяхинской площади, позволил с использованием данных инклинометрии привязать в пространстве зоны наложенного эпигенеза. За основной критерий степени вторичной проработки горнопородного массива взято значение F-показателя, полученного методом вакуумной декриптации проб шлама. На совмещенные эпюры обоих стволов были вынесены

точки с максимальными и минимальными его значениями. Исходя из того, что зоны активного флюидопереноса контролируются линейно ориентированными дизъюнктивными деформациями, по характеру расположения точек наблюдения можно говорить об их меридиональном простирании, вероятно с западным падением (рис. 1). Это согласуется с морфологией Ямбургской ИКС, где на схеме изохрон по кровле верхней юры [1] выделяется серия линейных меридионально ориентированных элементов структуры. На рис. 2 представлен схематический разрез зоны метасоматоза по горнопородному массиву, вскрытому скважиной 2020 на Пякяхинской площади. Выделяется вертикальная зональность эпигенетических изменений



т.н.	глубина, м.	F общ.
1-й ствол		
1-1	1450,0	430,2
1-2	1700,0	402,5
1-3	2060,0	257,5
1-4	2350,0	451,1
1-5	2450,0	176,0
1-6	2600,0	656,4
1-7	2650,0	224,3
1-8	2750,0	260,6
1-9	2850,0	509,0
2-й ствол		
2-1	2215,0	421,8
2-2	2325,0	501,2
2-3	2675,0	398,3
2-4	2765,0	539,8
2-5	2925,0	727,6
2-6	3150,0	704,4

Рис. 1. Схема распространения зон метасоматоза в горнопородном массиве, вскрытом скважиной 2020 на Пякяхинской площади

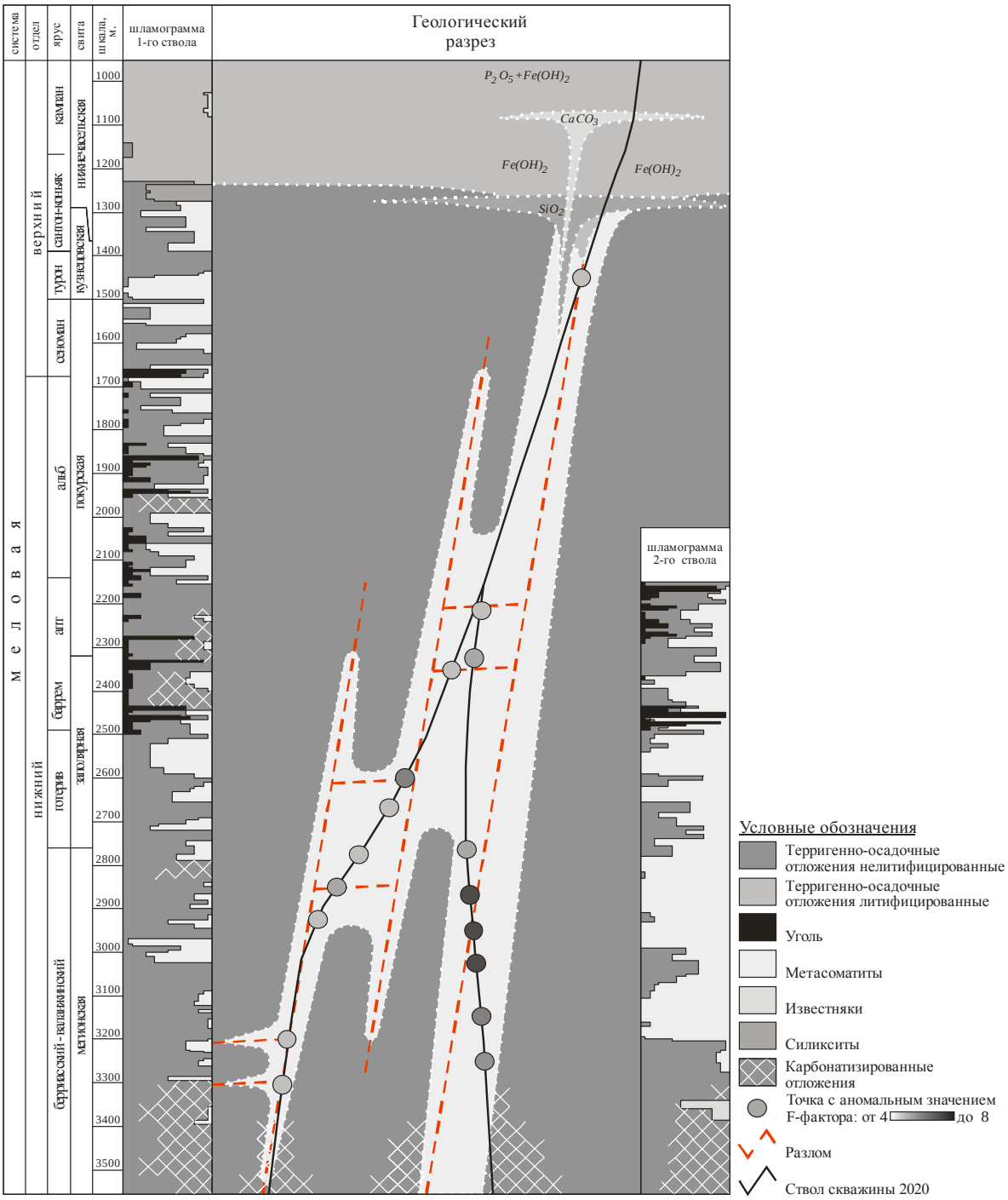


Рис. 2. Схематический разрез зоны метасоматоза, вскрытой скважиной 2020 на Пякяхинской площади

терригенно-осадочных пород, соответствующая классической схеме распределения фаций гидротермального литогенеза осадочных пород. Обогащение нелитифицированных отложений верхнего мела гидроокислами железа и фосфором, а также наличие в данных отложениях прослоев кремнистых и карбонатных пород дают основание предположить, что гидротер-

мальная активность имела место и в кампанское время (см. рис. 2). Особый интерес представляет фосфор, имеющий подвижность в субщелочной среде. Следует отметить, что и базальтоидный вулканизм рифтогенного этапа имел субщелочную специализацию [3]. Этот факт позволяет говорить о выходе гидротермальных растворов, явно связанных с остаточным глубинным магматическим очагом пострифтогенного этапа и участвующих в процессе метасоматоза, на поверхность Пякяхинского палеобассейна. Базальтоидный вулканизм раннетриасового рифтогенного этапа в границах Большехетской синеклизы обнаруживает сходство с Норильским [3], что подтверждается Cu-Ni специализацией метасоматитов. И это также позволяет говорить о существовании в меловое время остаточного глубинного магматического очага, периодически активизирующегося, в частности, в турон-кампанское время. Данный этап активизации рассматривается как позднеальпийский.

С учетом полученных результатов данный этап развития территории можно рассматривать как тектоно-гидротермальный. В процессе его развития происходят глубокие преобразования терригенно-осадочных отложений, отражающиеся как на химическом, так и на минеральном уровне. Статистическая обработка результатов геохимического анализа проб керна берриас-валанжинских отложений позволила выделить ряд элементов (калий, стронций, фтор, сера), образующих контрастные аномалии, позиция которых совпадает со структурой дизъюнктивных деформаций на тектонической схеме Пякяхинской площади. На минеральном уровне наиболее широко отмечается низкотемпературная метасоматическая аргиллизация. Контролируемые дизъюнктивными деформациями аргиллизиты приводят к образованию субвертикальных зон вторичных флюидоупоров, нарушая логические ряды фациальных переходов стратифицированных горизонтов. На флангах зон активного метасоматоза литифицированные псаммитовые терригенно-осадочные отложения превращаются в алевро-псаммитовые «пески», минеральный состав которых (вторичный кварц, кальцит, цеолиты) указывает на их вторичную природу. Данные образования характерны для глубин 1500 – 2000 м. На нижних горизонтах 2500 – 3500 м отмечается окварцевание и альбитизации. В растровом электронном микроскопе выделяются кристаллические агрегаты кварца и минералов, химический состав которых и форма кристаллов позволяют отнести их к вторичным щелочным полевым шпатам. Данные минералы образуют микродрузовые агрегаты на стенках пор, часто имеющих четко выраженный линейный характер, образование которых связывается с развитием зон микротрещиноватости при дизъюнктивных деформациях. По минеральным агрегатам развиваются псевдоморфозы кремнезема с полным сохранением их кристаллографических форм, в том числе чешуйчатых. Отмечаются переходные агрегаты с содержанием кремнезема от 70 до 100 %, а также глобулярные выделения халцедона. Отложения, вскрытые скважиной 2051 на Севе-

ро-Хальмерпаютинской площади, претерпели начальную стадию пропилитизации с образованием вторичного эпидота и минералов из его группы в ассоциации с пренитом и пумпеллиитом.

Приведенные факты позволяют утверждать, что структуры типа ИКС представляют собой зоны активной метасоматической проработки с выходом гидротермальной системы по создаваемым дизъюнктивными деформациями каналам на поверхность палеобассейна. Установленная связь между различными фактами, отображающими состояние системы «порода – флюид», позволяет говорить о том, что меловой комплекс Верхнеиндикъяхской впадины в постседиментационный период претерпел гидротермальный литогенез, представляющий собой совокупность различных процессов, развивающихся в ходе естественного развития историко-геологической эволюции осадочного бассейна региона. Практическое значение данных исследований заключается в более обоснованном геологическом прогнозе, основной задачей которого является выделение перспективных структур с оптимальными для формирования залежей углеводородов петрофизическими параметрами. Это делает актуальной проблему отличия вторичных от седиментогенных природных компонентов.

Библиографический список

1. **Гиршгорн Л. Ш.** Дисгармоничные поднятия в осадочном чехле севера Западной Сибирской плиты //Сов.геология. 1987. №4. С. 63-71.

2. **Конторович А. Э., Клец А. Г.** Схематическая геологическая карта доюрского комплекса Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Новосибирск: СО РАН, 2004.

3. **Кремнев А. А. Алексеева А. К.** Глубинное строение и перспективы нефтегазоносности севера Западно-Сибирской платформы по данным Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6. Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. *e-mail – krem@imgre.iitr.ru.*

4. **Сухарев А. И.** Метасоматиты верхней части осадочного чехла Большехетской мегасинеклизы //Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. Вып. II (18). С. 226-230.

5. **Сухарев А. И.** Тектоно-гидротермальные системы Северо-Хальмерпаютинской площади //Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. Вып. III (19). С. 128-133.

6. **Япаскурт О. В., Сухов А. В.** Литогенез как отражение геодинамических стадий формирования раннемезозойского осадочного бассейна Северо-Восточного Зауралья (Колтогорско-Уренгойская депрессия)// Осадочные бассейны: закономерности строения и эволюции, минерагения: мат-лы 4-го регион. Урал. сов. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 178-184.

УДК 551.31/.35 : 552.5 (571)

В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, Е. О. Беляков, Г. В. Такканд
ООО «КогалымНИПИнефть»

ФАЦИАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ (ФЕС) КОЛЛЕКТОРОВ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ ЛОВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Шаимский район, Западная Сибирь)

Информация о фильтрационных и емкостных свойствах пород-коллекторов используется при решении многоплановых целей разведочных и эксплуатационных работ. Она базируется на интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС) и лабораторных исследованиях образцов, отобранных из керна. Для Западно-Сибирского осадочного мегабассейна изменчивость петрофизических характеристик отложений нижнеплитного этажа ($T_3 – J_2$, без келловея) существенно выше, чем у более молодых, относящихся к собственно плитному комплексу. В полной мере это относится к тюменской свите Шаимского нефтегазоносного района, в северо-восточной части которого расположено Ловинское месторождение, открытое в 1973 г. и введенное в эксплуатацию в 1986 г.

В разрезе тюменской свиты Ловинского месторождения выделяют следующие продуктивные пласты: $Ю_2$, $Ю_3$, $Ю_4$, $Ю_5$, $Ю_6$ и $Ю_7$. Коллекторы продуктивных пластов представлены песчано-алеврито-глинистыми породами полимиктового состава, для которых характерна существенная неоднородность структурных характеристик порового пространства. Структурные особенности таких пород связаны с формой, взаимным расположением и гранулометрическим распределением частиц, слагающих твердую фазу. Структурная неоднородность, как правило, также осложнена наличием микрослоистости, которая представляет собой неравномерное распределение глинистых и углистых прослоев в песчано-алевритовой матрице.

Исходя из значительной неоднородности пород тюменской свиты, достоверность геологической модели определяют степенью изученности разреза по данным ГИС и керна, что, в свою очередь, подразумевает методическое обоснование для получения не только подсчетных параметров ($\boldsymbol{H_{эф}}$, $\boldsymbol{H_{эф.н.}}$, $\boldsymbol{K_{п}}$, $\boldsymbol{K_{н}}$), но и прогноз палеофациальных условий седиментации и связанных с этим литологических, структурно-текстурных и фильтрационных характеристик пород. Довольно очевидно, что использование в виде геологической основы только гранулометрической характеристики породы (даже дополненной определениями петрографического состава) недостаточно для достоверной оценки изменчивости ФЕС. Точность петрофизической модели терригенных коллекторов существенно повышается, например, при включении в нее микропрослоев (линз, включений), что именно

для отложений тюменской свиты Шаимского района (в т. ч. Ловинского месторождения) описано в статьях [5, 6]. В целом совершенно оправданно стремление к *расчленению* отложений на основе петрофизических характеристик: это нередко соотносят с их фациальной диагностикой. Наиболее известны здесь реконструкции на базе электрометрических моделей В. С. Муромцева, которые в условиях изменчивости строения толщи часто не дают желаемого результата. К примеру, в статье [2] для пласта $ЮС_2$ они представлены как *итоги* литолого-фациального анализа (?) – здесь налицо явная подмена понятий, что вообще присуще большинству работ с некритическим использованием данной методологии. Другим направлением является фациально-литологическая интерпретация скважинной гамма-спектроскопии, которая для юрских отложений Шаимского района освещена в статьях [4 и др.]. Наконец, оптимальным представляется *комплексирование* геофизических характеристик, когда переменные (методы ГИС) изначально имеют численное значение, а искомому (фации) присваивается некоторый числовой код [7]. Тогда ФАЦИЯ = $a \pm b \cdot \alpha_{ПС} \pm c \cdot \Delta J_{ГК} \pm d \cdot \Delta T \pm e \cdot WN \pm f \cdot$ ГГК-П,

где a, …, f – подбираемые коэффициенты;

$\alpha_{ПС}$ – относительный параметр ПС;

$\Delta J_{ГК}$ – двойной разностный параметр ГК;

ΔT – интервальное время по АК;

WN – водородосодержание по НКТ;

ГГК-П – параметры по гамма-гамма-каротажу.

Таким комплексным подходом предлагаемая методология полностью согласуется с методикой фациальной диагностики терригенных внутриконтинентальных отложений и изучения закономерностей в их строении, разработанной в рамках *фациально-циклического анализа* (с «легкой руки» П. П. Тимофеева он больше известен под названием литолого-фациального, или ЛФА). Она апробирована на материале многих угленосных толщ [1, 10]. Поскольку отложения тюменской свиты можно с полным основанием рассматривать как *связующее звено* для раннемезозойских ($T_3 – J_2$) угленосных формаций Северной Евразии, многие из которых опоясывают Западно-Сибирскую плиту, применение данной методики для их изучения выглядит вполне логично и оправданно.

Первым, базовым, этапом фациально-циклических исследований является установление *фации* – обстановки осадконакопления, овеществленной в породе. Она производится по *комплексу* признаков, ведущая роль в котором принадлежит текстурной характеристике. Тем самым работы по микрослоистости (см. выше) в некотором роде «смыкаются» с методикой ЛФА. Сама процедура последнего описана во многих работах, а схема фациального расчленения отложений тюменской свиты Шаимского НГР приведена в таблице. Укажем здесь, что достоверность полученных сведений во многом определяется высокой представительностью кернового материала,

Схема фациального расчленения отложений тюменской свиты [8], без учета торфяных болот и углей; в названиях фаций дана только генетическая составляющая («ключевые слова»)

Группа, подгруппа	Макрофация	Фация	Индекс	Обозн.
	Пролювия - КП	Потоков конусов выноса	КПП	
		Шлейфов конусов выноса	КПШ	
		Конусов выноса в озера	КПО	
Аллювиальная - А	Русловый аллювий - АР	Стрежневой части русел	АРС	
		Русел крупных равнинных рек	АРР	
		Русел малых рек и прирусловых отмелей	АРП	
	Пойменный аллювий - АП	Прирусловой части поймы	АПП	
		Слабопроточной поймы	АПС	
		Застойных и зарастающих частей поймы	АПВ	
		Приозерных пойменных равнин	АПО	
Озерная - О	Застойных и заболачивающихся озер - ОЗ	Заболачивающихся озер	ОЗУ	
		Слабопроточных зарастающих озер	ОЗО	
		Заиливающихся и застойных озер	ОЗЗ	
		Проточных участков зарастающих озер	ОЗП	
	Открытых озерных водоемов - ОВ	Небольших озер	ОВН	
		Полуизолированного мелководья (ватты)	ОВП	
		Активного подвижного мелководья	ОВМ	
		Конусов выноса рек в озера	ОВД	
		Глубоководных частей озер	ОВГ	
	Мелких прибрежных водотоков - КС	Русловых частей	КСР	
		Пойменных частей	КСП	
Бассейновая - Б	Заливов и лагун - БЗ	Полуизолированного побережья	БЗП	
		Прибрежных частей	БЗА	
		Центральных, глубоких частей	БЗГ	
	Малоподвижного мелководья - БП	Приморских озер	БПО	
		Приливно-отливной зоны (ватты)	БПВ	
		Малых аккумулятивных форм (косы)	БПК	
		Малоподвижного мелководья	БПП	
		Активных участков мелководья	БПА	
	Открытого подвижного мелководья - БМ	Сильноподвижного мелководья	БМБ	
		Подводной части дельты	БМД	
		Подвижного удаленного мелководья	БМП	
		Наиболее удаленной открытой части	БМУ	

при его полном отборе по разрезу тюменской свиты и 100 % выносе по большинству интервалов проходки.

Результаты непосредственных наблюдений показаны на нескольких графиках. Так, на рис. 1, 2 приведены сопоставления коэффициентов проницаемости $\boldsymbol{K}_{\text{пр}}$ и эффективной пористости $\boldsymbol{K}_{\text{пэф}}$ с коэффициентом открытой пористости $\boldsymbol{K}_{\text{п}}$ для отложений тюменской свиты Ловинского месторождения. Разными точками на рисунках отмечены основные «литотипы» (широко используемое определение, по сути обозначающее лишь гранулометрические типы), которые были выделены на основании лабораторного

описания образцов керна. Как показывают данные сопоставления, основная масса точек характеризуется как «песчаник» и «алевролит». При этом существенных разделений облаков точек по разным типам не наблюдается.

Принципиально иная картина наблюдается на рис. 3, 4, где приведены сопоставления $K_{пэф}=f(K_{пск}, K_{п})$ и $K_{пр}=f(K_{пск}, K_{п})$ в виде теоретических моделей (линии) с оценками фациальной принадлежности 371 образцов керна. Классификация образцов по фациальной принадлежности выполнена по скважинам №№ 10410р, 10628р, 10650р Ловинского месторождения, в соответствии со схемой, приведенной в таблице.

Как видно из сопоставлений, пористость различных фаций распределена примерно в одинаковом диапазоне. При этом фильтрационные величины ($\boldsymbol{K_{пэф}}$, $\boldsymbol{K_{пр}}$) значительно отличаются. Так, при одной той же пористости ($\boldsymbol{K_{п}}$), коэффициент проницаемости ($\boldsymbol{K_{пр}}$) для разных фаций может отличаться больше чем на порядок величины определения данного показателя. Исходя из этого, очевидно, что оценка фациальной принадлежности горных пород является важным параметром для повышения эффективности разработки месторождения.

Соотношение различных фаций с обоснованными выше петрофизическими моделями ФЕС показывает, что фациальная принадлежность породы «контролирует» пористость песчано-алевритовой матрицы ($\boldsymbol{K_{пск}}$), которая, в свою очередь, зависит от соотношения содержания в породе зерен песчаной и алевритовой размерности.

Поскольку увеличение ($\boldsymbol{K_{пск}}$) отождествляется с усложнением структуры порового пространства при постоянном его объеме, можно классифицировать фации по данному параметру. Так, наименее сложной структурой порового пространства характеризуются породы пойменного и руслового аллювия, а наиболее сложной – породы, приуроченные к бассейновому мелководью. Породы открытых озерных водоемов и мелких прибрежных водотоков относятся к промежуточным разностям.

Непосредственно для Ловинского месторождения (как, впрочем, и для других «полнопостроенных» объектов разведки и эксплуатации Шаимского НГР) установленные закономерности имеют высокое практическое значение. В статье, помещенной в предыдущем сборнике [2], мы констатировали существенные различия в генезисе отложений нижней и верхней частей тюменской свиты, о чем неоднократно писали в своих работах начиная с 2002 г. [1, 8, 9 и др.]. Таким образом, информация о фациальном составе отложений существенно повышает достоверность представлений об изменчивости ФЕС. Установленные закономерности в распределении фаций по разрезу (цикличность) определяют необходимость дифференцированного подхода к установлению подсчетных параметров; в рассматриваемом случае – для коллекторов верхней и нижней частей разреза тюменской свиты, формировавшихся в различных палеоландшафтах.

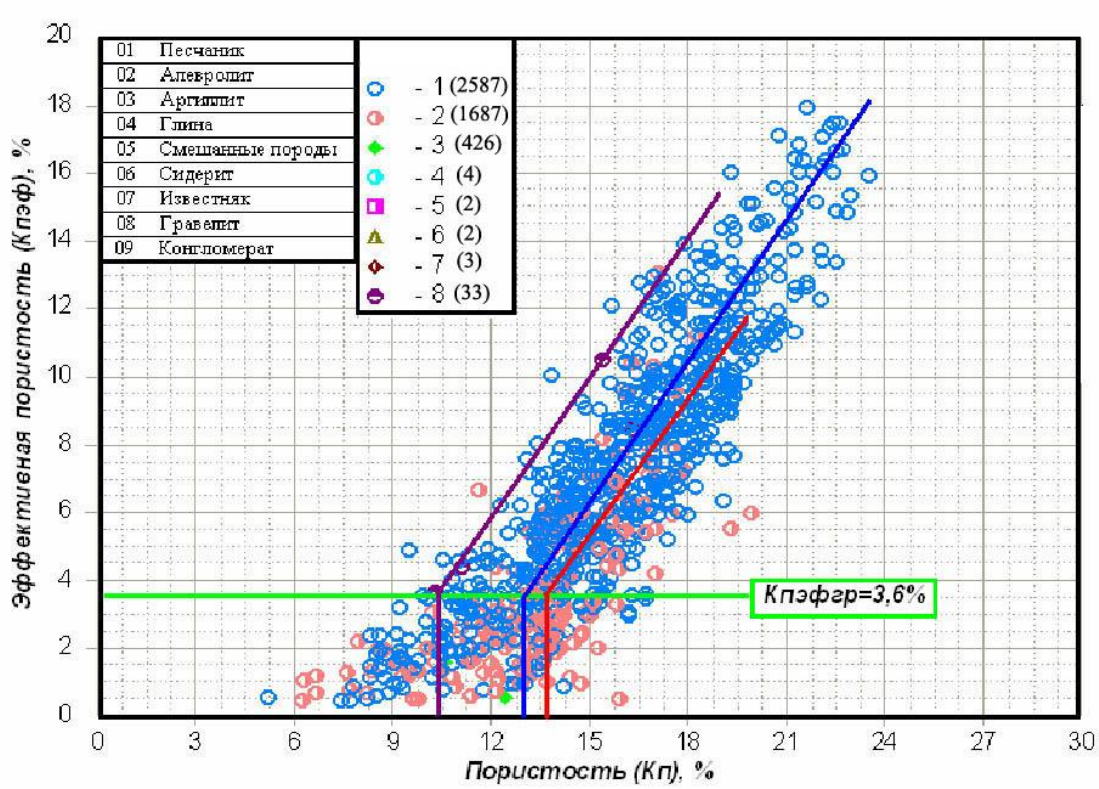


Рис. 1. Сопоставление величин $К_п$ и $К_{пэф}$ между собой для различных типов отложений тюменской свиты Ловинского месторождения (в скобках – количество определений)

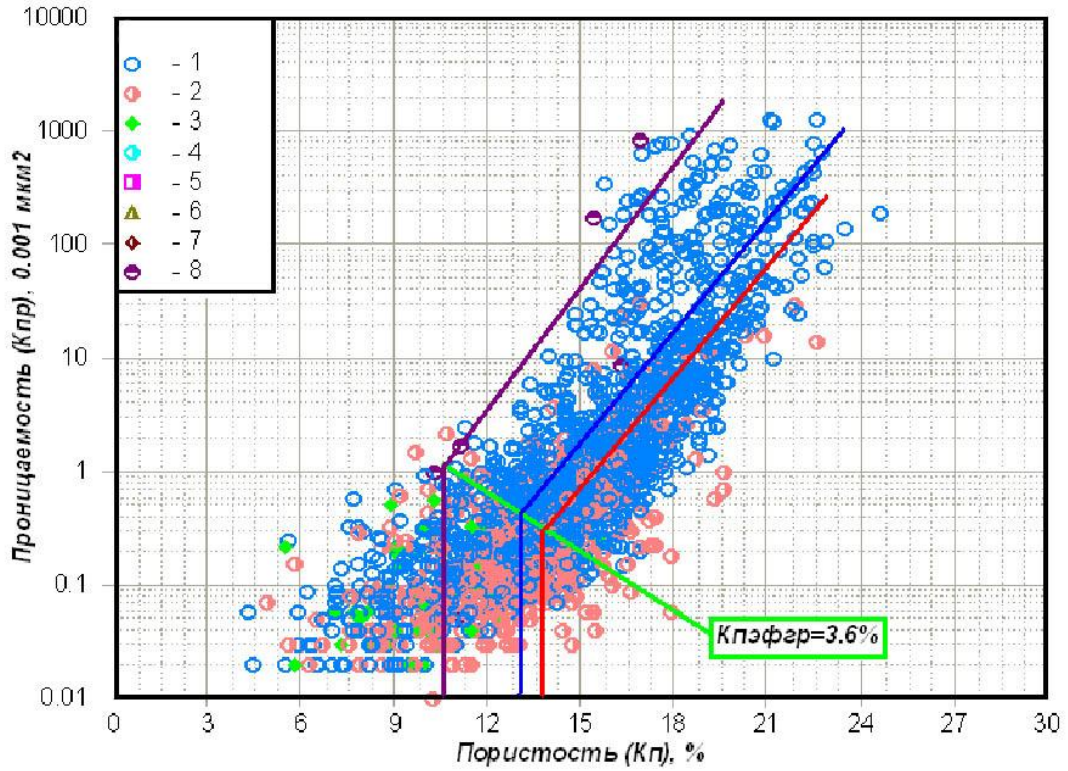


Рис. 2. Сопоставление величин $К_п$ и $К_{пр}$ между собой для различных типов отложений тюменской свиты Ловинского месторождения (условные обозначения см. на рис. 1)

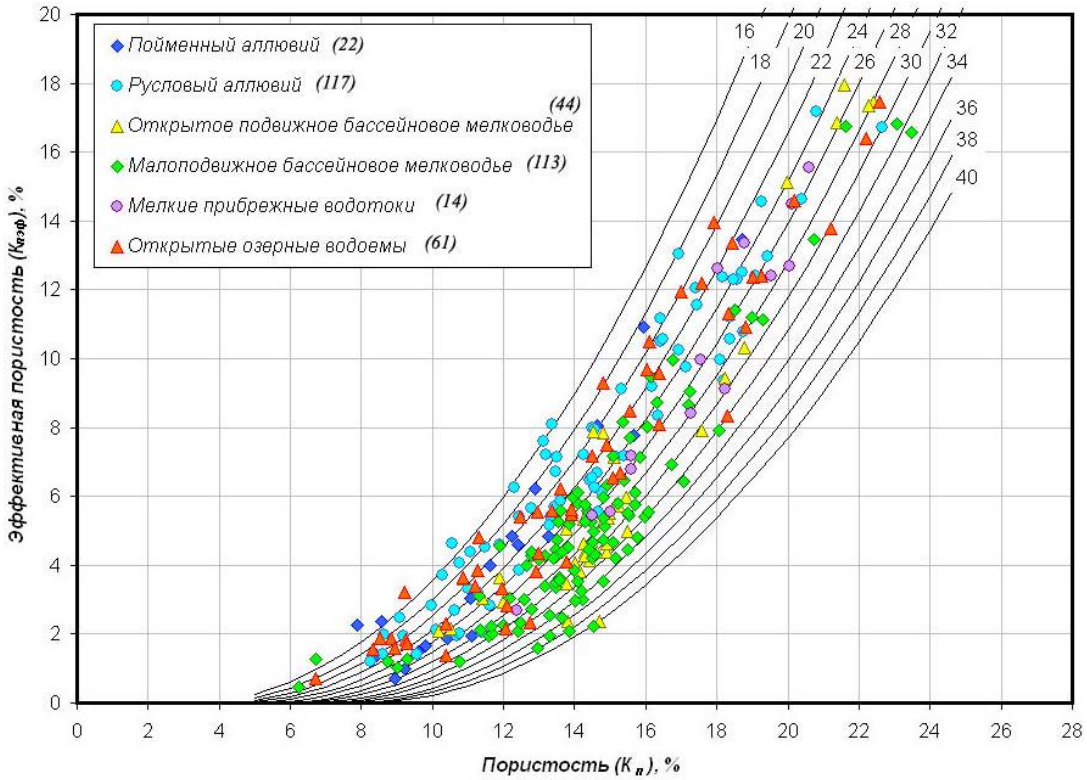


Рис. 3. Сопоставление петрофизической модели $K_{\text{пэф}}=f(K_{\text{пск}}, K_{\text{п}})$ с оценками фациальной принадлежности образцов керна (см. табл.), в скобках – количество образцов

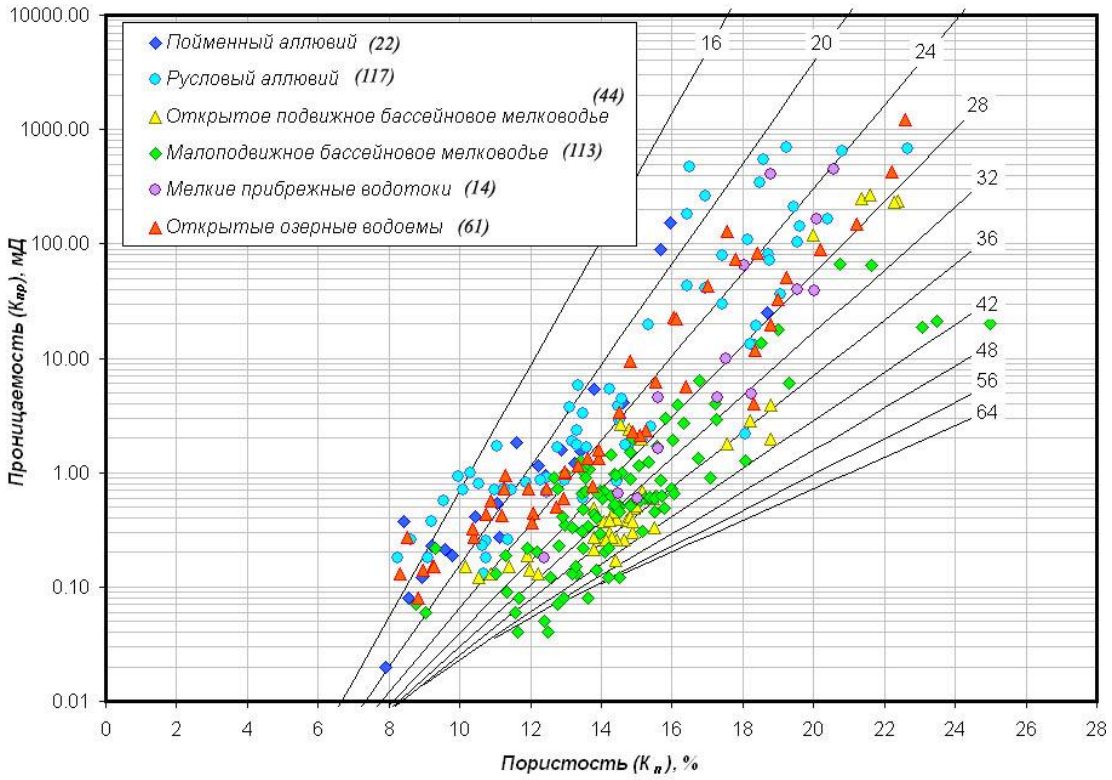


Рис. 4. Сопоставление петрофизической модели $K_{\text{пр}}= f(K_{\text{пск}}, K_{\text{п}})$ с оценками фациальной принадлежности образцов керна (см. табл.), в скобках – количество образцов

Подводя итоги, заметим, что, располагая надежными сведениями о контроле подсчетных параметров палеофациальными условиями седиментации, мы с очевидностью можем полагать о наибольшей значимости используемой методики именно для сложнопостроенных толщ нижнеплитного этажа Западно-Сибирского осадочного бассейна. В дальнейшем создание надежной базы эталонных (обучающих) объектов в комплексировании с полным набором геофизических характеристик может принципиально увеличить эффективность оценки изменчивости ФЕС коллекторов.

Библиографический список

1. **Алексеев В. П.** Классический литолого-фациальный анализ как базовый метод при изучении состава и условий формирования раннемезозойских отложений Западно-Сибирской плиты // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (Шестая научно-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2003. Т.1. С. 145-150.

2. **Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Лебедев А. И., Савенко В. А., Такканд Г. В.** Состав и строение тюменской свиты на Ловинском месторождении (по результатам литолого-фациальных исследований) // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. Вып. III (19). С. 83-89.

3. **Гильманова Н. В., Липчинская Н. В.** Фациальный каротажный анализ и особенности выделения коллекторов пласта $ЮС_2$ месторождений восточного склона Сургутского свода // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири. Тюмень, 2006. С. 127-132.

4. **Кузьмин Ю. А.** Геологическая интерпретация метода скважинной гамма-спектрометрии в юрских отложениях Шаимского района // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (Третья научно-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2000. Т.1. С. 314-322.

5. **Кузьмин Ю. А., Калашникова О. В., Анпенов С. В.** Структурно-компонентная модель юрских микрослоистых коллекторов и оценка пористости методами промысловой геофизики // Особенности геологического строения и разработки месторождений Шаимского нефтегазоносного района. Урай – Тюмень. 2002. С. 133-149.

6. **Лидер М. Р.** Седиментология. Процессы и продукты: пер. с англ. М.: Мир, 1986. 439 с.

7. **Мальшаков А. В., Ефимов В. А., Кузьмин Ю. А., Борщев В. В.** Петрофизическая модель фильтрационно-емкостных свойств продуктивных отложений тюменской свиты Шаимского района (на примере Ловинского месторождения) // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (Третья научно-практ. конф.). Ханты-Мансийск, 2000. Т.1. С. 323-333.

8. **Марченко Е. А., Шилова Ю. В.** Использование геолого-статистического анализа для прогноза фациальной характеристики разреза // Нефтяное хозяйство. 2010. № 2. С. 30-33.

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

10. **Строение** и корреляция отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / В. П. Алексеев, Ю. Н. Федоров, В. А. Савенко. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 227 с.

Раздел II. ГЕОЛОГИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 551.583.7:(551.735.1:552.57)](477.8)

В. Ф. Шульга[1], Л. Б. Зайцева[1], А. В. Иванова[1], М. Г. Панкова[2]
[1]Институт геологических наук НАН Украины
[2]Днепропетровское отделение Украинского гос. геологоразведочного института

О ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И СОСТАВЕ УГЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РАННЕГО КАРБОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

В настоящей статье на примере визейско-серпуховского этапа углеобразования [13] в пределах Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (рис. 1) рассматривается проблема влияния климата на вещественный состав углей. По мнению ряда исследователей [2, 3, 10], в зонах с засушливым климатом формировались угли с высоким содержанием инертинита и липтинита (дюрены и кларено-дюрены). Напротив, в областях теплого, влажного климата накапливались угли с повышенным содержанием группы витринита (кларены, дюрено-кларены). При этом особое внимание уделялось влиянию на формирование состава углей климата аридных зон. Так, повышенное содержание инертинита, липтинита в визейских углях Подмосковного (ПБ) и Донецкого (ДБ) бассейнов (см. таблицу) объяснялось близостью указанных бассейнов с расположенной севернее аридной зоной.

Состав углей Подмосковного и Донецкого бассейнов, %

Компоненты группы	ПБ	ДБ
Витринит	47	57
Инертинит	28	21
Липтинит	25	22
Зольность	30-35	10-12

На первом этапе исследования нами была осуществлена реконструкция раннекарбонового климата ВЕП с использованием общепринятых пород-индикаторов. К таковым для гумидного климата в первую очередь относятся угли, бокситы, бокситоносные породы (галлуазит, аллофан, гиббсит и др.), каолинитовые глины (сухарные, полусухарные, пластичные). Основными индикаторами аридного климата являются первичные доломиты, до-

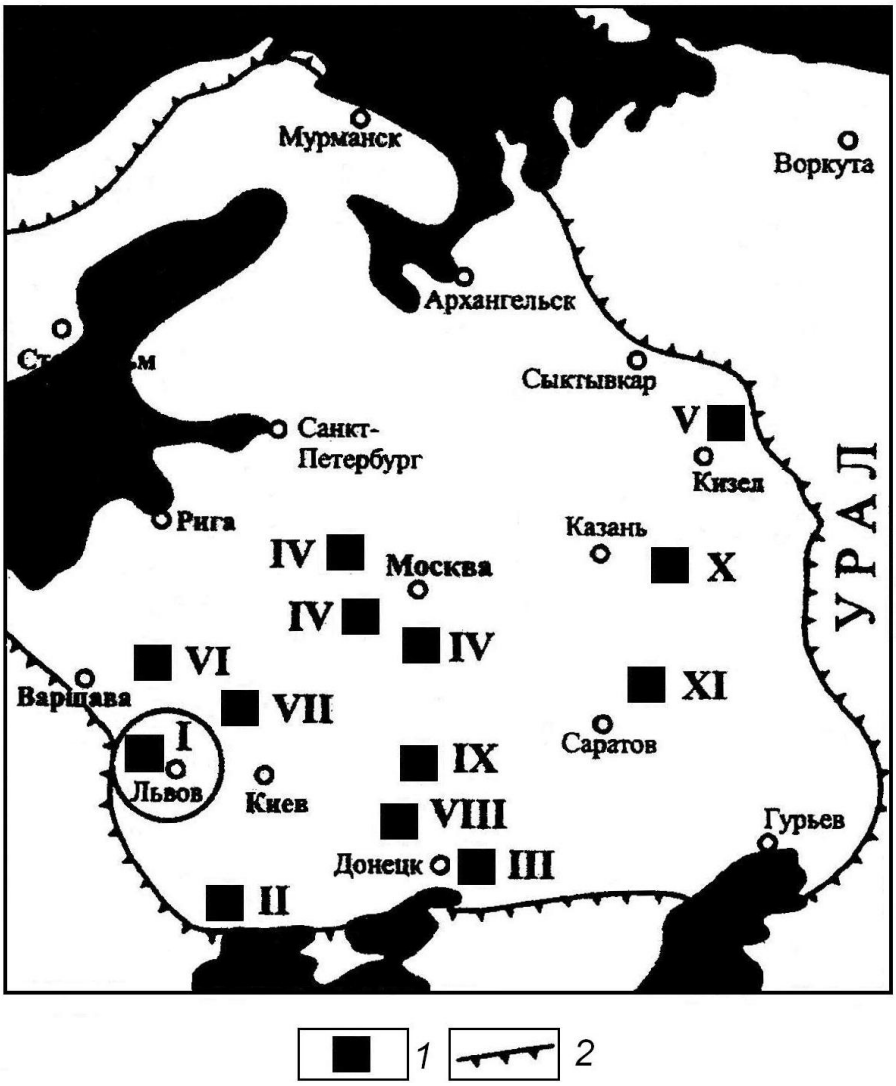


Рис. 1. Обзорная схема размещения карбоновых угольных бассейнов и угленосных площадей на территории Восточно-Европейской платформы:

1 – *угольные бассейны* (римские цифры): I – Львовско-Люблинский, II – Преддобруджинский, III – Донецкий, IV – Подмосковный, V – Кизеловский; *угленосные площади:* VI – Брестская, VII – Припятская, VIII – Днепровско-Донецкая, IX – Белгородско-Обоянская, X – Камская, XI – Ульяновско-Саратовская; 2 – граница ВЕП

ломитизированные известняки, гипсы, ангидриты, каменные и калийные соли, пестроцветы и красноцветы, палыгорскит.

Распространение указанных пород в разрезе каменноугольных отложений было изучено в пределах более сорока регионов ВЕП (Тиман, Подмосковный угольный бассейн, Воронежский массив, Поволжье, Львовско-Люблинский и Доно-Днепровский прогибы, Западный склон Урала и др.). При этом определилась возможность и целесообразность составления шести карт, характеризующих климатические особенности раннего-среднего визе, среднего-позднего визе, позднего визе – серпухова; башкирского, московского веков; позднекаменноугольной эпохи.

Прежде чем изложить основные положения статьи, отметим, что во время начала реального углеобразования (поздний девон) на земном шаре уже существовала климатическая зональность. По данным А. И. Егорова [3], в это время от современного западного побережья Северной Америки на восток через север Центральной Европы, Центральный Казахстан, провинции Центрального и Юго-Восточного Китая широкой полосой протягивалась северная аридная зона. Южная аридная зона, по сравнению с северной, выделяется менее четко. Между указанными аридными зонами располагались зоны влажного климата, соответствующие северному экваториальному и южному поясам углеобразования. В позднем девоне практически вся территория ВЕП располагалась в северной аридной зоне. С середины ранне– и в среднекаменноугольную эпохи север платформы находился в северной аридной зоне, а юг – в южном гумидном экваториальном поясе углеобразования. Указанное расположение палеоклиматических областей, в общем, сохранилось до позднего карбона [15].

В раннем и среднем визе (радаевское, бобриковское, раннетульское время) аридный, семиаридный климат позднего девона и турне сменился гумидным климатом (рис. 2, *а*). В результате проявления активной вулканической деятельности, связанной с бретонской фазой тектогенеза, в земной атмосфере произошло значительное увеличение содержания CO_2. Это время характеризовалось очень высокой концентрацией углекислого газа (0,3-0,5 %), а также высокой средней температурой нижних слоев (25-26 ^{o}C выше ноля) [2, 7]. В последнее время А. Е. Лукиным [6] высказано мнение, что повышенная температура и влажность климата, высокое содержание в атмосфере CO_2, существовавшие в самом конце турне – начале визе на территории ВЕП, были обусловлены мощным парниковым эффектом, возникшим в результате дыхания почвенной бактериально-актиномицетово-грибной микрофлоры. Образование бокситов, бокситоподобных пород, каолинитовых глин на всей территории ВЕП от Тимана до Воронежского массива и Львовско-Люблинского прогиба свидетельствует об отсутствии в это время климатической зональности. Лишь развитие в Преддобруджинском бассейне ранневизейских доломитов, доломитизированных известняков, ангидритов указывает на аридный климат крайнего юго-запада ВЕП. Влажный, теплый тропический климат раннего визе, а также высокое содержание в атмосфере углекислого газа, необходимого для «дыхания» растений, являлись одними из важнейших факторов, определявших начало карбонового углеобразования на территории ВЕП.

В этот период в условиях сильно обводненных проточных болот, заселенных в основном древовидными формами плаунов, формировались преимущественно высокозольные (20–30 %), дюреновые, кларено-дюреновые угли с содержанием инертинита 28–38 % и липтинита 27–30 % (Подмосковный и Кизеловский бассейны; Днепровско-Донецкая, Припятская, Брестская, Камская, Ульяновско-Саратовская, Приуральская угленос-

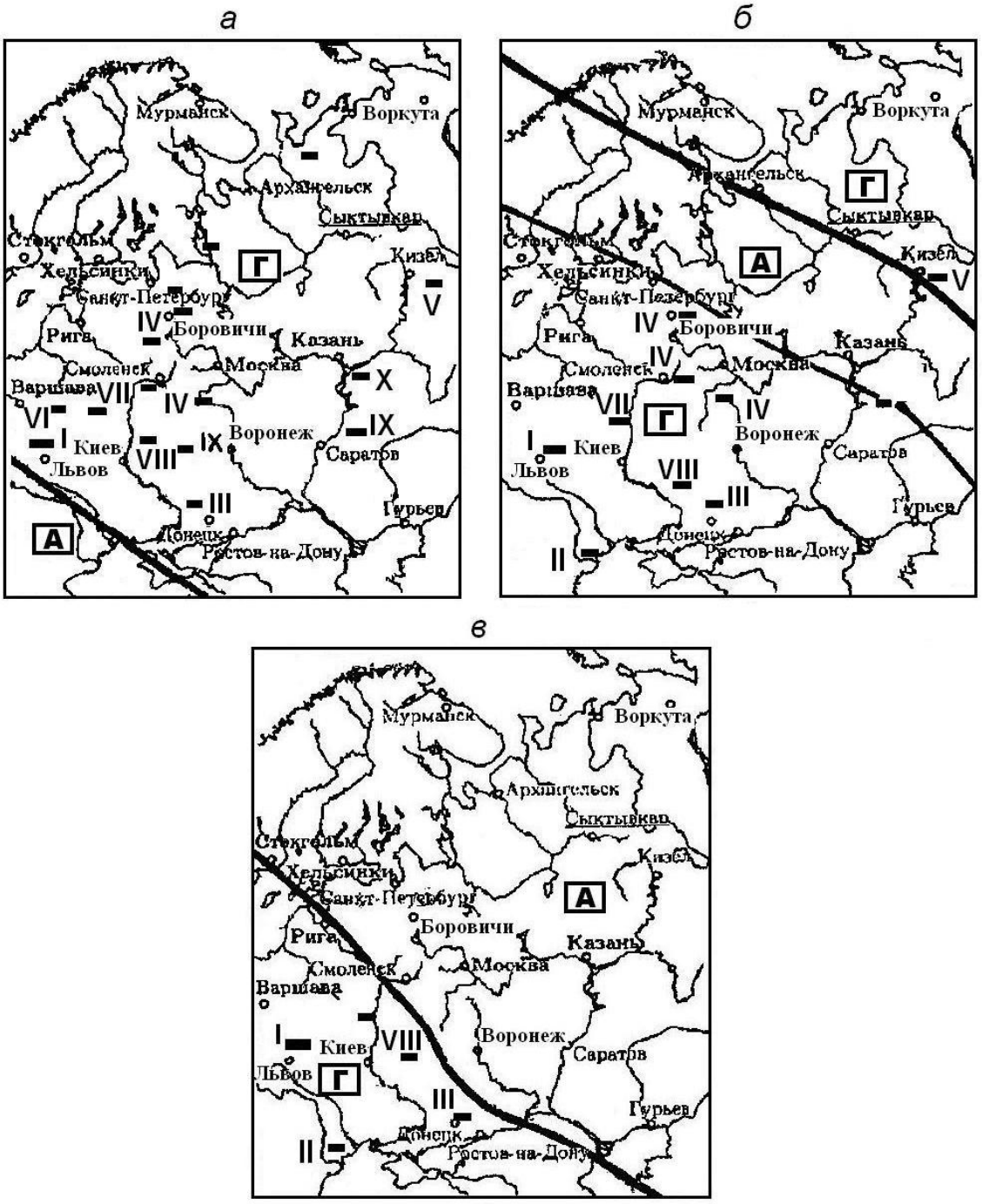


Рис. 2. Палеоклиматические карты Восточно-Европейской платформы. Ранний карбон:

а – ранний-средний визе; б – средний-поздний визе; в – поздний визе–серпухов; *зоны с преобладанием климата:* Г – гумидного, А – аридного.

Размещение угольных бассейнов и угленосных площадей см. на рис. 1

ная площади). По нашему мнению, приведенные данные ставят под сомнение упомянутые ранее представления о формировании углей с высоким содержанием инертинита и липтинита в зонах с засушливым климатом, а

также об образовании дюреновых, кларено-дюреновых углей ПБ под влиянием аридного климата. В бобриковское время указанный объект располагался в гумидной зоне, а материнское вещество углей накапливалось в обводненных и среднеобводненных, проточных и сильно проточных лесных торфяных болотах и сапропелевых озерах в условиях постоянного доступа кислорода, деятельности микробов и выноса большой части гуминовых кислот (рис. 3, *в*) [1]. В такой обстановке происходило интенсивное разложение растительного вещества и в результате вымывания его проточной водой – обогащение органической массы наиболее стойкими от разрушения микрокомпонентами группы липтинита (спорами, кутикулой и др.). Это обусловило формирование наиболее распространенных в ПБ споровых дюреновых, кларено-дюреновых углей. Значительная обводненность и проточность болот способствовали привносу в палеоторфяники большого количества терригенного материала и увеличению зольности углей. Среди растений-углеобразователей преобладали плауновидные древесные формы.

Образование угольных пластов ПБ во многом определялось особенностями доугленосного рельефа. Наиболее благоприятные условия для формирования палеоторфяников существовали на умеренно-возвышенных участках междолинных пространств и их склонах. Неблагоприятными для торфонакопления обстановками характеризовались долинообразные понижения из-за значительной проточности вод, способствовавшей разложению, измельчению растительной массы, значительного привноса терригенного материала, разрушения и переотложения уже накопившегося органического вещества. Обводненность и проточность торфяников менялись во времени. Это определило цикличность строения угольных пластов (установлено до пяти углециклов), наиболее отчетливо выраженную на междолинных пространствах. Таким образом, обводненность и проточность палеоторфяников, а не засушливый климат являлись основными факторами, влияющими на образование вещественного состава углей ПБ.

В среднем и начале позднего визе (позднетульское, алексинское и михайловское время) на территории ВЕП появляется климатическая зональность. В разрезах нижнего карбона западного склона Среднего Урала и Приуралья, Окско-Цнинского вала, Камской угленосной площади, Татарии, Среднего Поволжья и др. распространены доломитизированные известняки, прослои гипса, ангидрита (рис. 2, *б*). Нередко породы пестро окрашены. Площадь распространения отложений, характеризующих аридный климат, имеет полосовидную форму северо-западного простирания, расположенную между Архангельском и Москвой. Львовско-Волынский, Преддобруджинский и Донецкий бассейны находились в области гумидного климата. В первых двух бассейнах в позднем визе-серпухове в обводненных застойных лесных и топяных болотах, заселенных в основном древесными лепидофитами, формировались преимущественно среднезольные

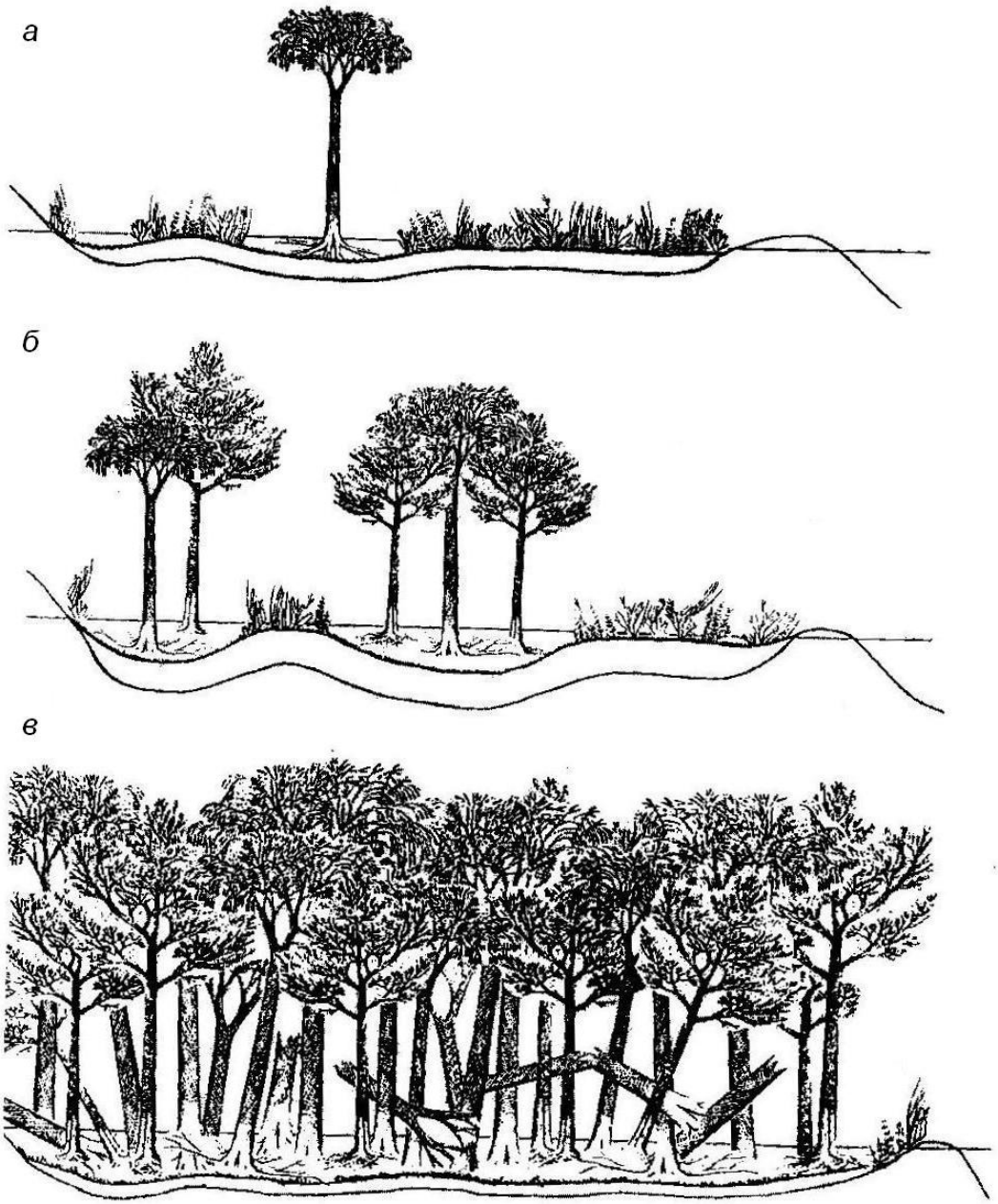


Рис. 3. Карбоновые торфяные болота Восточно-Европейской платформы [11]: *типы болот: а* – топяное, *б* – лесо-топяное, *в* – лесное

(12–18 %) дюрено-клареновые угли с содержанием витринита 69–79 %, инертинита 20–23 %, липтинита 1–8 %.

Иные обстановки существовали в ДБ. Поздневизейско-раннесерпуховские угли ДБ с высоким содержанием инертинита (18–42 %), липтинита (в среднем 22 %) и низким – витринита (57 %) накапливались в условиях теплого гумидного климата, в застойных слабопроточных топяных и реже – лесотопяных болотах (рис. 3, *а, б*) с небольшой обводненностью и ограниченным поступлением в них терригенного материала. В условиях, характеризующихся частыми осушениями, были широко распространены

аэробные процессы разложения исходного растительного материала, определившие преимущественно дюреновый и кларено-дюреновый состав углей. В отличие от лесных болот ПБ, заселенных преимущественно древовидными плауновидными, обитателями визейско-раннесерпуховских топяных и лесотопяных болот ДБ в основном являлись травянистые плауновидные (селагинеллы) [9]. В среднем-позднем визе территория ДБ находилась на расстоянии более 1000 км от северной аридной зоны. Поэтому, как и в случае с ранневизейским углеобразованием в ПБ, мы отрицаем влияние аридного климата на вещественный состав поздневизейско-раннесерпуховских углей ДБ. В этот период ЛВБ, ДБ и Преддобруджинский бассейны находились в Еврамерийской палеофлористической зоне с ее климатом, сходным с таковым современных тропиков и влажных субтропиков [5].

В позднем серпухове – среднем карбоне зона аридного климата переместилась далее на юго-запад, заняв центральную и северо-восточную части ВЕП (рис. 2, *в*). Однако ДБ и ЛВБ по-прежнему располагались в гумидной области. Накопление материнского вещества углей происходило преимущественно в лесных, лесотопяных, обводненных и сильно обводненных застойных торфяных болотах, а основными растениями-углеобразователями являлись древовидные плауновидные. В таких условиях сформировались клареновые, дюрено-клареновые угли с высоким содержанием витринита. Расположенная северо-западнее зона аридного климата не оказывала влияния на вещественный состав углей. Однако не исключено, что с периодическими поступлениями с северо-востока сухого и жаркого воздуха связано повышенное содержание инертинита (17–21 %) в углях Львовско-Люблинского бассейна.

Определяющее влияние обводненности и проточности палеоторфяников на состав углей подтверждается многочисленными примерами. В ЛВ, ДБ в латеральном направлении от суши к морю происходит увеличение обводненности торфяников. При этом содержание в углях витринита увеличивается, а липтинита и инертинита уменьшается (рис. 4). В раннем карбоне Кизеловский бассейн находился в зоне теплого гумидного климата [8]. Однако из-за значительной проточности торфяных болот верхние угольные пласты 11 и 13 отличаются более высоким содержанием фюзинита, липтинита и пониженным – витринита, по сравнению с нижележащими пластами 5 и 9. Накопление материнского вещества углей этих пластов происходило в обводненных, периодически проточных болотах с участием озерно-болотных фаций. В ПБ вверх по разрезу матовые дюреновые угли бобриковского горизонта сменяются дюрено-кларенами и кларенами вышележащего тульского горизонта. Это обусловлено увеличением обводненности и застойности болот при переходе от преимущественно континентальных обстановок к лагунно-заливным. В ЛВБ и ДБ, располагающихся в одной палеоклиматической зоне, при смене вверх по разрезу болот-

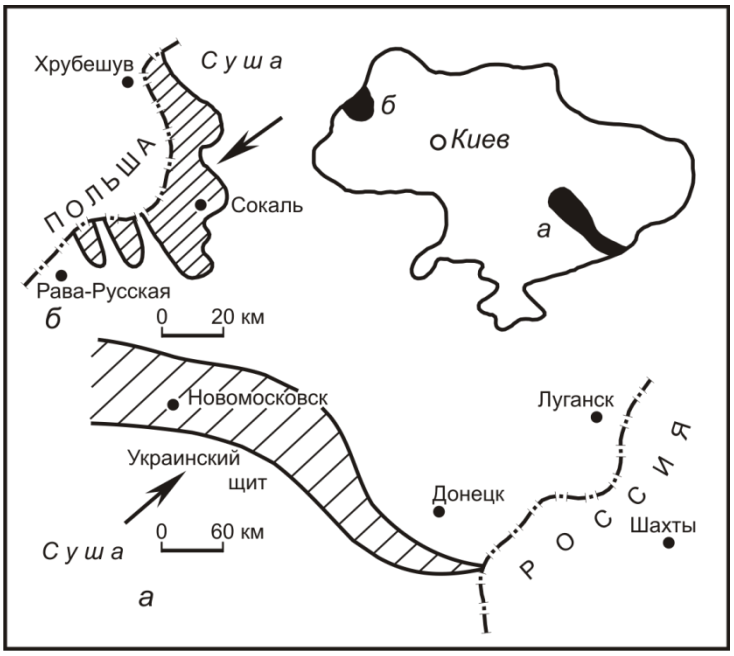


Рис. 4. Схема расположения суши и моря в раннем карбоне и направленность изменения вещественного состава углей:

угольные бассейны: а – Донецкий, б – Львовско-Волынский.

Стрелка указывает направление увеличения в углях витринита и уменьшения – инертинита и липтинита

но-морской подформации аллювиально-озерно-болотно-лагунной и переходе от более обводненных и проточных палеоторфяников к менее обводненным, часто осушаемым, и более проточным, содержание в углях витринита уменьшается, а липтинита и инертинита увеличивается [4]. Для ДБ эти показатели составляют соответственно 18, 5 и 13 %.

Кларено-дюреновые высокозольные угли с содержанием витринита 50 %, инертинита 29 % и липтинита 21 % расположены в основании угленосной формации на северной окраине ЛВБ (рис. 5, пласт v_0^3). Выше по разрезу (2–3 м) они сменяются дюрено-кларенами с содержанием витринита 75 %, инертинита 20 % и липтинита 6 %. В первом случае накопление исходного материала углей происходило в обводненном, сильно проточном торфянике, расположенном в долинообразном понижении в условиях расчлененного палеорельефа. Формирование вышележащих пластов угля происходило в обводненных, слабопроточных торфяниках заболоченной приморской низменности. При этом характер климата (гумидный) оставался постоянным.

Изложенные материалы указывают на то, что положение области углеобразования в палеоклиматической зоне еще не является решающим фактором в формировании вещественного состава углей. В пределах одной и той же климатической зоны в зависимости от степени обводненности и проточности палеоторфяников, характера растительности могут накапливаться

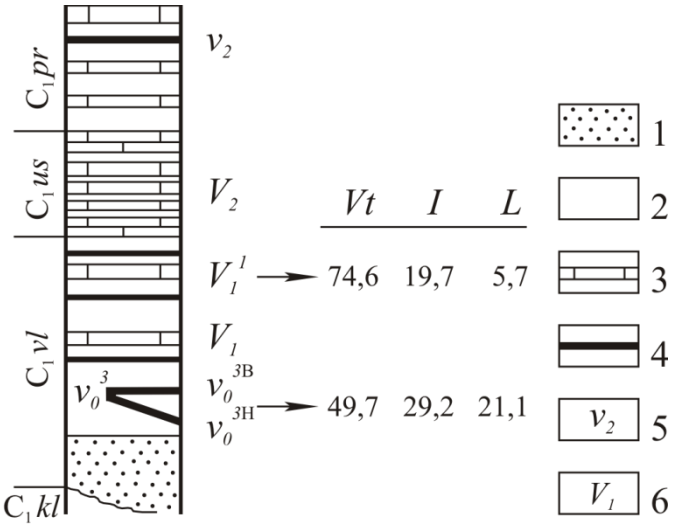


Рис. 5. Изменение вещественного состава углей в разрезе нижней части угленосной формации на севере Львовско-Волынского бассейна:

породы: 1 – песчаник, 2 – аргиллит, 3 – известняк, 4 – уголь; *индексы:* 5 – угольных пластов, 6 – пластов известняков; *свиты:* kl – куличковская, vl – владимирская, us – устилужская, pr - порицкая

угли разного петрографического состава. Таким образом, подтвердились основные выводы, высказанные на первом этапе изучения данной проблемы [14]. Это также хорошо согласуется с представлениями П. П. Тимофеева, который в своей последней монографии написал: «Направленность процесса биохимического превращения исходного растительного материала – типы его биохимического превращения и количественные соотношения микрокомпонентов – обязаны своим происхождением *сочетанию степени обводненности и проточности болота* (выделено нами. – В. Ш.) (фации торфонакопления) в пределах одной и той же палеогеографической обстановки, что приводит в одних случаях к образованию гелинитовых, а в других – гелифюзинитовых углей» [12, с. 165].

Библиографический список

1. **Делекторская Е. А., Ергаков А. П., Крень Н. Л.** Сравнительная петрографическая характеристика угольных пластов в Тульском и Щекинском районах Подмосковного бассейна // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1956. № 2. С. 56-64.

2. **Егоров А. И.** Эволюция климата, растительности и размещения различных типов позднепалеозойских углей на территории СССР // Угленосные формации верхнего палеозоя СССР. М.: Недра, 1975. С. 35-41.

3. **Егоров А. И.** Глобальная эволюция торфоугленакопления: Палеозой. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1992. 320 с.

4. **Иванова А. В., Зайцева Л. Б., Савчук В. С. и др.** Состав, качество, метаморфизм и генезис углей // Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. С. 237-256.

5. **Криштофович А. Н.** Палеоботаника. Л.: Гостоптехиздат, 1957. 650 с.

6. **Лукин А. Е.** Природа сухарных глин и эволюция биосферы. Статья 1. Сухарные глины – ископаемые сиаллитные почвы и активные илы // Геол. журн. 2002. № 2. С. 7-23.

7. **Максимов Н. М., Онищук Ю. В., Тимофеев А. А.** Эволюция глобальных геологических процессов угленосного фанерозоя // Геолого-геофизические методы прогноза угленосности. Ростов-на-Дону, 1993. С. 102-140.

8. **Пахомов В. А., Пахомов В. И.** Визейская угленосная формация западного склона Среднего Урала и Приуралья. М.: Недра, 1980. 152 с.

9. **Панкова М. Г.** Реконструкція умов карбонового торфонакопичення за палінологічними та вуглепетрографічними даними (на прикладі Донецького басейну): автореф. дис. ... канд.. геолог. Наук. Дніпропетровськ, 2007. 19 с.

10. **Синицын В. М.** Древние климаты Евразии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та., 1970. Т. 3. 134 с.

11. **Тетерюк В. К., Панкова М. Г.** Новые данные о реконструкции торфо- и углеобразования на примере угольных пластов Донецкого бассейна / Министерство геологии СССР (ВДНХ СССР). М., 1985. 2 с. Деп. ВИЭМС 20.12.85. № 545 МГ – 85.

12. **Тимофеев П. П.** Эволюция угленосных формаций в истории Земли. М.: Наука, 2006. 204 с.

13. **Шульга В. Ф.** Основные этапы карбонового углеобразования на территории Украины // Докл. НАН Украины. 2000. № 5. С. 135-139.

14. **Шульга В. Ф., Алексеев В. П., Русский В. И. и др.** Сравнительный анализ некоторых раннекаменноугольных формаций Евроазиатской плиты // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса. Т. 2. М.: Геос, 2000. С. 425-426.

15. **Шульга В. Ф.** К характеристике климата Восточно-Европейской платформы в карбоне // Доп. НАН України. 2006. № 11. С. 130-135.

УДК 551.735.1:553.94](477.83+477.82+475)

А. Томас[1], А. Томас[1], А. В. Иванина[2], В. Ф. Шульга[3], М. Н. Матрофайло[4]
[1]Карпатский филиал Польского геологического института
[2]Львовский национальный университет имени Ивана Франка
[3]Институт геологических наук НАН Украины
[4]Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины

О ГРАНИЦЕ МЕЖДУ ВИЗЕЙСКИМ И СЕРПУХОВСКИМ ЯРУСАМИ НИЖНЕГО КАРБОНА В УГЛЕНОСНОЙ ФОРМАЦИИ ЛЬВОВСКО-ЛЮБЛИНСКОГО БАССЕЙНА (УКРАИНА, ПОЛЬША)

Введение

На территории юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) отложения карбона распространены в Брестской впадине, а также в Преддобруджинском и Львовско-Люблинском прогибах (см. рис. 1 в нашей статье данного сборника). Последний характеризуется наиболее полным разрезом каменноугольных отложений. Расположение во Львовско-Люблинском прогибе Львовско-Волынского (ЛВБ) и Люблинского (ЛБ) угольных бассейнов, разведка и разработка месторождений угля определили необходимость дробного стратиграфического расчленения нижне-среднекаменноугольных угленосных отложений указанных бассейнов. Особенно детально оно было осуществлено в ЛВБ, угольные залежи которого интенсивно эксплуатируются и осваиваются промышленностью в настоящее время.

Несмотря на это, следует подчеркнуть, что многие вопросы стратиграфии карбона ЛВБ остаются до сих пор не решенными. В частности, это относится к возрастной датировке отложений нижней пограничной с девоном части разреза карбона; положению границы между визейским и серпуховским ярусами нижнего карбона, нижним и средним отделами (миссисипием и пенсильванием) каменноугольной системы и др. Учитывая географическое положение ЛВБ, находящегося между западными и восточными областями распространения карбона, решение указанных вопросов имеет важное значение для корреляции разрезов каменноугольных отложений, палеогеографических, палеотектонических реконструкций, выделения на территории ВЕП этапов карбонового угленакопления. Данная статья является продолжением наших публикаций, посвященных стратификации карбоновой угленосной формации ЛВБ [7]. В ней рассматривается проблема положения границы между визейским и серпуховским ярусами нижнего карбона.

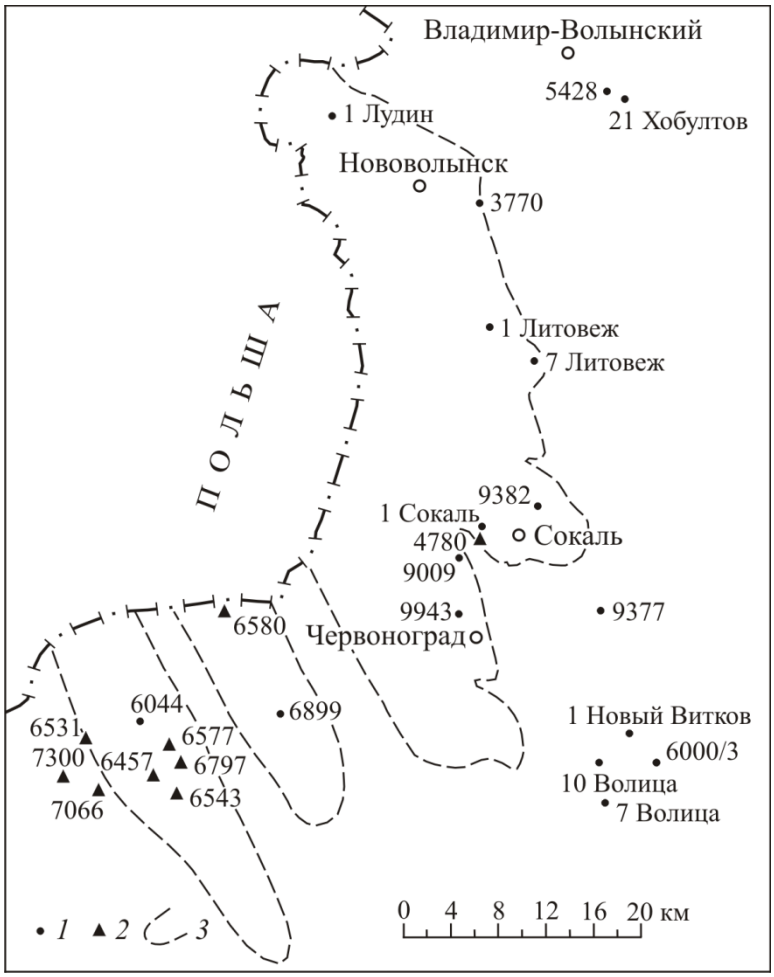


Рис. 1. Схема расположения разрезов с палинологическим и макрофаунистическим изучением визейско-серпуховских отложений:

изучение разрезов: 1 – палинологические, *2* – микрофаунистическое; *3* – контур промышленной угленосности

Краткий исторический обзор. За более чем вековую историю изучения ЛВБ со времени открытия промышленной угленосности положение указанной границы в стратиграфической схеме карбона не оставалось постоянным.

В начале стратиграфического расчленения каменноугольных отложений (сороковые–шестидесятые годы прошлого столетия) [1, 8, 10] граница между визейским и намюрским (серпуховским) ярусами проводилась по подошве пласта известняка N_1, расположенного в основании лишнянской зоны (свиты) (рис. 2). Данное положение указанной границы сохранилось до середины 70-х годов прошлого столетия, когда П. Л. Шульга [9] предложила проводить ее ниже – в основании порицкой свиты, согласно залегающей на устилужских известняках (V_2). Основанием для этого явились «... данные по изучению ископаемых растений в Донбассе, аммоноидей в разрезах карбона на смежной с Волынью территории Польши и брахиопод в карбоне Львовско-Волынского бассейна» [9, с. 123]. В дальнейшем на

основании литологических и биостратиграфических исследований М. В. Вдовенко и В. И. Полетаев [2] границу между визейским и серпуховским ярусами предложили проводить по кровле известняка V_3 порицкой свиты. В настоящее время эта граница указана в официально утвержденной Стратиграфической схеме каменноугольных отложений Львовского палеозойского прогиба [4] (см. рис. 2). Однако из-за отсутствия четко выраженных критериев она имеет условный характер. Полученные в последние годы результаты изучения фауны и флоры дают возможность по-иному оценить положение указанной границы.

Новые данные о границе визе/серпухов

Фациально-палинологический анализ. На основании фациально-палинологического изучения угленосной формации ЛВБ [3] по более чем пятнадцати разрезам (см. рис 1), а также корреляции ее с отложениями карбона других областей ВЕП в визейско-серпуховских отложениях бассейна был установлен ряд миоспоровых зон, отображающих эволюционную последовательность смены комплексов органических остатков. Интервал угленосного разреза между известняками V_2 –V_5 (см. рис. 2) охарактеризован спорами трех палинозон (снизу вверх): Triquitrites piramidalis – Rotaspora fracta (PF), Camarozonotriletes granulosus--Discernisporites micromanifestus (GM), Tripartites nongrueski–Knoxisporites carnosus (NC).

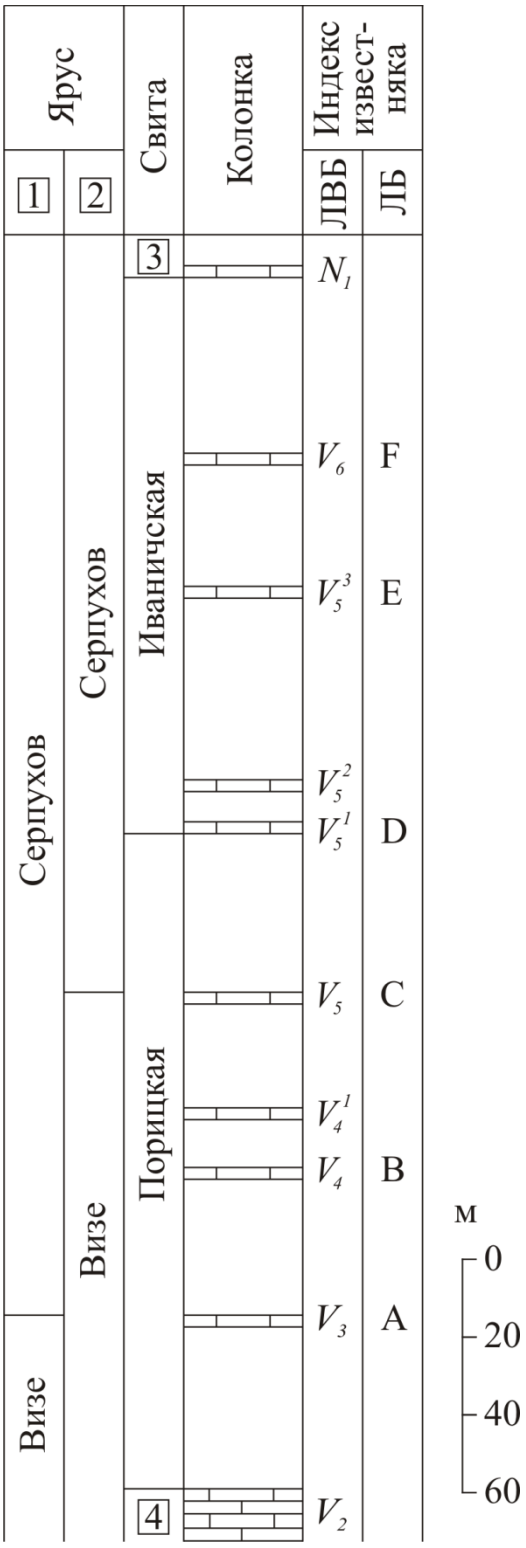


Рис. 2. Стратиграфический разрез пограничных визейско-серпуховских отложений. Цифры в квадратах: *1* – граница визе/серпухов по [4]; *2* – то же, предлагаемое авторами статьи; *3* – лишнянская свита, *4* – устилужская свита

Интервал разреза между известняками V_2 и V_3 – зона развития *Tripartitesvetustus vetustus* Schemel, *Promurospora lobata* Tet., *Triquitrites marginatus* Hoffmeister, Staplin et Malloy, одиноких *Triquitrites piramidalis* (Kedo et Juschko) Stempien et Turnau, *Triquitrites comptus* Williams – объединяет миоспоры зоны PF и отвечает михайловскому горизонту ВЕП. Вместе с индекс-видами постоянно присутствуют *Tripartites nongrueski* Potonie et Kremp, *Anapiculatisporites concinnus* Playford, доживают *Triquitrites piramidalis* (Kedo et Juschko) Stempien et Turnau, *Simonozonotriletes simplex* Kedo, появляются первые *Triquitrites tribullatus* (Ibrahim) Pot. et Kremp и *Rotaspora fracta* Schemel. Комплекс зоны PF аналогичен составу миоспор зоны Tripartites vetustus центральных районов ВЕП [5].

Между известняками V_3–V_5 получены венёвские палинокомплексы зоны GM, характерный признак которой – высокое содержание *Tripartites vetustus* Schemel (их количество сокращается в нижнесерпуховских отложениях), *Camarozonotriletes*, особенно *C. knoxi*, наличие, как и в предыдущей зоне, ряда типично визейских таксонов: *Simozonotriletes intrortus* (Waltz) Potonie et Kremp, Cincturasporites (Hacquebard et Barss) Byvscheva, *Procoronaspora* (Butterworth et Williams) Smith et Butterworth, *Promurospora* Tet. Здесь становятся типичными *Callisporites* Butterworth et Williams, *Triquitrites trivalvis* (Waltz) Potonie et *Kremp*, появляются первые *Arcuatisporites densoarcuatus* Tet. В пределах верхней границы исчезают *Camarozonotriletes granulosus* Juschko et Byvscheva, *Promurospora* Tet., *Procoronaspora* (Butterworth et Williams) Smith et Butterworth, *Murospora sublobata* (Waltz) Playford, крупные формы типа *Euryzonotriletes*, а именно: *E. trivialis* Kedo et Juschko, *E. planus* Naumova, *Lophozonotriletes appendices* Hacquebard et Barss. Последняя в ряду визейских зон – миоспоровая зона GM, удерживает формы, аналогичные формам зоны Camarozonotriletes knoxi–Diatomozonotriletes curiosus центральных частей ВЕП, и соответствует венёвскому горизонту [5].

Для следующей палинозоны NC, выделенной в интервале между известняками V_5 –N_1, который охватывает интервал разреза между известняками V_5 – V_5^1, характерно разнообразие и резкое обновление палинокомплексов. Тут впервые появляются *Monilospora mutabila* (Playford) Clayt, *Acanthotriletes splendidus* Neves, *Laevigatosporites* Ibrahim, *Proprisporites* Neves, *Florinites* Schopf, Wilson et Bentall, *Knoxisporites carnosus* (Knox) Butterworth et Williams и др. Характерны *Potoniespores delicatus* Playford, *P. elegans*, *Anapiculatisporites concinnus* Playford, *Murospora variabila* (Ischenko) Luber и др., исчезают *Tripartites nongrueski* Potonie et Kremp. Миоспоровая зона NC, соответствующая палинозоне ST (Tholisprites scoticus–Triquitrites trivalvis) Донецкого басейна (низ свиты C_1^3), начинает серпуховский разрез в ЛВБ (по палинологическим данным). Вмещающие отложения являются аналогами нижней части тарусского горизонта.

Обобщая результаты обработки значительного объема палинологического материала, следует отметить, что в интервале разреза карбона между известняками V_2–V_5 установлены палинокомплексы с типично визейскими спорами. Для них характерно значительное содержание трёхлопастных с вогнутыми боками форм (*Leiotriletes subintortus* Naum., *L. ornatus* Naum., *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonie et Kremp, *Waltzispora* Staplin, *Triquitriletes* (Wilson et Coe) Potonie et Kremp и др.); многочисленные и разнообразные *Tripartites*, *Convolutispora;* присутствие (до 5 %) крупных толстостенных *Euryzonotriletes*, которые переходят с нижневизейских отложений, постоянное участие *Camarozonotriletes,* одиночные споры родов и видов, которые являются постоянными участниками серпуховских палинокомплексов (*Ahrensisporites*, *Secarisporites*, *Mooreisporites*, *Murospora variabila*, *Bellispores*, *Callisporites* и др.).

Над известняком V_5 палинокомплексы существенно обновляются. Содержание трехлопастных спор и *Tripartites* сокращается, исчезают толстостенные крупные формы и появляются 10 новых видов, которые характерны для нижнесерпуховских отложений.

Верхневизейские и нижнесерпуховские комплексы унаследованы, имеют много общего (наличие большого количества – 29 родов и видов – транзитных форм, состав и особенности распространения доминант и субдоминант, появление в позднем визе форм, типичных для серпухова и т. д.), и вместе с тем установлены четкие критерии для их распознавания. На уровне известняка V_5 исчезают 10 типично визейских таксонов и появляются типично серпуховские виды *Monilospora mutabila* (Playford) Clayton, *Laevigatosporites* Ibrahim, *Proprisporites laevigatus* Neves, *Knoxisporites carnosus* (Knox) Butterworth et Williams, *Acanthotriletes splendidus* Neves, *Florinites visendus* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall, *Potonieisporites elegans*, *Neoraistrikia*, которые предлагаем принять как биомаркеры границы визе – серпухов.

Миоспоры части разреза карбона ЛВБ между известняками $V_5 – V_5{}^1$ характерны для отложений нижней части тарусского горизонта центральной части ВЕП. В соответствии с этим границу между визейским и серпуховским ярусами следует проводить по кровле известняка V_5 (см. рис. 1).

Микропалеонтологические исследования. На первом этапе реализации украинско-польского проекта по изучению вертикального распространения фораминифер в разрезе угленосного карбона ЛВБ было высказано мнение о более высоком, по сравнению с принятой в Стратиграфической схеме бассейна, положении границы визе/серпухов [6, 7, 14-16]. Дальнейшее целенаправленное изучение пограничных отложений между визе и серпуховом подтвердило справедливость предварительных выводов. Результаты микрофаунистического исследования более 500 образцов известняков, отобранных по девяти опорным разрезам, расположенным в различных районах ЛВБ (см. рис. 1), отражены в таблице. Пласт известняка

V_3 верхнего визе (рис. 3) характеризуется широким распространением и таксономическим разнообразием фораминифер. Их сообщество представлено 62 таксонами. Среди них присутствуют руководящие *Neoarchaediscus parvus, N. incertus.* Также характерны *Asteroarchaediscus..., Betpakodiscus-comuspiroides, Bradyina rotula, Endothyra spiriliniformis, Endothyranopsi-scrassus., E. sphaericus, Globoendothyra globulus, Loeblichia minima, L. ukrainica, L. paraammonoides, Howchinia bradyana, Eostaffela ikensis, E. paraprotvae.* Представители родов *Asteroarchaediscus, Neoarchaediscus* и *Loeblichia* иногда образуют большие скопления.

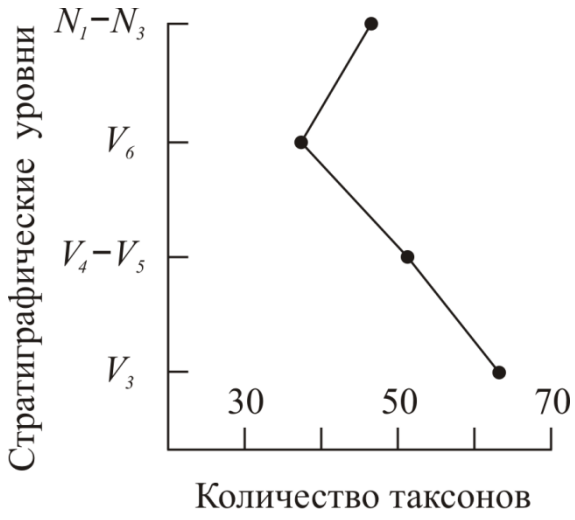


Рис. 3. Изменение количества таксонов фораминифер в разрезе визейско-серпуховских отложений

В вышележащем интервале разреза угленосного карбона, включающем пласты известняков V_4 и V_5, отмечается уменьшение количества таксонов фораминифер (примерно на 15 %) по сравнению с известняком V_3 (см. таблицу, рис. 3). Биоценоз представлен в основном верхневизейскими формами. Также присутствуют и новые, более «молодые» таксоны. Так, в известняке V_4 отмечается появление *Euxinita efremowi,* а в известняке V_5 – *Neoarchaediscus gregori,* а также форм, которые, вероятнее всего, следует отнести к роду *Eosigmoilina,* характерному для отложений серпуховского яруса.

В известняке V_6 отмечается уменьшение количества таксонов фораминифер (примерно на 30 %) по отношению к таковому интервала V_4–V_5. Новые формы (*Archaediscus longus, A. subcylindricus, Eostaffela mirifica, E. pseudostruvei*) составляют около 11 % популяции.

В интервале разреза, включающем пласты известняков N_1 и N_3, в противоположность ранее охарактеризованным нижележащим отложениям, отмечается увеличение количества таксонов фораминифер (примерно на 14 %) по сравнению с известняком V_6 (см. рис. 2). Присутствуют новые формы: *Neoarhaediscus pustulus, Eostaffela* ex. gr. *protvae, Endothyra pseudobradyi* (около 7 % популяции).

Состав и вертикальное распределение фораминифер
в пограничных визейско- серпуховских отложениях

Состав	Стратиграфические уровни			
	V_3	V_4-V_5	V_6	N_1-N_3
Archaediscus globosus Conil et Lys	+			
Archaediscus enormis Schlyk.	+			
Archaediscus operosus Schlyk	+			
Cribrostomum lecomptei Conil et Lys	+			
Endothyranopsis sphaerica Rauz. et Retl..	+			
Omphalotis involuta Brazhn.	+			
Pseudoendothyra bona bona Roz.	+			
Pseudoendothyra concinna (Schlyk)	+			
Pseudoendothyra sublimis (Schlyk.)	+			
Archaediscus approximatus Gan.	+	+		
Archaediscus cyrtus Conil et Lys	+	+		
Archaediscus paulus Marfenkova	+	+		
Bradyina rotula (Lichw.)	+	+	+	
Endothyra alviterna Durk.	+	+		
Endothyra obsoleta Raus.-Chern.	+	+		
Endothyra postgibbera Vdov.	+	+	+	
Endothyra similis Raus. et Reitl.	+	+	+	
Endothyranopsis crassus (Brady)	+	+	+	
Eostaffella constricta Gan.	+	+		
Eostaffella ikensis Viss.	+	+	+	
Globoendothyra globulus (Eichw.)	+	+	+	
Koskinotextularia sp.	+	+	+	
Loeblichia minima Brazhn.	+	+	+	
Palaeotextularia consorbina Lip.	+	+	+	
Parastaffella luminosa Gan.	cf.	+		
Pseudoendothyra struvii supressa (Schlyk.).	+	+		
Valvulinella tchotchiae Grozd. et Leb.	+	+	+	
Valvulinella youngi (Brady)	+	+		
Archaediscus convexus Grozd. et Leb.	+		+	+
Asteroarchaediscus rugosus (Rauzer)	+			+
Endothyra pulchra Brazhn. et Pot.	+			+
Endothyra spirilliniformis Brazhn. et Pot.	+			+
Archaediscus gigas Raus.-Chern.	+	+		+
Archaediscus grandiculus Schlyk.	+	+		+
Archaediscus karreri Brady	+	+	+	+
Archaediscus koktjubensis Rauz.	+	+		+
Archaediscus moelleri Raus.	+	+	+	+
Asteroarchaediscus subbaschkiricus (Reitl.)	+	+	+	+
Betpakodiscus cornuspiroides (Brazhn.et Vdov.)	+	+	+	+
Endostaffella parva (v. Moeller)	+	+	+	+

Окончание таблицы

Состав	Стратиграфические уровни			
	V_3	V_4-V_5	V_6	N_1-N_3
Eostaffella mosquensis Viss.	+	+	+	+
Eostaffella ovoidea Raus.	+	+	+	+
Eostaffella parastruvei Raus.	+	+	+	+
Eostaffella proikensis Rauser	+	+	+	+
Endothyra bradyi maxima (Brazhn.)	+	+		+
Endothyranopsis compressus (Rauz. et Reitl.).	+	+		+
Howchinia bradyana (How.)	+	+		+
Howchinia exilis (Viss.)	+	+	+	+
Loeblichia ukrainica (Brazhn.)	+	+	+	+
Neoarchaeduscus parvus (Rauz.)	+	+	+	+
Omphalotis minima (Raus.-Chern. et Reitl.)	+	+	+	+
Palaeotextularia lipinae (Con. et Lys)	+	+		+
Pseudoammodiscidae	+	+	+	+
Pseudoendothyra struvii struvii (Moeller)	+	+	+	+
Loeblichia paraammonoides (Brazhn.)	+	+	+	+
Endothyra bradyi Mikh.	+	+		+
Asteroarchaediscus baschkiricus (Krest. et Theod.)	+	+		+
Eostaffella paraprotvae Raus.-Chern.	+	+	+	+
Archaediscus krestovnikovi Raus.-Chern.	+	+	+	+
Neoarchaedius incertus Grozd. et Leb.	+	+	+	+
Palaeotextularia longiseptata Lip.	+	+		+
Tetrataxis разные виды	+	+	+	+
Euxinita efremowi Vdov. Et Pot.		+	+	+
Omphalotis volynica Brazhn.		+		+
Eosigmoilina sp.		+		+
Neoarchaediscus gregori (Dain		+	+	+
Archaediscus subcylindricus Brazhn. et Pot			+	
Archaediscus longus Pot.			+	
Eostaffella pseudostruvei (Rauzer et Bel.)			+	+
Eostaffella mirifica Brazhn.			+	+
Eostaffella ex gr. protvae Rauz.				+
Endothyra pseudobradyi Brazhn.				+
Neoarchaediscus pustulus (Grozd. et Leb.)				+

Появление в известняке V_5 форм, которые, вероятнее всего, относятся к роду *Eosioproilina*, свидетельствует о необходимости проведения в ЛВБ границы визе/серпухов вышеуказанного пласта известняка. По нашему мнению, данная точка зрения также подтверждается характером изменения количества таксонов фораминифер в вертикальном разрезе. Из рис. 2 следует, что снизу вверх количество таксонов вначале последовательно

уменьшается, а затем увеличивается (интервал N_1–N_2). Кризис популяции фораминифер, наблюдаемый в известняке V_6, по-видимому, связан с изменением физико-географических обстановок (в том числе климата), произошедших на границе между визе и серпуховом на территории ВЕП. Таким образом, как палинологические, так и микропалеонтологические данные указывают на положение границы визе/серпухов в карбоне ЛВБ между пластами известняков V_5 и V_6 (см. рис. 1). К аналогичному выводу пришли польские коллеги, изучавшие данную проблему в соседнем Люблинском бассейне. Так, по мнению С. Скомпски, «анализы водорослей, микропроблематики и конодонтов показывают, что эта дискуссионная граница может располагаться, вероятно, в интервале между пластами известняков C и D*. Этот уровень устанавливается с начала конодонтовой зоны *Lochriea cruciformis,* с которой в мелководных частях шельфа Лавруссии начинается намюр» [12, с. 228]. Возможно и более высокое положение границы визе/серпухов – на уровне пласта известняка F* [13].

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующие выводы:

1. Положение границы визе/серпухов, принятое в Стратиграфической схеме каменноугольных отложений Львовского палеозойского прогиба, требует изменения.

2. На основании изучения фауны и флоры, а также сопоставления и корреляции угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов границу между визейским и серпуховским ярусами следует проводить не в кровле известняка V_3, как это принято в настоящее время, а в 60-120 м выше – в интервале разреза между известняками V_5 и V_6 (C и F – Люблинского бассейна).

3. Сравнительный анализ имеющихся материалов свидетельствует о наиболее предпочтительном проведении в ЛВБ границы визе/серпухов по кровле пласта известняка V_5 иваничской свиты.

4. Дальнейшие исследования должны быть направлены на сбор и анализ материалов с целью окончательного решения рассмотренной в статье проблемы.

Библиографический список

1. **Бражникова Н. Е., Ищенко А. М., Ищенко Т. А.** Фауна и флора каменноугольных отложений Галицийско-Волынской впадины. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 410 с.

* Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов показала, что известняки C, D и F в ЛВБ имеют индексы соответственно V_5 V_5^1 и V_6 [11].

2. **Вдовенко М. В., Полетаев В. И.** Палеонтологическая характеристика и обоснование возраста свит карбона Львовско-Волынского угольного бассейна по фораминиферам и брахиоподам. Киев, 1981. 60 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук, 81-9).

3. **Иваніна А. В., Шульга В. Ф.** Фаціально-палінологічний аналіз вугленосної формації Львівсько-Волинського басейну // Геол. журн. 1996. № 3. 4. С. 108-114.

4. **Помяновская Г. М., Муромцева А. А.** Стратиграфическая схема каменноугольных отложений западных областей Украины. Львовский палеозойский прогиб // Стратиграфические схемы фанерозойских образований Украины для составления геологических карт нового поколения. Графические приложения, Киев. 1993.

5. **Практическая** палиностратиграфия / под ред. Л. А. Пановой и др. Л.: Недра, 1990. 348 с.

6. **Томас А., Шульга В. Ф.** К вопросу о возрасте известняков карбона юго-запада Львовско-Волынского каменноугольного басейна // Доп. НАН Украины. 2005. № 5. С. 119-123.

7. **Томас А., Шульга В. Ф.** Об украинско-польских исследованиях карбонатных горизонтов угленосной формации Львовско-Волынского бассейна // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. Вып. 16. С. 159-161.

8. **Шульга П. Л.** Схема стратиграфії палеозою південно-західної частини окраїни Російської платформи (Волинь і Подолія) // Геол. журн. 1952. Вип. 4. С. 22-41.

9. **Шульга П. Л.** Львовско-Волынский бассейн // Основные черты стратиграфии карбона СССР. Л.: Недра, 1975. С. 117-126.

10. **Шульга П. Л., Зав'ялова О. А., Кравченко В. П. та ін.** Стратиграфія карбону Львівсько-Волинської западини // Стратиграфія УРСР. Карбон. Киев: Наук. Думка, 1969. С. 314-366.

11. **Шульга В. Ф., Здановски А., Зайцева Л. Б. и др.** Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. Киев: Варта, 2007. 427 с.

12. **Skompski S.** Stratigraphic position and facies significance of the limestone bands in the subsurface Carboniferous succession of the Lublin Upland // Acta geologica Polonica. – Warszawa, 1996. – Vol. 46. – № 3-4. – P. 171-268.

13. **Skompski S., Conil R., Lalaoux M. at al.** // Etude micropaleontologique des calcaires du Viseen terminal et du Naturien dans le basin Carbonifere de Lublin a l'est de la Pologne // Bull. Soc. Belge Geol. – 1989. – № 98-3/4. – P. 453-472.

14. **Tomas A., Shulga V.** Charakterystyka wapieni karbonu dolnego w basenie Lwowsko-Wolynskim Zaglebia Weglowego (Ukraina) на podstawie

otwornic // Mat. XXVII Symp. “Geol. Form. Weglonosnych Polski”. Krakow: Wyd. AGH. – 2004. – S. 183-188.

15. **Tomas A., Shulga V.** Korelacia Welonocnych profie karbonu w Lwowsko-Wolynskim Zaglebia Weglowego (Ukraina) на podstawie otwornic // Mat. XXVIII Symp. “Geol. Form. Weglonosnych Polski”. Krakow: Wyd. AGH. – 2005. – S. 125-131.

16. **Tomas A., Shulga V.** Mikrofacie wapienu i serpuchowu (namur) w zachodnej czesci Lwowsko-Volynskiego Zaglebia Weglowego (Ukraina) // Mat. XXIX Symp. “Geol. Form. Weglonosnych Polski”. Krakow: Wyd. AGH. – 2006. – S. 129-139.

УДК 553.94:552.16

В. С. Савчук, В. Ф. Приходченко, Е. А. Кузьменко
Национальный горный университет Украины

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МЕТАМОРФИЗМУ УГЛЕЙ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО БАССЕЙНА

Степень преобразования органического вещества формирует и определяет основные свойства углей, поэтому изучению метаморфизма и выявлению площадных закономерностей его изменения всегда уделялось особое внимание. На первых этапах изучения углей Львовско-Волынского бассейна основным показателем их метаморфизма служил выход летучих веществ, который был одновременно и классификационным показателем для определения марочного состава. Долгое время понятия «метаморфизм» и «марочная принадлежность» были тождественны и применялись как синонимы.

Первые работы по обобщению результатов химико-технологических свойств углей бассейна, которые были выполнены А. К. Матвеевым по данным 15 скважин, показали, что по свойствам угольные пласты четко разделяются на две группы: северную, представленную менее метаморфизованным углем, и южную, где распространены более метаморфизованные угли [6]. Различия между ними были установлены по значениям выхода летучих веществ, количеству углерода, по отношению кислорода и азота к водороду. Особое внимание было уделено коэффициенту Уайта, который в то время был одним из главных классификационных показателей степени преобразования органического вещества. Небольшое количество данных по отдельным скважинам, расположенным на значительных площадях, не позволило установить четких стратиграфических закономерностей изме-

нения метаморфизма. Было сделано предположение, что правило Хильта в бассейне не подтверждается [6]. Зональное распространение разного по качеству угля объяснялось тем, что на севере пласты находятся в области, близкой к платформенной зоне. На юге они погружались значительно глубже, что способствовало большей степени преобразования органического вещества углей.

Последующими работами, которые выполнялись как производственными, так и научно-исследовательскими учреждениями, было подтверждено изменение показателей качества пластов по площади бассейна в юго-западном направлении и выявлены стратиграфические их изменения [3, 5, 7]. Накопление геологической информации сопровождалось обобщением данных по качеству угля и определению его марочной принадлежности [3, 5, 7]. Специальные исследования метаморфизма углей в бассейне не проводились. Главными критериями для выводов о его изменении по площади бассейна служили карты качества, построенные для промышленных угольных пластов [3, 5]. На них выделялись зоны распространения разных марок, с предоставлением усредненных характеристик по таким показателям, как V^{daf}, Y, Q_s^{daf}, C^{daf}, R^a.

В последующем для определения стадий метаморфизма угля был применен показатель: величина отражения витринита. Первоначально его определения выполняли в поляризованном монохроматическом свете в воздушной среде. Стадии метаморфизма устанавливались по устаревшей и не применяемой в настоящее время шкале И. И. Аммосова. Обобщение этих результатов позволило авторам построить схематические карты метаморфизма углей различных ярусов и свит по бассейну [5].

Большое значение для изучения степени преобразования органического вещества имело введение в практику геологоразведочных работ стандарта по классификации углей на стадии и классы метаморфизма (ГОСТ 21489-76), а затем – межбассейнового стандарта по классификации угля на марки (ГОСТ – 25543-88), в которых главным показателем степени преобразования органического вещества служит величина отражения витринита, измерения которой необходимо было выполнять в масле (R_o). За относительно небольшой по времени период были выполнены работы по определению марочного состава углей бассейна по новому стандарту. Это способствовало накоплению как по керновым, так и по шахтным пробам значительного количества данных по величине отражения витринита. Следует отметить, что по площади бассейна значения этого показателя распределены весьма неравномерно.

Так, в Нововолынском и Червоноградском геолого-промышленных районах определения были выполнены преимущественно для товарной продукции шахт и незначительного количества пластоучастков, на которых начиная с момента внедрения стандарта проводились геологоразведочные работы.

Лучше всего изучен уголь юго-западного района. Здесь общее количество проб, для которых были выполнены определения величины отражения витринита, составило свыше тысячи. При этом, как по площади распространения угольных пластов, так и в стратиграфическом разрезе были выявлены существенные неметаморфические изменения значений этого показателя.

Анализ проведенных работ по изучению метаморфизма углей Львовско-Волынского бассейна позволяет сделать вывод о необходимости обобщения новых данных, полученных при проведении геологоразведочных работ, установления причин неметаморфических изменений показателя отражения витринита, уточнения латеральных и стратиграфических закономерностей его изменения, выявления геотермических особенностей формирования метаморфизма углей.

На территории Ковельской площади, расположенной на самом севере бассейна, распространены пласты только владимирской свиты. Промышленное значение приобретает лишь один пласт v_0^3, который находится в самой нижней части угленосных отложений. Величина отражения витринита этого пласта, по нашим данным, составляет 0,50-0,56 %. Это свидетельствует о том, что уголь, согласно ДСТУ 2148-76, относится к каменному, и принадлежит к 11-му классу I стадии метаморфизма. Принадлежность угля к каменному подтверждается и значениями теплоты сгорания. Повышенная их зольность, которая составляет более 15 %, трудная и очень трудная обогатимость не позволили получить концентрат угля для определения по стандарту выхода летучих веществ.

На Волынском месторождении пласты визейского возраста или отсутствуют, или залегают в виде маломощных прослоев. Уголь промышленных пластов n_7, $n_7^в$, n_8 бужанской свиты, по значениям величины отражения витринита, которая изменяется по данным керновых проб в интервале значений 0,59-0,75 %, относится к 10-, 11- и 12-му классам I, I – II и II стадий метаморфизма (см. таблицу). Преобладают угли 11-го класса II стадии метаморфизма.

Значения этого показателя для товарной продукции шахт района составляют 0,68-0,70 %. Пласты башкирского яруса среднего карбона на месторождении распространены на незначительных по размеру площадях и имеют ограниченное распространение. Наиболее детально их метаморфизм изучен на поле шахты 10 Нововолынской. Величина отражения витринита здесь изменяется незначительно – от 0,65 до 0,69 %. Уголь принадлежит к 11-му классу I-II стадии метаморфизма. Выход летучих веществ отрабатываемых угольных пластов колеблется от 38,0 до 43,5 %. Закономерности изменения его значений по латерали для данной территории не установлено. Объясняется это значительным влиянием на его значение петрографического состава и степени восстановленности.

Изменение классов и стадий метаморфизма углей
в стратиграфическом разрезе по площади Львовско-Волынского бассейна
(ГОСТ 21489-76)

Ярус, свита		Геолого-промышленные и угленосные районы, месторождения									
		Юго-Западный				Червоноградский				Нововолынский	
		Любельское		Тягловское		Межереченское		Забугское		Волынское	
		класс	стадия	класс	стадия	класс	стадия	класс	стадия	класс	стадия
Башкирский		13	II-III	12	II	-	-	-	-	11	I-II
Серпуховский		14	III-IV	13	II-III	13	II-III	12	II	11	I-II
Визейский	V_6	15	III-IV	14	III	14	III	13	II-III	12	I-II
	V_0^3	16	IV	-	-	14	III	11	I-II	-	-

Угли Червоноградского геолого-промышленного района находятся на более высокой стадии метаморфизма. Среди пластов владимирской свиты промышленное значение приобретает только пласт v_0^3 на полях шахт 5-й Червоноградской и 6-й Червоноградской. Величина отражения витринита по скважинам колеблется в пределах 0,68-0,78 %, составляя в среднем 0,72 %. Уголь относится к 11-му классу I-II стадии метаморфизма. Более высокие значения этого показателя характерны для пласта v_6. На Забугском месторождении они изменяются в пределах 0,68-0,83 %, а на Межереченском – 0,82-1,04 %. По среднему значению, которое составляет 0,87 %, уголь достигает II-III стадии метаморфизма и относится к 13-му классу. Для отрабатываемых пластов бужанской свиты этот параметр изменяется в пределах 0,67-0,88 %. На Забугском месторождении он немного меньше и колеблется от 0,67 до 0,88 %, а на Межереченском – от 0,84 до 0,90 %. Выход летучих веществ отрабатываемых угольных пластов колеблется в широком диапазоне значений – от 28,3 до 47,4 %.

В юго-западном районе угленосная толща наиболее насыщена пластами, что дает возможность более детально проследить закономерности изменения метаморфизма в стратиграфическом разрезе. Для пласта v_6 показатель отражения витринита по отдельным скважинам изменяется от 0,45 до 1,65 %. Среднее его значение для Тягловского месторождения составляет 1,05 %, что позволяет отнести уголь к 14-му классу III стадии метаморфизма. На Любельском месторождении уголь пласта более метаморфизованный (R_o=1,33 %) и относится к 15-му классу III-IV стадии. Пласты бужанской свиты характеризуются меньшими значениями этого показателя и составляют на Любельском месторождении в среднем 1,06 %, а на Тягловском месторождении – 0,98 %. В стратиграфическом разрезе от пла-

ста n_7 к пласту n_9 отмечается уменьшение этого показателя от 1,14 до 0,94 %. Исключение составляет пласт $n_{8,}$ у которого средняя отражательная способность витринита равняется 1,09 %, что превышает значение этого показателя для пласта $n_7^в$, который залегает ниже его. Объясняется это малой восстановленностью угля пласта n_8.

В целом уголь бассейна характеризуется широким диапазоном колебаний показателя величины отражения витринита, как по площади распространения угольных пластов, так и в стратиграфическом разрезе.

С целью выяснения причин этого явления нами в шахтах, методом разорванного монолита, было проведено опробование 27 угольных пластов. В каждом пластопересечении по текстурно-структурным особенностям и петрографическому составу выделялись слои с последующим отбором образцов. Из каждого образца угля изготовлялись шлифы и аншлифы. В аншлифах по 100 замерам определялся показатель отражения витринита, а в шлифах детально изучались особенности мацералов.

Установлено, что показатель R_o по площади одного брикет-аншлифа изменяется в довольно широких интервалах значений. Отрицательно влияют на значения этого показателя появление у гелифицированного вещества комковатости, флюидальной основной массы, пропитка смолой коровых и паренхимных тканей, мелкие включения липоидных компонентов и сапропелита в гелифицированной основной массе, наличие терригенных примесей, тонких прожилок и налетов карбоната. Повышенные значения показателя отражения витринита установлены в телините по сравнению с коллинитом и в однородной основной массе, а также при наличии включений микринита.

Выявлены уменьшение средней величины отражения витринита в пределах одного пласта в зависимости от петрографического состава и идущие в последовательности: гелитолиты – фюзенолиты – микстогумолиты – сапропелиты. У сапропелитовых углей показатель отражения витринита снижается от кеннелей к черемхитам. Наибольшей шириной диапазона изменения этого показателя характеризуются фюзенолиты и микстогумолиты, особенно при наличии альгинитового вещества, следов аллохтонии и повышенной минерализации.

Интервал изменения величины отражения витринита в петрографических разностях углей варьирует 0,07-0,22 %, составляя в среднем 0,16 %. Стандартные отклонения при колебаниях от 0,02 до 0,078 в среднем составляют 0,05. В соответствии с Международной системой кодификации, рефлектограммы относят к 0 коду.

На значение показателя отражения витринита также влияет положение пробы в разрезе пласта: в угле, который расположен на контактах с кровлей и почвой пласта он, как правило, ниже, чем в других его частях. Это обусловлено повышенным содержанием липоидных, сапропелитовых,

глинистых и карбонатных образований. Отрицательно влияет на значения показателя отражения витринита тонкая трещиноватость угля.

Ширина диапазона изменения величины отражения витринита в пластопересечениях составляет от 0,16 до 0,46 % при стандартных отклонениях от 0,05 до 0,33. Установлено, что угольные пласты, сложенные различными петрографическими типами гумусовых углей, имеют стандартные отклонения этого показателя, не превышающие 0,1. Пласты, сложенные петрографическими типами как гумусовых, так и сапропелитовых углей, имеют значения стандартных отклонений этого показателя, как правило, > 0,1. В отдельных пластопересечениях они достигают значений до 0,33. В соответствии с Международной системой кодификации углей, их рефлектограммы относят к 1 и 2 коду, типу простой и сложной смеси. Влияние альгинитового вещества на величину изменчивости отражения витринита с ростом степени углефикации не уменьшается.

Кроме площадных неметаморфических изменений величины отражения витринита отмечены и стратиграфические. Так, в Червоноградском геолого-промышленном и Юго-Западном угленосном районах угольный пласт n_8 характеризуется большей величиной отражения витринита, чем залегающий ниже угольный пласт $n^в_7$. Объясняется это разной степенью их восстановленности. Установлено, что гелифицированное вещество более восстановленных углей по сравнению с маловосстановленными имеют более низкие значения величины отражения витринита, изменяющиеся в зависимости от степени углефикации от 0,05 до 0,1 %.

Наличие локальных неметаморфических отклонений существенно затрудняет выявление региональных закономерностей изменения степени метаморфизма углей в бассейне. В результате этого построение карт метаморфизма и марочного состава по общепринятым методикам затруднено. Поэтому для угольных пластов и для пластов свит к настоящему времени построены только схематические карты метаморфизма [5, 8]. Ранее проведенными работами было установлено, что зональное распределение по площади бассейна разнометаморфизованных углей контролируется мощностью вмещающих пород. Преимущественно северо-западное простирание изопахит в северной и центральной частях бассейна почти полностью совпадает с простиранием изоресплендов. В южной части бассейна была отмечена более сложная конфигурация изопахит, не всегда совпадающая с направлением изолиний метаморфизма [5, 8]. Объяснялось это более сложным палеотермическим режимом площади.

Для уточнения направления изменения метаморфизма в бассейне нами был применен тренд-анализ. Это позволило установить, что в центральном и юго-западном районах бассейна изоресплендры расположены под углом приблизительно в 45° к изопахитам пластов. Определено, что ширина зон ровного метаморфизма зависит от стратиграфического положения пластов. Вверх по стратиграфическому разрезу ширина этих зон

увеличивается. В целом по бассейну метаморфизм изменяется в стратиграфическом разрезе и с изменением мощности угленосных отложений и слабо зависит от современной глубины залегания. Главной компонентой метаморфизма является стратиграфическая составляющая, значение которой повышается с севера на юг от 0,03 до 0,16 % R^a на 100 метров разреза. Площадные и вертикальные составляющие на севере бассейна низкие и находятся в пределах достоверности определения величины отражения витринита.

В Червоноградском геолого-промышленном районе общий градиент, как и на севере бассейна, соответствует градиенту метаморфизма угольных пластов Донбасса, которые находятся на одинаковой с ними стадии углефикации. Особенностью метаморфизма угольных пластов юго-западного региона служит то, что общий градиент метаморфизма превышает таковой для угольных пластов Донбасса. Так, по данным исследователей [3, 8], он составляет около 0,24 % R^a. Стратиграфическая его составляющая достигает 0,17 % R^a на 100 метров разреза, а площадная – только 0,07% R^a на 100 метров расстояния. Установить вертикальную составляющую не удалось.

Для угля Донбасса аналогичной стадии метаморфизма полный градиент метаморфизма равняется 0,17-0,18 R^a на 100 метров, и в нем преобладают стратиграфическая и вертикальная составляющие, которые значительно превышают значение региональной составляющей [4]. По данным В. И. Узиюка, который рассчитывал градиент метаморфизма по значениям величины отражения витринита, которая измерялась в масле, общий градиент метаморфизма для Тягловского месторождения составляет 0,07 R_o на 100 метров, а для Любельского – 0,11 R_o на 100 метров. По нашим данным на Бышковской площади, которая расположена к югу от Любельской, он еще более высокий и составляет 0,11-0,13 R_o на 100 метров. Градиент метаморфизма, рассчитанный по выходу летучих веществ для Червоноградского геолого-промышленного района, составляет 1,8-1,9 % на 100 м разреза, а в Юго-Западном угленосном районе достигает 2,66 % V^{daf} на 100 м. Для Донбасса он составляет только 1,9 % на 100 м [4].

При изучении геотермического поля Львовско-Волынского бассейна было обнаружено, что палеотермические градиенты на юге бассейна в 1,5-2,0 раза больше, чем на севере, что не может быть объяснено разницей в мощности угленосных отложений [5, 7]. Так, угольные пласты Межиреченского месторождения должны залегать на 1200-1300 метров ниже, чем уголь Волынского месторождения, однако разница в мощности составляет лишь 600 метров. С учетом полученных данных было сделано предположение, что дополнительная метаморфизация угля южной части бассейна получена за счет расхождений в геотермических режимах указанных районов [5, 7]. Такие колебания геотермического градиента в толще Львовско-Волынского бассейна, которая не содержит магматических тел, трудно объяснить с позиции геосинклинальной концепции. С появлением идей

плитной или глобальной тектоники появились работы, в которых геотермическая история осадочных бассейнов связана с определенными геотектоническими режимами [2, 8]. По П. Роберу [7], осадочные бассейны, согласно геотермическим (ГГ) и палеотермическим (ПГГ) характеристикам, подразделяют на три группы: "нормальные", гипотермические, гипертермические [2, 8]. Граничные значения этих показателей в целом совпадают с их значениями в классификации Ю. Р. Мазора, согласно которой предложена такая градация угольных бассейнов: I – с низкими значениями (от 1,0 до 1,5°/100 м), II – со средними (от 1,5 до 4,5°/100 м), III – с высокими (от 4,5°/100 м и больше). По значениям ГГ (от 1,0 до 1,6°/100 м) [2, 8], в соответствии с этими классификациями, Волынское месторождение относится к месторождениям с гипотермическим режимом. Высшими значениями ГГ в пределах 2,3-2,9°/100 м характеризуются Межереченское и Забугское месторождения, которые отвечают значениям для бассейнов с "нормальным" геотермическим режимом. Максимальные значения ГГ присущи юго-западной части бассейна, где они достигают 2,9-3,2°/100 м. Следует отметить следующее: если значения ПГГ на севере бассейна близки к значениям ГГ, то на юге они не совпадают. Палеогеотермический градиент превышает геотермический и составляет 3,2-3,5°/100 м. Полученные данные не противоречат результатам Ю. Р. Мазоря, который, изучая напряжение геотермического поля с помощью ГГ и ПГГ, установил, что по значениям они совпадают или близки между собой. Однако в областях тектономагматичной активизации степень ПГГ нередко значительно превышает степень ГГ [2, 8]. Приведенные результаты свидетельствуют, что формирование метаморфизма угля в пределах Любельского и Тягловского месторождений происходило в зонах повышенной тектономагматичной активизации, при условиях повышенного геотермического поля. Общая направленность повышения геотермического поля в этом направлении подтверждается и результатами работ И. Л. Сафронова. Изучая уголь Преддобруджинского прогиба, который расположен к юго-востоку от Львовско-Волынского бассейна, он установил, что здесь на каждых 100 метров залегания V^{daf} изменяется еще больше и составляет приблизительно 5 %.

Повышенный палеогеотермический режим юго-западной части Львовско-Волынского бассейна придал углю специфические петрографические и химико-технологические свойства и соотношения между ними. Одной из характерных петрографических особенностей угля является значительная степень первичного изменения органического вещества. Для компонентов группы витринита характерна гомогенизация. Кроме того, их цвет почти изотропен в аншлифах и слабо анизотропен в шлифах. Низкую анизотропию угля можно объяснить значительным влиянием теплового потока и отсутствием давления, которое должно отвечать углю данной стадии метаморфизма при его региональном изменении. Среди группы инертинита отмечается преобладание семифюзинита над фюзинитом, сре-

ди которого в значительном количестве содержится псевдофюзинит. Псевдофюзинит – характерный мацерал для угля, который формировался под воздействием тепла [1, 2]. Особо следует отметить повышенное содержание (5-7 %) такого мацерала, как микринит. Он представляет собой вторичный мацерал, образующийся впервые в процессе углефикации [1, 2]. Кроме того, при изучении восстановленности угля было замечено, что ее степень, определяемая по петрографическим признаками, не совпадает (более низкая) со степенью восстановленности, определяемой по химико-технологическими показателям. Непропорциональные соотношения показателей качества были установлены и при проведении классификации угля на марки по ДСТУ 3472-96. Поэтому значительное количество керновых проб по трем показателям (R_o, V^{daf}, Y) не классифицируется. Установлено, что петрографический состав угля имеет незначительное влияние на показатели спекаемости и коксуемости угля. Существенно уголь отличается от угля других бассейнов и по показателю преломления витринита [1].

Изучение метаморфизма угля бассейна и его изменений в стратиграфическом разрезе и по площади бассейна позволяет сделать следующие выводы:

1. Карбоновый уголь Львовско-Волынского бассейна находится на каменноугольной стадии метаморфизма.

2. По площади бассейна, с севера на юг, метаморфизм угольных пластов изменяется от 10-го класса I стадии на севере бассейна (Ковельская площадь) до 16-го класса IV стадии на юге бассейна (Любельское месторождение).

3. В Червоноградском геолого-промышленном и Юго-Западном угленосном районах изорespленды расположены под углом приблизительно 45º к изопахитам.

4. Формирование метаморфизма угля разных частей бассейна происходило в условиях разных напряжений палеогеотермического поля.

5. Главным типом метаморфизма в южной части бассейна является региональный гипотермический, в центральной части – "нормальный" региональный, а на юге – региональный с повышенным палеогеотермическим полем.

6. Формирование метаморфизма угля Юго-Западного угленосного района под воздействием повышенного палеогеотермического поля придало углю специфические петрографические и химико-технологические свойства.

Библиографический список

1. **Ажгиревич Л. Ф**. Закономерности размещения и образования горючих ископаемых. Минск.: Наука и техника, 1986. 173 с.

2. **Волкова И. Б.** Органическая петрология. Л.: Недра. Ленингр. отдние, 1990. 299 с.

3. **Каменные** угли Львовско-Волынского бассейна / Г. П. Вырвич, Э. П. Гиташвили, З. Г. Дубик и др. Киев: Вища шк., 1978. 175 с.

4. **Левенштейн М. Л.** Зональность, количественные закономерности и факторы регионального метаморфизма углей// Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. М.: Недра, 1975. С. 78-130.

5. **Львовско-Волынский** каменноугольный бассейн. Геолого-промышленный очерк // М. И. Струев, В. И. Исаков, В. Б. Шпакова и др. Киев: Наук. думка, 1984. 272 с.

6. **Матвеев А. К.** Перспективы угленосности и нефтеносности палеозойских отложений Брестской области БССР //Сов. геология. 1947. № 22. С. 33-43.

7. **Федущак М. Ю., Радченко Л. М.** Качественные показатели углей продуктивных пластов карбона Львовско-Волынского каменноугольного бассейна. Киев: Наук. думка, 1988. 151 с.

8. **Robert P.** Histoire geothermique et diagenese organique. Buul. Centers Rech Explor.- rod Elf Aquitaine. Pau, 1985, Men. 8, 345 p.

УДК. 553.94 (470.5)

В. Н. Кошевой[1], В. А. Денисов[2]

[1]ООО «Геологоразведочное предприятие «Урал Промышленный-Урал Полярный»»,
[2]ООО «Геотекс»

ТОЛЬИНСКО-ОТОРЬИНСКАЯ УГЛЕНОСНАЯ ПЛОЩАДЬ СЕВЕРО-СОСЬВИНСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА (НОВЫЕ ДАННЫЕ)

Интерес к бурым углям Северо-Сосьвинского угленосного района с завидным постоянством возникает каждые 10-15 лет и с таким же постоянством постепенно спадает. Усилившееся в настоящее время внимание к угленосному району подкрепляется несколькими существенными факторами. Во-первых, это осуществление глобального проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный». Предполагаемое строительство железных и автомобильных дорог, проходящих в непосредственной близости от месторождений угленосного района, значительно улучшает стратегические позиции месторождений в плане формирования инфраструктуры. Во-вторых,

это утверждение Правительством Российской Федерации «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», в которой обращается особое внимание на более глубокую переработку энергетических углей с использованием современных технологий (производство синтетического жидкого топлива, синтез-газа и др.). Предполагается создание на базе Оторьинского буроугольного месторождения Северо-Сосьвинского энергокомплекса, включающего углеразрез, завод по глубокой переработке бурых углей и Северо-Сосьвинскую электростанцию. Хочется надеяться, что проявившийся сейчас интерес промышленности к бурым углям Северного и Приполярного Урала выльется во что-то практически полезное и необходимое.

Основой для статьи явились результаты обработки и осмысливания фактического материала, полученного ГУП «Сосьвапромгеология» при проведении поисково-оценочных работ на площади Тольинского и Оторьинского месторождений в 1990-1993 гг. и ГДП-200 в 1999-2002 гг.

Что же изменилось в Северо-Сосьвинском угленосном районе за последние 20 лет?

Изученность Северо-Сосьвинского угленосного района до сих пор остается крайне низкой, что можно проиллюстрировать количеством и соотношением различных категорий запасов и прогнозных ресурсов.

В конечном итоге количество потенциально промышленных месторождений в угленосном районе осталось прежним, а именно: Люльинское, Тольинское и Оторьинское (первое месторождение – позднетриасового возраста, остальные два – ранне-среднеюрского). Однако необходимо отметить, что степень изученности и промышленное значение запасов вышеупомянутых месторождений несколько повысились: в 2008 г. прошли экспертизу и поставлены на Государственный баланс запасы Люльинского месторождения по категориям В, C_1 и C_2 в количестве 78 млн т; ревизионными и поисковыми работами в период 1990-1993 гг. на площадях Тольинского и Оторьинского месторождений установлены и рекомендованы для дальнейшего изучения новые участки, пригодные для открытой отработки. Вместе с тем до сих пор остается проблематичной возможность открытой эксплуатации запасов еще трех давно известных месторождений: Няйсского, Лопсинского и Усть-Маньинского.

Несмотря на то, что Госбалансом в Северо-Сосьвинском угленосном районе учтено в настоящее время 1350,2 млн т угля до глубины 300 м (табл. 1), полноценную экспертизу прошли лишь запасы Люльинского месторождения. Запасы остальных месторождений поставлены на баланс по результатам работ 50-х годов минувшего века (без проведения каротажных работ и по устаревшим кондициям) протоколом НТС Уральского геологического управления (1960 г.) и не вполне отражают современное состояние отрасли.

Таблица 1

Состояние запасов бурых углей месторождений Северо-Сосьвинского угленосного района

Номер на карте	Месторождение	Запасы угля, млн т, учтенные Госбалансом на 01.01.2008 г.			Рекомендуемая дальнейшая стадия изучения
		$B+C_1$	C_2	глубина, м	
1	Люльинское	12,1	65,9	0-300	Разведка
2	Тольинское	144,8	318,1	0-300	Оценка и разведка
3	Оторьинское	252,4	475,6	0-300	Оценка и разведка
4	Няйсское	-	18,4	0-300	Оценка
5	Лопсинское	51,0	-	0-300	Оценка
6	Усть-Маньинское	9,2	2,7	0-300	Оценка
Итого		469,5	880,7	0-300	

Согласно соображениям целесообразности и рентабельности, большинство месторождений бурых углей отрабатываются открытым способом, и поэтому такие угли (пригодные к открытой отработки) должны учитываться отдельной строкой. В табл. 2 приведены авторские запасы и прогнозные ресурсы бурых углей, пригодные к открытой отработке.

На площади **Оторьинского месторождения**, кроме выделенного ранее участка для открытых работ в центральной части месторождения с запасами 105,4 млн т, сейчас рекомендуются в северной части месторождения (по результатам поисково-оценочных работ 1990-93 гг.) для открытой отработки запасы угля в количестве 184,4 млн т категории C_2. Прогнозные ресурсы угля, потенциально пригодные для открытой отработки, оценены до глубины 300 м по категории P_1 в количестве 210,8 млн т (табл. 2).

На площади **Тольинского месторождения** по результатам поисково-оценочных работ 1990-1993 гг. к открытой отработке предлагаются, в дополнение к ранее подсчитанным запасам в 58,3 млн т, запасы категории C_2 в количестве 151,5 млн т и прогнозные ресурсы категории P_1 в количестве 129,4 млн т при средней глубине отработки 100 м.

Приведенные здесь запасы по Тольинскому и Оторьинскому месторождениям на экспертизу ГКЗ не представлялись (в связи с известным кризисом российской геологии), и изменения в их учет не вносились.

Учтенные прогнозные ресурсы бурых углей ХМАО-Югры составляют 11,1 млрд т (до глубины 600 м), из которых реально интерес могут представлять лишь **4,3 млрд т** (до 200-300 м). По степени изученности эти 4,3 млрд т угольных ресурсов распределяются следующим образом: P_1 –

0,5 млрд т (12 %); P_2 – 1,9 млрд т (44 %) и P_3 – 1,9 млрд т (44 %). Почти 90 % прогнозных ресурсов угля представлены категориями P_2 и P_3. Причем преобладающее количество прогнозных ресурсов P_1 сосредоточено в пределах Тольинско-Оторьинской угленосной площади.

Таблица 2

Запасы и прогнозные ресурсы бурых углей Северо-Сосьвинского угленосного района, потенциально пригодные для открытой отработки (с учетом авторских)

№ п/п	Месторождение	Запасы угля и ресурсы, млн т			Рекомендуемая стадии работ
		$B+C_1$	C_2	P_1	
1	Люльинское	12,1	65,9	20	Разведка
2	Оторьинское	105,4	184,4	210,8	Оценка и разведка
3	Тольинское	58,3	151,5	129,4	Оценка и разведка
	Итого	175,8	401,8	360,2	

Таким образом, Тольинско-Оторьинская угленосная площадь в настоящее время является наиболее изученным объектом в Северо-Сосьвинском районе, в какой-то мере подготовленным к промышленному освоению. Дальнейшее развитие геологоразведочных работ несомненно позволит увеличить запасы бурых углей, пригодных к открытой отработке, до 500-550 млн т.

В административном отношении Тольинско-Оторьинская угленосная площадь расположена в пределах Березовского района Ханты-Мансийского автономного округа–Югры. В геологическом отношении – приурочена к меридионально вытянутой положительной структуре – Мансийскому валу. Причем Тольинское месторождение расположено на его западном крыле, Оторьинское – на восточном.

Первооткрывателем угленосности мезозойских отложений в бассейне р. Сев. Сосьвы, по-видимому, следует считать участника первой Северной Горной Экспедиции поручика Н. И. Стражевского, которым в 1883 г. был установлен сложный пласт бурого угля на склоне возвышенности между реками Толья и Мурынгъя (Тольинское буроугольное месторождение). Средняя пачка угля этого пласта составляла «до 2,5 аршин толщины».

Протяженность угленосной площади – около 45 км при ширине до 15 км. На востоке площадь условно ограничена глубиной погружения угольных пластов до 300 м. С запада площадь ограничена сбросом амплитудой 200-400 м.

Изученность и геологическое строение района подробно раскрыты в ряде известных работ [1, 2], поэтому в данной статье приведены лишь краткие сведения, необходимые для понимания сути вопроса.

Промышленная угленосность Толья-Оторьинской угленосной площади в основном связана с терригенной угленосной формацией раннесреднеюрского возраста. Характер угленосности раннекаменноугольного и позднетриасового возрастов изучен весьма слабо, хотя осадочные образования упомянутых возрастов с признаками угленосности в районе известны.

В центральной части угленосной площади под неоген-четвертичными образованиями скважинами вскрываются в виде своеобразных выступов наиболее древние песчаники и алевролиты полимиктового состава с прослоями мергелей, углистых аргиллитов и известняков с обломочной структурой, с фауной, характерной для турнейских и визейских отложений (рис. 1).

Скважина 544, пробуренная в 1990-1993 гг. под угленосными юрскими осадками, в интервале 119,5-289,9 м вскрыла континентальные отложения – полимиктовые песчаники, алевролиты, аргиллиты серые и зеленовато-серые. По заключению палинолога В. Г. Стрепетиловой эти отложения относятся к ладинско-карнийскому возрасту.

Таким образом, проблема поисков углей позднетриасового и нижнекаменноугольного возрастов в районе не снимается.

Юрская угленосная формация представлена двумя угленосными свитами: нижней – яныманьинской и верхней – тольинской. В каждой свите устанавливается до 5-6 рабочих угольных пластов.

Яныманьинская свита развита большей частью в понижениях фундамента; характер угленосности неравномерный, «узловой». Свита содержит в нижней части пески и песчаники с глинистым и карбонатным цементом, песчано-гравийные образования. Верхняя часть представлена алевритистыми глинами, алевролитами, углистыми глинами с пластами бурых углей. Мощность отложений свиты 50-170 м. Большие мощность и угленасыщенность свиты характерны для Тольинского месторождения.

Тольинская свита распространена практически повсеместно, основное промышленное значение в ней имеет венчающий свиту угольный пласт «Главный» (до 88 % запасов). Образования тольинской свиты представлены глинами, алевритами и алевролитами, песками и песчаниками. В отличие от яныманьинской свиты тольинская свита содержит более выдержанные пласты бурых углей. Мощность свиты составляет 50-100 м.

Перекрываются угленосные отложения согласно морскими образованиями верхней юры (маурыньинская, лопсинская и федоровская свиты – мощностью до 250 м) и нижнего мела (хорасоимская, улансынская и северососьвинская свиты – мощностью до 300 м).

Сплошным чехлом перечисленный комплекс пород перекрывается неоген-четвертичными образованиями мощностью в среднем 10-30 м, достигая в отдельных врезах 70-80 м. На условия генезиса упомянутой толщи существует, по крайней мере, две точки зрения – «ледниковая» и «внелед-

никовая», что для тематики данной статьи принципиального значения не имеет.

Современные представления о геологии Тольинско-Оторьинской угленосной площади показаны на рис. 1-3.

В создании структуры угленосной площади значительное участие принимают разрывные нарушения двух взаимноперпендикулярных направлений – «субмеридиональные» и «косо-широтные», которые в пластичных мезозойских образованиях часто могут принимать вид складчатых деформаций типа флексур. В связи с тем, что во многих случая при данной степени изученности невозможно установить тип нарушения, условно, на приложенных картах, разрывные нарушения и зоны складчатых деформаций мезозойских пород, образованные ими, изображены одним условным знаком – как разрывные нарушения.

Субмеридиональные разрывные нарушения (по крайней мере известные) образуют компактную группу нарушений шириной до 10 км, ориентированных в северо-северо-восточном направлении (М-I, М-II и М-III); По времени заложения они значительно старше нарушений косо-широтного направления. По всей видимости, влияние их отразилось не только на современном облике месторождений, но сказалось еще и при формировании т. н. «островов» и «впадин» палеорельефа в эпоху торфообразования. Крайнее западное нарушение, вертикальной амплитудой не менее 300-400 м, отделяет Мансийский горст от Вольинской впадины.

Косо-широтные разрывы (К-2 – К-8) характеризуются направлениями от северо-западного (в западной части) до запад-северо-западного (на востоке) и более поздним временем заложения (скорее всего не ранее раннего мела). Для косо-широтной системы более характерны горизонтальные движения.

В структурном плане в пределах угленосной площади можно выделить три блока (рис. 1).

Северный блок (между разрывами К-1 и К-2) представлен лишь восточным крылом Мансийского вала (северная часть Оторьинского месторождения).

В Центральном блоке (между разрывами К-2 и К-6) уже отчетливо различаются: западное крыло (Тольинское месторождение) и восточное крыло (южная часть Оторьинского месторождения) с пологим падением угленосной толщи на запад и восток. В осевой части этого блока (что отчетливо видно по выходам пласта Главного) угленосная толща частично эродирована, на отдельных участках вплоть до палеозоя.

В южном блоке площадь осевой эродированной части значительно расширяется и угольные месторождения окончательно обосабливаются. На западном борту Мансийского вала появляются слабоугленосные триасовые образования, что в северных блоках не отмечалось.

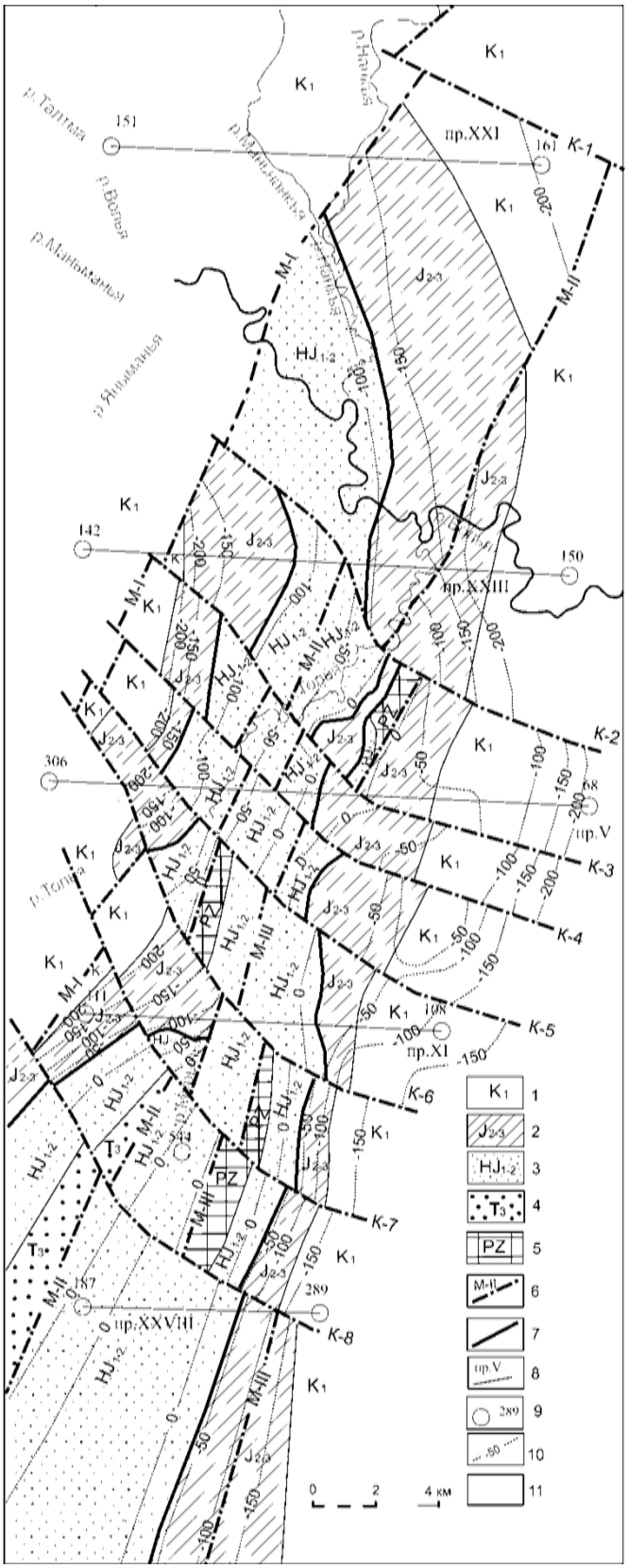


Рис. 1. Геолого-структурная карта Тольинско-Оторьинской угленосной площади:

1 – морские образования нижнего мела; 2 – морские образования средней-верхней юры; 3 – объединенная угленосная толща (нижняя-средняя юра); 4 – слабоугленосные образования верхнего триаса; 5 – выступы палеозойского фундамента; 6 – разрывные нарушения; 7 – выходы угольного пласта Главный под неоген-четвертичные образования; 8 – буровые профили; 9 – буровые скважины; 10 – изогипсы подошвы юрских отложений, м; 11 – речная сеть

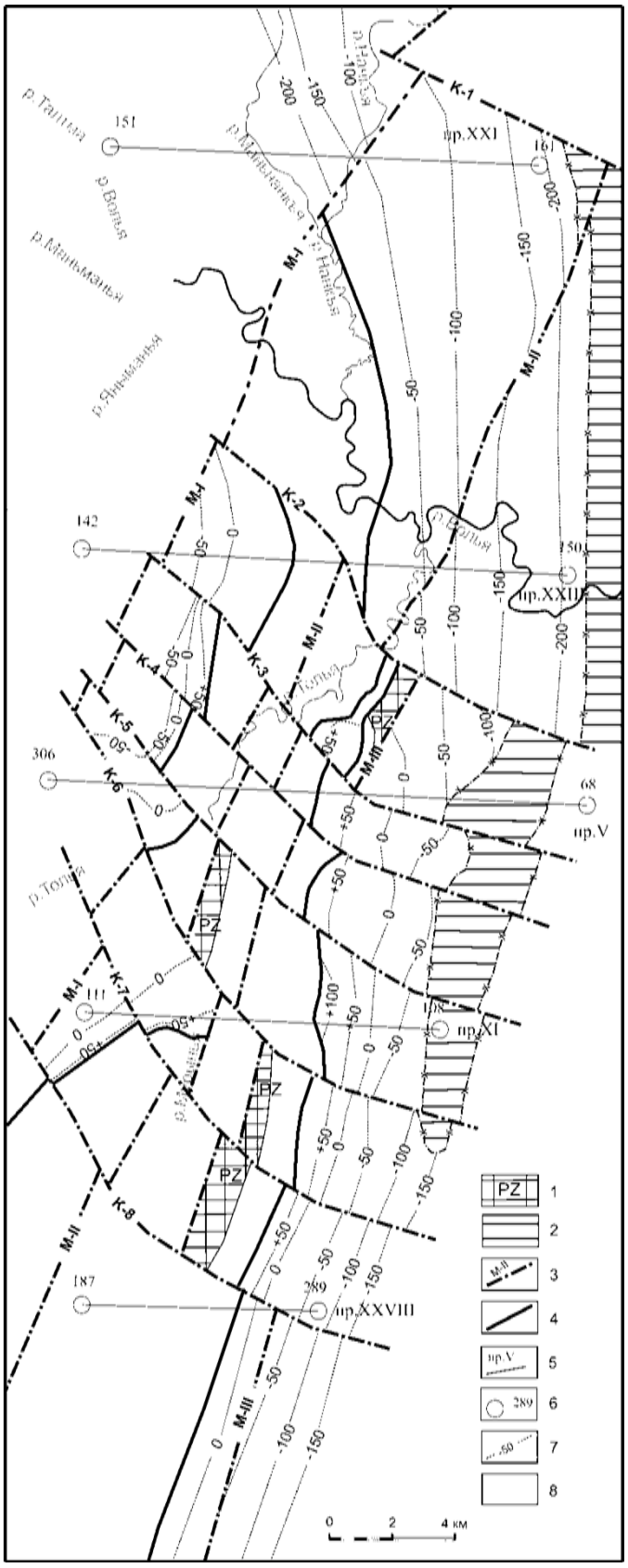


Рис. 2. Структурная карта пласта Главный:

1 – выходы палеозойского фундамента; 2 – площадь выклинивания угленосной толщи в зоне «палеоостровов»; 3 – разрывные нарушения; 4 – выходы угольного пласта Главный под неоген-четвертичные образования; 5 – буровые профили; 6 – буровые скважины; 7 – изогипсы кровли угольного пласта Главный, м; 8 – речная сеть

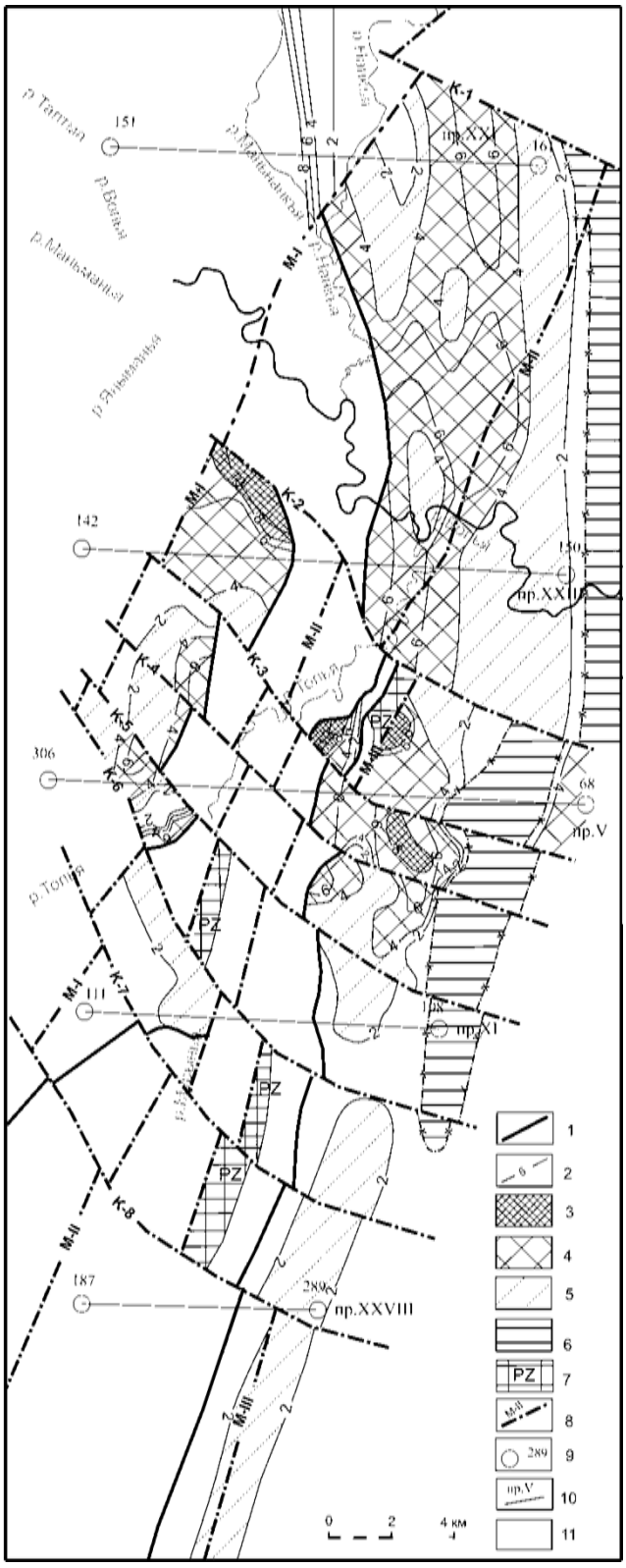


Рис. 3. Характер поведения мощности пласта Главный:

1 – выходы угольного пласта Главный под неоген-четвертичные образования; 2 – изопахиты угольного пласта Главный, м; 3 – площади угольного пласта с мощностью более 8 м; 4 – площади угольного пласта с мощностью от 4 до 8 м; 5 – площади угольного пласта от 2 до 4 м; 6 – площади отсутствия угольного пласта в зоне «палеоостровов»; 7 – выступы палеозойского фундамента; 8 – разрывные нарушения; 9 – буровые скважины; 10 – буровые профили; 11 – речная сеть

Сравнительный анализ структурной карты подошвы юрских образований (см. рис. 1) и кровли пласта Главного (рис. 2) свидетельствует о более сложном характере поверхности палеозойского фундамента, чем кровли пласта; хотя в общем плане формы упомянутых поверхностей близки. Ко времени формирования пласта Главного территория Тольинско-Оторьинской угленосной площади представляла собой выровненную поверхность, полого погружающуюся в западном направлении от зоны «палеоостровов».

На последней из представленных здесь карт – карте мощностей пласта Главного (рис. 3) – отчетливо видно, что как на Тольинском месторождении, так и на Оторьинском наибольшие мощности пласта образуют своеобразные «узлы» и приурочены к современным выходам его. По все видимости, в центральной «осевой» части угленосной площади, которая в настоящее время приподнята и разделяет вышеупомянутые месторождения, развивался угольный пласт Главный высокой мощности, эродированный впоследствии. Зона «палеоостровов», к западу от которой, а возможно и к востоку, на расстоянии 6-9 км происходило наиболее стабильное и интенсивное угле-(или торфо-)накопление, располагается в восточной части современного Оторьинского месторождения.

Карта изомощностей пласта Главного в совокупности со структурной картой его кровли позволяет более четко определить границы месторождений: Тольинское месторождение занимает площадь западного крыла Мансийского вала между разрывными нарушениями К-2 и К-6, Оторьинское месторождение – участок восточного крыла Мансийского вала между разрывами К-1 и К-5.

Приведенные материалы лишний раз подтверждают общность условий формирования Тольинского и Оторьинского месторождений.

Библиографический список

1. **Лидер В. А.** Геология Северососьвинского буроугольного бассейна // Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 11. М.: Недра, 1964. 145 с.

2. **Северо-Сосьвинский** угленосный район. М.: Недра, 1997. 81 с. (Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 85).

УДК 553.93/.96.042.044(571.511)

А. Б. Гуревич, Г. М. Волкова
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕЙ ТАЙМЫРСКОГО БАССЕЙНА

Таймырский каменноугольный бассейн – крупный, но совершенно не освоенный в настоящее время резерв энергетических и технологических углей – приурочен к области распространения пермских угленосных отложений, в виде субширотной полосы протяженностью 1000-1100 км и шириной 100-150 км, пересекающей весь полуостров Таймыр, от Енисейского залива на западе до побережья моря Лаптевых на востоке. Площадь бассейна около 80 тыс. км^2 [12]. В структурном отношении он принадлежит Таймырской складчатой системе [9]. Тарейским валообразным поднятием бассейн делится на две изолированные площади: Западно-Таймырский и Восточно-Таймырский угленосные районы, локализованные в одноименных тектонических впадинах. Угленосная формация, согласно региональной стратиграфической схеме, принадлежит быррангскому и соколинскому горизонтам нижнего и байкурскому и черноярскому горизонтам верхнего отделов перми. В Восточно-Таймырском районе горизонтам соответствуют одноименные свиты, в Западно-Таймырском – ефремовская (P_1ef), убойнинская (P_1ub), крестьянская (P_2kr) и макаревичско-бражниковская (P_2mb) свиты* соответственно. Формация представлена сложноритмическим чередованием терригенных (от конгломератов до алевролитов включительно), глинистых (аргиллитов), органогенных (углей) и смешанных органогенных-терригенных и органогенно-глинистых (углистых) пород. В верхней части разреза отмечается присутствие пирокластического материала.

Продуктивно-угленосными являются оба отдела перми в Западном и только верхний отдел, за редчайшими исключениями, в Восточном районах Таймырского бассейна. В наиболее представительных разрезах присутствует от 8 до 27 пластов угля рабочей мощности, что позволяет отнести месторождения и проявления бассейна к относительно многопластовым (от 5 до 15 пластов) и многопластовым (свыше 15) по классификации В. Н. Волкова [2]. Преобладают пласты тонкие (0,7-1,2 м) и средней мощности (1,21-3,50 м), простого, двухпачечного и сложного строения. На каждом из месторождений присутствуют 2-3 мощных пласта, чаще сложного строения. Степень их устойчивости может быть оценена только в пределах отдельных месторождений, где они относятся преимущественно к относи-

* В последней редакции стратиграфической схемы макаревичская и бражниковская свиты.

тельно выдержанным и невыдержанным на площади, единая синонимика для каждого из угленосных районов отсутствует.

Все угли бассейна относятся к гумолитам. По количественному соотношению основных групп мацералов они принадлежат классам гелитолитов (преобладают), фюзенолитов и (наименее распространены) микстогумолитов. Вопреки распространенной точке зрения, смена фюзенолитовых углей гелитолитовыми, в общем виде, относится не к границе ранней и поздней перми, а происходит внутри раннепермской эпохи [5].

Угленосная формация перекрывается вулканогенными образованиями перми и триаса мощностью до 2-2,5 км, а также инъецирована силлами и дайками долеритов мощностью от долей до 200-300 м. Их суммарный объем достигает, по экспертным оценкам, 20 % от объема угленосных отложений [9]. Как показал опыт исследований в Тунгусском бассейне, со сходной геологической ситуацией [10], пространственное распределение углей различного качества будет здесь определяться наложением резких и глубоких (вплоть до природного кокса и графита), но всегда локальных контактовых преобразований под воздействием интрузий на общую, или фоновую, метаморфическую зональность с плавным изменением состава и свойств угольного вещества в разрезе и на площади.

В Таймырском бассейне присутствуют «фоновые» угли от II («газовой») до VII-IX («антрацитовой») стадий. Повышение степени метаморфизма со "стратиграфической глубиной" (по правилу Хильта) наблюдается во всех изученных разрезах значительной мощности. На Пясинском месторождении угли самых верхних горизонтов макаревичско-бражниковской свиты принадлежит III, большей ее части – к IV и V, крестьянской свиты к IV-V и VI стадиям. На Черноярском месторождении вниз по 300-метровому разрезу коэффициент отражения витринита возрастает от 0,77 до 0,98 %, т. е. от II ("газовой") до почти III ("жирной") стадий, р. Заячьей – от 0,88 (II-III) до 1,13 % (III) (на 150 м разреза), на Сырадасайской площади (600 м разреза), от 0,84 (II) до 1,25 (III-IV) и т. п.

Намечается также площадная метаморфическая зональность, впервые охарактеризованная В. П. Тебеньковым [11], а позднее существенно уточненная Б. Н. Андросовым и др. на картах прогноза угленосности нижне- и верхнепермских отложений масштаба 1:1 000 000. В нижнепермских отложениях наиболее обоснованно намечаются зоны высокометаморфизованных (VI-IX) на северо-западе и слабометаморфизованных (II-III стадии) углей на юге Западно-Таймырского района. К первой относятся Слободское и Крестьянское месторождения, Лемберовское, Ефремовское и др. проявления. Ко второй зоне принадлежит Тарейское месторождение и большая (восточная) часть Сырадасайской площади (см. рисунок). Присутствие углей IV стадии на западе этой площади позволяет сугубо ориентировочно обозначить область распространения их среднеметаморфизованных разностей (IV-V стадий) при полном отсутствии другого фактического материала.

В отложениях верхней перми зона слабометаморфизованных углей охватывает южную и юго-восточную окраины Западно-Таймырского, а также центральную и предположительно южную часть Восточно-Таймырского районов (см. рисунок). К ней приурочены Сырадасайская площадь, Тарейское, Черноярское, р. Заячьей месторождения и др. углепроявления. К северу и северо-западу она сменяется зоной IV-Vстадий метаморфизма, которая обозначена Пясинским и Озерным месторождениями на западе и районом р. Угленосной на востоке Таймыра.

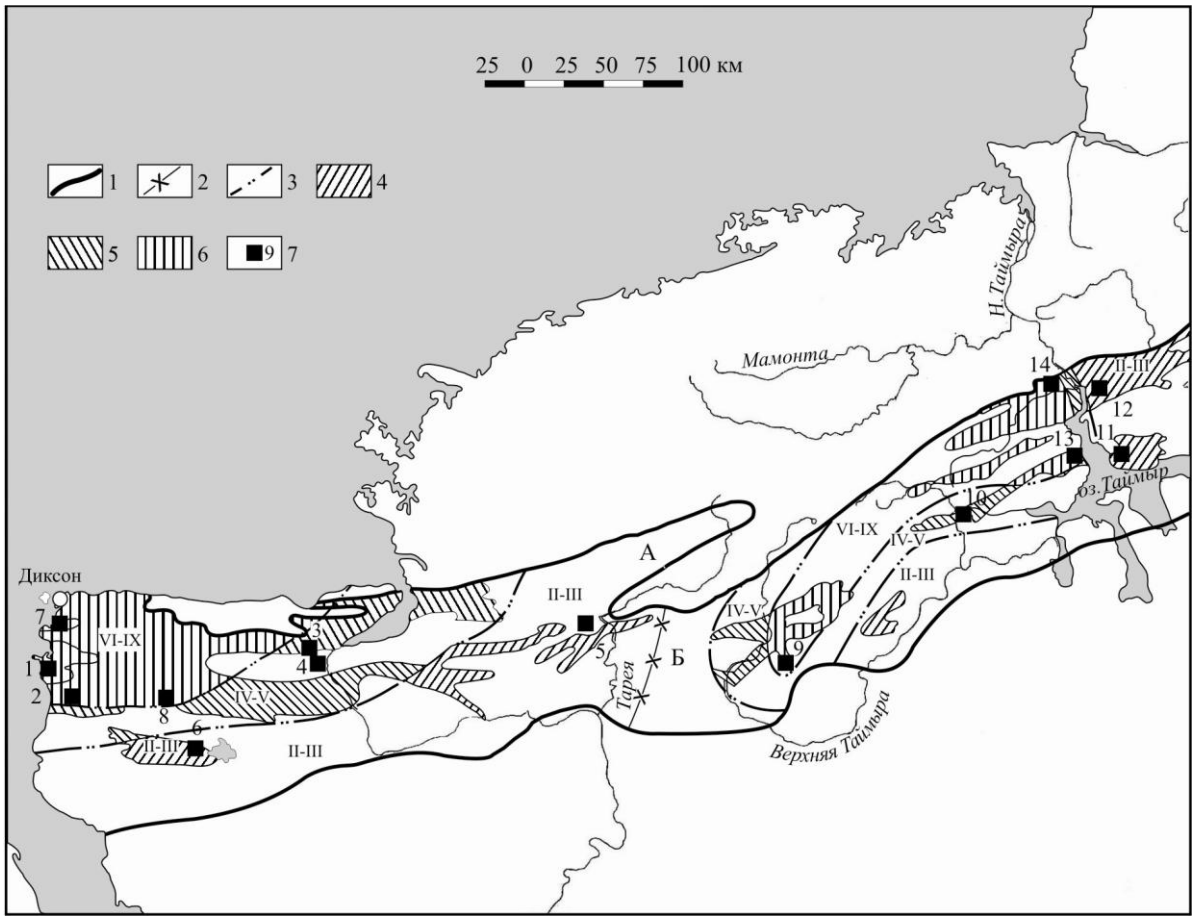


Схема распределения углей различного качества на территории Таймырского бассейна.

Условные обозначения: 1 – границы бассейна; 2 – границы угленосных районов: А – Западно-Таймырский район, Б – Восточно-Таймырский район; 3 – границы зон метаморфизма углей (установленные и предполагаемые): зоны II-III, IV-V, VI-IX стадий метаморфизма; 4-6 – площади с преобладанием (в границах количественной оценки ресурсов) углей различного качества: 4 – коксующихся (марок Г–ТС по ГОСТ 25543-88), 5 – слабо спекающихся и тощих (марок СС и Т), 6 – тощих и антрацитов (марок Т–А); 7 – месторождения, проявления, перспективные площади, их номера на схематической карте: 1 – Слободское, 2 – Крестьянское, 3 – Озерное, 4 – Пясинское, 5 – Тарейское, 6 – Сырадасайская площадь, 7 – Лемберовское, 8 – Ефремовское, 9 – Фаладибигютюское, 10 – Нганасанское (р. Угленосной), 11 – р. Заячьей, 12 – Черноярское, 13 – Гельмерсеновское, 14 – Энгельгардтское

Зона развития высокометаморфизованных углей (VI-IX), по-видимому, распадается на две достаточно удаленные области. Первая из них находится на северо-западе бассейна, занимая значительно меньшую площадь, чем в нижней перми (Слободское, Крестьянское месторождения, Лемберовское, Ефремовское и др. проявления и т.п.). Вторая область, на северо-западе Восточно-Таймырского района, обозначена Фаладибигютюским, Гельмерсеновским, Энгельгардтским и другими проявлениями, в которых к изолированным разрезам приурочены 1-4 пласта, относимые к тощим и антрацитам. Следует заметить, что в ряде случаев (Гельмерсеновское проявление и др.) это могут быть контактовометаморфизованные угли, и тогда схема фоновой метаморфической зональности претерпит существенные изменения.

Проявление площадной и вертикальной зональности с близкими к Кузбассу и Донбассу мощностями зон углей (табл. 1) могут свидетельствовать в пользу представлений о региональном типе метаморфизма угольного вещества.

Таблица 1

Вертикальная мощность зон метаморфизма углей
при пологом залегании угольных пластов

Стадии метаморфизма	Таймырский бассейн	Кузбасс	Донбасс
II	> 350 (> 300)*	900	850 – 1100
III	500 – 550 (500)	400	500 – 600
IV	500 – 550 (500)	650	350 – 450
V	450 – 600 (400-550)	600	300 – 400
VI	600 – 700 (600)	-	500 – 700

* В скобках – размер зон в нормальном стратиграфическом разрезе (по правилу Хильта).

Однако против этой гипотезы есть и существенные возражения. Прежде всего здесь отсутствует прямая связь между степенью постдиагенетических (метаморфических) преобразований вещества углей и мощностью угленосных отложений, характерная для бассейнов-эталонов проявления данного типа метаморфизма: Донбасса, Кузбасса, Печорского и т.п. На Сырадасайской площади с мощностью угленосной формации около 1 км развиты угли II-III стадий, а на Слободском месторождении при мощности 2 км – VII стадии. К двухкилометровому интервалу мощностей, по крайней мере в 2-4 раза меньшему, чем в Донбассе или Кузбассе, приурочена почти вся гамма каменных углей, от II до VII стадий, или от газовых до антрацитов. Такой же по полноте ряд каменных углей выявлен в верхнепермской части разреза угленосной формации мощностью не более 1,3-1,5 м на территориально разобщенных месторождениях в различных частях бассейна (Пясинском, Озерном, Черноярском, Слободском и т. п.), что не может получить объяснения с позиций регионального метаморфизма.

Но тогда основным фактором метаморфизации угольного вещества следует признать аномально высокий и дифференцированный на площади прогрев недр в пределах позднепермской – раннемезозойской палеовулканической области на территории Таймыра, т. е. термальный метаморфизм [7], выделенный в качестве самостоятельного типа еще в 70-х годах прошлого столетия (Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород, 1975). По ряду химико-технологических параметров (содержанию углерода, теплоте сгорания, показателям спекаемости и др.) угли Западного Таймыра ближе к изометаморфным углям Тунгусского бассейна (Норильский район), чем Кузбасса, что также свидетельствует в пользу данной точки зрения.

Контактовые преобразования под воздействием интрузий основного состава, накладываясь на фоновую метаморфическую зональность и искажая ее, определяют конечный итог распределения углей различного качества в разрезе и на площади. Масштабы этих преобразований, наиболее губительных для свойств спекаемости и коксуемости, могут быть весьма значительны (по экспертным оценкам, до 10-20 % и более), но детально изучены вне зоны выветривания по керну нескольких скважин только на Пясинском и Сырадасайском объектах [6]. Здесь вскрыто несколько силлов долеритов и габбро-долеритов мощностью от 1,4 до 62 м, влияние которых прослежено от непосредственного контакта до выхода на неизменные угли. В непосредственной близости к долеритам угли превращены в природные коксы и контактовые антрациты. По мере удаления от интрузива последовательно развиты контактово-тощие ($Т^к$), отощенные ($О^к$), коксовые ($К^к$), а на Сырадасайской площади – жирные ($Ж^к$) угли*. В целом, по сравнению с фоновыми, эти угли характеризуются повышением отражательной способности витринита, содержания углерода, возрастанием действительной плотности, снижением выхода летучих веществ и содержания водорода, отсутствием спекающей способности, а на более высоких ступенях контактового метаморфизма ($О^к$, $Т^к$) также рядом макро- и микроскопических признаков: серым оттенком цвета, стальным характером блеска витрена, пористостью и т. п. Во внешней, наиболее удаленной от интрузии зоне контактового ореола фиксируются лишь незначительные изменения углехимических и оптических параметров, которые устанавливаются только прослеживанием по серии проб вплоть до выхода на неизмененные угли. Макро- и микроскопические признаки контактовых преобразований практически отсутствуют, но резко снижаются и затем полностью исчезают спекающие свойства. Влияние силлов на вещество углей отмечается на расстоянии до 60-90 м. В экзоконтактах крупных в той или иной мере дифференцированных интрузий габбро-долеритов образуются метаантрациты и графиты, которые детально изучены на месторождении г. Сэрэгэн [3] и здесь не рассматриваются. Их

* Генетический ряд контактово-метаморфизованных углей, от длиннопламенных контактовых ($Д^к$) до антрацитов ($А^к$) ранее был охарактеризован в монографии "Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород" [7].

обусловленность тепловым, динамическим и эманационным воздействием внедрившейся магмы на вещество углей предопределила прерывистый, локальный характер распространения на территории бассейна.

Угли региона относятся преимущественно к мало- и среднезольным, низкосернистым, мало- и среднефосфористым, по своим химико-технологическим характеристикам пригодным для использования в энергетике, производстве металлургического кокса, электродов, электрокорунда, других углеродистых наполнителей. Их маркировка полностью соответствует требованиям ныне действующего ГОСТа 25543-88 только для Сырадасайской площади и частично Пясинского и Слободского месторождений, на которых она выполнена по пробам из керна глубоких поисковых и картировочных скважин. Здесь выделяются угли марок Г, ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КС, ОС, СС, ТС, Т, А (табл. 2). Для большинства других объектов, особенно изучавшихся в 30-40-х годах прошлого столетия, марочный состав, по сути дела, определялся степенью метаморфизма угольного вещества из проб, отобранных преимущественно в зоне выветривания. Здесь количественная оценка прогнозных ресурсов углей по ГОСТ 25543-88 произведена исходя из структуры распределения технологических марок по зонам метаморфизма: II-III и III-IV стадий на Сырадасайской площади, IV-V – на Пясинском месторождении (табл. 3). Они послужили эталонными объектами (объектами-аналогами) для всей области развития среднеметаморфизованных углей в бассейне. При всей приближенности подобных оценок такой способ количественного прогноза марочного состава по ГОСТу 25543-88 представляется в методическом отношении достаточно обоснованным. Зона VI-IX стадий метаморфизма вполне однозначно интерпретируется как площадь распространения тощих углей и антрацитов.

Общие кондиционные ресурсы углей Таймырского бассейна до глубины 600 м в результате авторского подсчета составили 97795 млн т, сократившись на 90 % по сравнению с официально утвержденной оценкой на 1.01.1998 г. в 185574 млн т [1]. Из этого количества на долю балансовых запасов, учтенных на двух мелких месторождениях, Слободском и Крестьянском, приходится всего 89 млн т, или менее 0,1 %, а все остальное отнесено к прогнозным ресурсам, квалификация которых также существенно изменилась. В частности, ресурсы категории P_1 были сохранены только для верхних горизонтов (0-300 м) Пясинского месторождения в количестве 278 млн т, тогда как на Тарейском, Озерном, Заячьем, Черноярском месторождениях из-за несоответствия нормативным требованиям к фактическому материалу они были переведены в категорию P_2. На том же основании прогнозные ресурсы углей вблизи озера Таймыр были переквалифицированы из категории P_2 в P_3, в результате чего их количество, несмотря на прирост за счет опоискованной Сырадасайской площади, сократилось с 9566 до 7316 млн т, т. е. на 2250 млн т. Но основное снижение твердотопливного потенциала произошло за счет ресурсов самой низкой категории достоверности – P_3, со175320 до 90112 млн т, т. е. на 85208 млн т.

Таблица 2

Марочный состав углей Таймырского бассейна (по ГОСТ 25543 – 88) [4]

Марка	Группа	Подгруппа	Классификационные параметры				Кодовое число	Эталонные объекты	Прочие объекты
			R o,n, %	∑ OK, %	V^{daf}, %	y, мм AR, RI			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г	1Г	1ГВ	0,83	15	40,6		08140XX	Сырадасайская площадь	Тарейское, р. Заячьей
Г	2Г		0,73	16	42,5	15	0714215		
ГЖО	1ГЖО	1ГЖОФ	0,96	47	31,0	10	0943010		Тарейское, р. Заячьей, Черноярское
	2ГЖО	2ГЖОВ	0,86-0,89	19-36	30,6-40,3	13	0813013-08340XX		
ГЖ	2ГЖ		0,80-0,85	14-32	36,8-43,9	17-20	0,823617-0814219		
Ж	1Ж 2Ж		1,07 0,84-1,11	0-34	36,1 31,6-35,1	16 18-35	10X3616 0823418 1103235		
КЖ			1,08-1,15	10-31	26,7-28,7	24-30	1012827-1132624 112830		Черноярское, р. Заячьей
К	1К	1КВ	1,21	33	23,3	18	1232218		Угленосное
	1К	1КФ	1,04-1,26	41-51	22,5-27,9	13-18	1042616 1152618 1242213		
КО	1КО	1КОФ	0,90-1,10	49-69	22,4-28,5	10-11	0952811 1162210		Черноярское, Угленосное
	2КО	2КОФ	1,25	61	19,6	11	1261811		
КС	1КС	1КСВ	1,31-1,32	9	22,5	6	1302206	Пясинское месторождение, Сырадасайская площадь	Угленосное, Озерное
КС	1КС	1КСФ	1,18-1,25	43-57	20,7-22,1	9	1142209 1252009		Угленосное
	2КС	2КСВ	1,52	18	19,6	0-7	1511807		

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТС		ТСВ	1,63-1,70	20	14,0	RI - 13	1721201	Пясинское месторождение	Озерное
СС	2СС		1,12-1,31	14-52	26,1-30,7	0	1153000 1312400	Пясинское месторождение, Сырадасайская площадь	Озерное
	3СС		0,97-1,64	17-59	17,3-23,6	0 (RI-16)	0951800 1422001 15X1801 1511600 1191800		
Т	1Т		1,63-2,07	20-23	13,9-15,9	0	16X1401 1721200 20X1200	Пясинское месторождение	Крестьянское, Озерное месторождения, проявления с углями нижней перми на Зап.Таймыре и др,
	2Т		1,75-2,38	21	10,2-14,3	0	1721000 23X1400		
А	1А	1АВ	2,6	32	4,0-9,0	0	263XXXX	Слободское	Лемберовское, Убойнинское, Матвеевское и др. проявления, предположительно повсеместно вблизи интрузий долеритов
А контакт	1А	1АВ	2,68-3,42	18	7,8	28-42 (AR)	261XX30 341XX20	Сырадасайская площадь, Пясинское месторождение	
		1АФ	3,29-3,37	48	6,5-6,9	54-63 (AR)	324XX50 334XX60		
	3А	3АФ	4,64-5,57	63-64	7,1-8,7	98-102 (AR)	466XX70 506XX70		

Таблица 3

Структура марочного состава углей на Сырадасайской площади и Пясинском месторождении (%)

Стадия метаморфизма	Марки углей												
II - III	Г	ГЖО	ГЖ	Ж	КЖ	К	КО	КСН	КС	СС	ТС	Т	$А^{к}$ X)
	3	7	8	14	10	-	5	1	-	7	-	-	5
III – IV	-	-	-	-	5	17	5	-	5	3	-	-	5
IV - V	-	-	-	-	-	-	-	-	3	50	2	45	-

Примечание. $А^{к}$ – контактовые антрациты.

В Западно-Таймырском районе учтено 73135, в Восточно-Таймырском – 24660 млн т каменных углей. По технологическим маркам их совокупные ресурсы распределяются следующим образом: газовые (Г) – 1299 млн т; газовые жирные отощенные (ГЖО), газовые жирные (ГЖ), жирные (Ж), коксовые жирные (КЖ) – 10347 млн т; коксовые (К), коксовые отощенные (КО), коксовые слабоспекающиеся (КС), отощенные спекающиеся или тощие спекающиеся (ОС или ТС) – 11465 млн т; слабоспекающиеся и тощие, неразделенные (СС, Т) – 34525 млн т; тощие и антрациты, неразделенные (Т-А) – 40159 млн т (табл. 4). В пересчете на условное топливо общие ресурсы углей Таймырского бассейна составляют 84867 млн т.

Наибольшему сокращению подверглись ресурсы углей коксующихся марок. По подсчетам авторов, они составляют 23111 млн т (24 % общих ресурсов). С. Б. Шишловым [13] по состоянию на 1.01.1998 г. к коксующимся было отнесено 28765 млн т углей. Тем не менее в официальных сводках и литературных источниках эти ресурсы на ту же дату оцениваются в 75589 млн т [1], оставаясь неизменными с 1979 года. Причина столь существенных расхождений, по-видимому, кроется в том, что к коксующимся в последнем случае были отнесены все угли от II до V стадий метаморфизма, как в Донбассе или Кузбассе. Но в Таймырском бассейне спекающие свойства, лежащие в основе коксуемости, наиболее отчетливо выражены в пределах зоны II и III стадий, где частично сохраняются даже в пробах, отобранных с поверхности. Иначе обстоит дело с фоновыми углями зоны IV и V стадий метаморфизма. На эталонном для них Пясинском месторождении только угли IV и частично переходные от IV и V стадий характеризуются спекшимся корольком и лишь по двум керновым пробам (из пластов IV и VII) с толщиной пластического слоя "y" = 6-7 мм. Коксовый остаток углей V стадии порошкообразный, а сами они по своим характеристикам близки к изометаморфным углям марок СС и Т Кайерканского месторождения в Норильском

Таблица 4

Ресурсы углей Таймырского бассейна в интервале 0-600 м (млн т)

Марка углей (ГОСТ-25543-88)	Ресурсы, соответствующие кондициям балансовых запасов							
	всего	запасы, учтенные Государственным балансом			прогнозные ресурсы			
		всего	в том числе по категориям		всего	в том числе по категориям		
			$A+B+C_1$	C_2		P_1	P_2	P_3
Всего по Таймырскому бассейну								
Г-А	97795	89	3	86	97706	278	7316	90112
Г	1299				1299		230	1069
ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ	10347				10347		2833	7514
К, КО, КС, ОС, (ТС)	11465				11465	56	2227	9182
СС, Т	34525				34525	222	970	33333
Т-А	40159	89	3	86	40070		1056	39014
В том числе коксующиеся								
Г-ТС	23111				23111	56	5290	17765
По Западно-Таймырскому угленосному району								
Г-А	73135	89	3	86	73046	278	7222	65546
Г	336				336		221	115
ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ	4375				4375		2775	1600
К, КО, КС, ОС, (ТС)	7546				7546	56	2205	5285
СС, Т	23685				23685	222	965	22498
Т-А	37193	89	3	86	37104		1056	36048
В том числе коксующихся								
Г-А	12257				12257	56	5201	7000
По Восточно-Таймырскому угленосному району								
Г-А	24660				24660		94	24566
Г	963				963		9	954
ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ	5972				5972		58	5914
К, КО, КС, ОС, (ТС)	3919				3919		22	3897
СС, Т	10840				10840		5	10835
Т-А	2966				2966			2966
В том числе коксующиеся								
Г-ТС	10854				1854		89	10765

районе Тунгусского бассейна. На Озерном месторождении спекающими свойствами (y = 8-13 мм) обладают угли трех из 22 угольных пластов рабочей мощности, свыше 70 % ресурсов относятся к маркам СС и Т [3]. В районе р. Угленосной на Восточном Таймыре все угли не спекаются [8], что может быть связано также с выветрелостью поверхностных проб. Таким образом, к коксующимся углям (марок КО (?), КС, ОС, ТС) может быть отнесено лишь порядка 15-20 % общих прогнозных ресурсов весьма обширной по площади и угленасыщенной зоны распространения углей IV-V стадий метаморфизма. Наряду с отрицательным влиянием интрузивного магматизма этим фактором обусловлено общее сокращение сырьевого потенциала технологических углей бассейна с 75589 до 23111 млн т, т. е. почти в 3,3 раза.

Вместе с тем, несмотря на столь резкое сокращение сырьевой базы, уже в недалекой перспективе Таймырский бассейн может представлять промышленный интерес для организации добычи коксующихся углей и вывоза ее в европейскую часть России и на экспорт.

Библиографический список

1. **Баланс** запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Уголь. Т.VII, часть 2. ФГУННПП «Росгеолфонд», 2006.

2. **Волков В. Н.** Прикладные аспекты генетических классификаций угольных бассейнов // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: типогр. ПО "Север", 1994. С. 19-26.

3. **Вялов В. И., Голицын А. М., Андросов Б. Н.** Таймырский угольный бассейн //Угольная база России (Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири). М.: ЗАО "Геоинформмарк", 2001. Т. IV. С. 187-256.

4. **ГОСТ 25543-88.** Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. М.: Изд-во Госстандартов, 1988. 19 с.

5. **Гуревич А. Б., Волкова Г. М.** Таймырский угленосный бассейн (угленосность, качество, ресурсы углей) // Природные ресурсы Таймыра: сб. науч. трудов, вып. 1. Дудинка, 2003. С. 160-177.

6. **Гуревич А. Б., Волкова Г. М., Гаврилова О. И.** О контактовых преобразованиях углей и вмещающих пород западной части Таймырского бассейна вблизи интрузий долеритов // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 3. С. 131-135.

7. **Метаморфизм** углей и эпигенез вмещающих пород / под ред. Г. А. Иванова, М.: Недра, 1975. 255 с.

8. **Мигай И. М.** Угленосность пермских отложений восточной части Таймыра и северо-восточной окраины Средне-Сибирского плоскогорья // Труды НИИГА. 1954. Т. 64. 124 с.

9. **Погребицкий Ю. Е.** Палеотектонический анализ Таймырской складчатой системы // Труды НИИГА. 1971. Т. 166. 248 с.

10. **Прогноз** качества углей в бассейнах с широким проявлением магматизма (методические рекомендации) / ред. А. Б. Гуревич (О. И. Гаврилова, А. Б. Гуревич В. Г. Шевелев, С. Б. Шишлов). СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 74 с.

11. **Тебеньков В. П.** Основные закономерности углефикации пермских углей Западного Таймыра // Проблемы геологии и минеральных ресурсов Таймыра, Северной Земли и Севера Средне-Сибирского плоскогорья // Труды НИИГА. 1965. Т. 145. С. 188-194.

12. **Шведов Н. А.** Таймырский угольный бассейн // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. М., 1964, т. 8. С. 309-379.

13. **Шишлов С. Б.** Перспективы угленосности Таймырского бассейна // Недра Таймыра, 1999, вып. 3. С. 180-196.

УДК 553.493:553.96 (571.63)

В. И. Вялов[1], Е. В. Кузеванова[1], Г. А. Олейникова[1], Д. С. Ключарев[2]

[1]Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского

[2]Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕДКОМЕТАЛЬНО-УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИМОРЬЯ

Существует проблема воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) ряда редких элементов (РЭ), значительно обострившаяся после распада СССР. Ресурсы РЭ имеются преимущественно на удаленных труднодоступных рудных объектах. В 2009 г. в «Долгосрочную государственную программу изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» дополнительно включены редкие металлы: бериллий, германий, литий; редкоземельные элементы; рений, стронций, а также цветные - сурьма и ртуть.

В Приморье имеется несколько редкометально-угольных месторождений с рядом редких и ценных элементов (Ge, Ga, Be, W, РЗЭ (лантаноиды и Y), Sc, Li, Sn, Au, Ag и др.) [3, 6 и др.]. Воспроизводство МСБ редких металлов может быть существенно расширено за их счет, так как в них учитывался только Ge. Поэтому в 2006-2008 гг. во ВСЕГЕИ осуществ-

лялся проект **«Оценить ресурсный потенциал редкометально-угольных месторождений России – перспективной сырьевой базы редких элементов для металлургической промышленности».** [*]Основной целью работы являлась комплексная оценка прогнозных ресурсов редких элементов в основных редкометально-угольных месторождениях Приморья. Это Павловское, Шкотовское и Бикинское (Нижнее-Бикинское), Раковское буроугольные месторождения Приморья – там, где ранее были открыты одноименные германий-угольные месторождения (соответственно, Спецугли и Лузановское, Шкотовское, Черемшовое и Федосьевское, с оцененными запасами и ресурсами германия). По этим месторождениям было отобрано более 300 проб углей, а также проб пород кровли и почвы пластов.

Определены критерии оценки минимальных промышленных концентраций редких элементов в углях (табл. 1). За основу были взяты содержания редких и ценных элементов в промышленных типах руд, которые представлены в Государственном балансе полезных ископаемых Российской Федерации на те или иные металлы.

Таблица 1

Содержания (в г/т) редких-ценных элементов для оценки энергетического топлива как сырья для попутного получения редких и ценных элементов

Элемент	Ссылки:				Принятые минимально- промышленные содержания элементов, г/т
	«Инструкция…» [1]	«Ценные и токсичные…» [7]		Государственные балансы полезных ископаемых РФ. Рассеянные элементы. Бериллий. Ванадий. И т. д. М, 2005, 2006, 2007 гг.	
	уголь	уголь	зола	Содержания в промышленных типах алюмосиликатных и других руд, г/т	
Be	50	5	20	BeO : 100-320 и выше	BeO: 100, на Be – 36 в
Sc	-	10	50	Среднее в коренных месторождениях 20,39 г/т, 4,63 г/м^3 россыпные (циркон-рутил-ильменитовые), подготавливаемые к освоению. Среднее по РФ – 10,27 г/т	5-10 в золе
Ti				Россыпные, кварцевые пески с титаном и цирконием – содержание диоксида титана 0,81 кг/м^3, или 3240 г/т	На Ti: 1944 – в золе
V	100	100	500	V_2O_5: 400-1200 (в бокситах)	V_2O_5: 400 в золе, на V – 224
Cu				100 – в комплексных молибден-вольфрамовых типах, 400 – в медно-молибденовых	100 в золе
Zn				500 - в оловянных типах руд, 1100- молибденовых (в прочих комплексных)	500 в золе

[*] Отчет по проекту представлен в Росгеолфонд (ГР № 25-06-3 в ФГУ ТФИ по Приморскому краю).

Продолжение табл. 1

Элемент	Ссылки:				Принятые минимально- промышленные содержания элементов, г/т
	«Инструкция…» [1]	«Ценные и токсичные…» [7]		Государственные балансы полезных ископаемых РФ. Рассеянные элементы. Бериллий. Ванадий. И т. д. М, 2005, 2006, 2007 гг.	
	уголь	уголь	зола	Содержания в промышленных типах алюмосиликатных и других руд, г/т	
Ga	20	20	100	19,08-24,66-53,16 (нефелиновые- апатит-нефелиновые руды – бокситы); свинцово-цинковые –6,95	19-54 (в золе), среднее по РФ – 26,28
Ge	10	30	150	124,38 – среднее в германиеносных бурых углях, 1,92 – в кам. углях	5-10 в угле
Se				От 0,59 г/т в свинцово-цинковых до 68,38 в полиметаллических типах, в среднем 55,44 г/т по 57 месторождениям РФ	0,59- 55,44 в золе
Rb				Rb_2O в апатит-нефелиновых рудах 91,8, в нефелиновых 78,1 г/т, 70,99- карналлитовые пор.	Rb : 71,4 в золе
Sr				Оксид стронция в лопаритовых рудах – 800 г/т	Sr : 675 в золе
Y + РЗЭ	500 (сумма РЗЭ+ Y)	15	75	ΣTR_2O_3: 400 (песчаники лейкоксен-кварцевые нефтесодержащие)	ΣTR_2O_3: 400 в золе, на TR ≈ 340
Zr	500	120	600	ZrO_2: 900 –пирохлоровые	ZrO_2: 900 (в золе), на Zr – 670;
Nb	100	10	50	Nb_2O_5 100-3700 (1700)	Nb_2O_5: 100, на Nb – 70 в золе
Mo	100	6	30	100 – штокверковые руды с попутным молибденом. В контурах урановых руд учитывать без ограничения содержаний	100 в золе
Ag	2	1	5	Комплексные серебросодержащие руды: молибденовый - 5 медистые песчаники и сланцы – 10. В контурах урановых руд учитывать без ограничения содержаний	5-10 в золе
Cd				В медноколчеданных типах руд от 10 до 400 г/т, в среднем 50.	10 в золе
In				Россыпные оловянные: 0,1 г/м^3	0,04 в золе
Sn				0,02 % в жилах и зонах редкометальных амазонитовых гранитов	200 в золе
Sb	300	30	150	30 (полиметаллические) Сурьмяные –3,68 %.	30 в золе
Te				От 1,01 г/т в Pb- Ni до 27,28 в медно-колчеданных	1,0 в золе

Окончание табл. 1

Элемент	Ссылки:				Принятые минимально- промышленные содержания элементов, г/т
	«Инструкция…» [1]	«Ценные и токсичные…» [7]		Государственные балансы полезных ископаемых РФ. Рассеянные элементы. Бериллий. Ванадий. И т. д. М, 2005, 2006, 2007 гг.	
	уголь	уголь	зола	Содержания в промышленных типах алюмосиликатных и других руд, г/т	
Cs	100	30	150	Cs_2O: 0,9 (апатит-нефелиновые), 22,71 – среднее по разным типам руд РФ. Среднее 2,48 – в рудах, разрабатываемых на др. компоненты.	Cs_2O – от 0,9 до 2,5 в золе
Hf				Оксид гафния 67,14 (циркон-рутил-ильменитовые россыпи в песках)	На Hf: 23 в золе
W	50	30	1000	WO_3: в россыпных месторождениях – 94,028 г/м^3	WO_3 – 94,028 г/м^3, на W – 75 г/м^3 или около 35 г/т в золе
Re				0,045 – разрабатываемые на другие компоненты (молибденовые), 0,008 г/т – нераспределенный фонд (молибденовые), 0,197 - разведываемые, 0,024 – среднее по РФ	0,008-0,045 в золе
Pt (и Pd)		0,005	0,025	Платиноиды: россыпные: Pt- Au – 0,08 г/м^3, 0,008 г/м^3 (золотоносные с платиной)	0,08 – 0,008 г/м^3, или 0, 03 – 0,003г/т в золе
Au	0,1	0,02	0,1	0,7 г/м^3- россыпные для открытой разработки, дражный –0,286 г/м^3; гидравлический 0,253 г/м^3 В контурах урановых руд учитывать без ограничения содержаний	0,10 в золе
Hg				Комплексные Hg-содержащие 58 – 25 (подготавливаемые к освоению). В медноколчеданных 19,34, в медно-цинковых рудах 34,9, в серноколчеданных 11,65, медных вкрапленных рудах 2,8.	2,8 в золе
Tl				5,94 в медноколчеданных	5,94 в золе
Pb				900 в молибденовых	900
Bi				30 г/т в медноколчеданных типах	30 в золе
U	-	-	1000	200 – забаланс, 330 – разрабатываемые (урановые в песчаниках)	200 – 330 в золе

Во ВСЕГЕИ проведена экспериментальная работа по выбору оптимального метода разложения проб бурых углей для масс-спектрометрического анализа на возможно более широкий круг элементов из одной навески, оценены результаты экспериментов. Оказалось, что ис-

пользование схемы «царская водка» + HF позволяет более правильно определить содержания в бурых углях Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Re, Tl, Pb, Bi, U. Это позволило более достоверно оценить концентрации германия в углях, **которые оказались значительно выше (в 1,7-1,8 раза)** получаемых при широко распространенном стандартном определении (из золы углей, в т. ч. по ГОСТ 10175-75). Однозначно установлено, что даже при медленном, ступенчатом озолении малосреднезольных углей часть германия и некоторых элементов теряется из-за сродства Ge к углероду и значительной летучести элемента (табл. 2). В среднем **Ge** теряется **в 1,72** раза**, Sb** в **2,35** раза**, W** в **11,8 (!)** раза больше**.** Метод полного кислотного вскрытия позволил получить даже данные по **Ag** (на уровне 0,2 г/т – в угле (в теоретическом пересчете на золу около 1 г/т), что не удавалось в золе. Поскольку Ge всегда (около 50 лет) анализировался в золе углей, преимущественно количественным рентгено-флюоресцентным методом (по ГОСТ 10175-75), эта методика оказалась неудовлетворительной - вследствие очевидных потерь элемента при озолении. Т. е. утвержденные в Государственном балансе запасы германия **(определения которого производились по указанному ГОСТ) оказались недостоверны (занижены),** что определяет необходимость переоценки запасов германия в углях.

Факт потери германия и др. элементов при озолении является причиной не только аналитических ошибок определения элементов, но и ***неправильных интерпретаций их распределения в угольных пластах (в разрезе и по площади), а также представлений о генезисе редкометально-угольных месторождений*** [2, 5, 8 и др.]**.**

Во ВСЕГЕИ также разработан специальный методический подход к локальному анализу (ЛА-ИСП-МС) аншлифов в мацералах и минералах бурого угля. Использование для анализа микроэлементов бурых углей метода ЛА-ИСП-МС значительно расширяет возможности их исследования как с научной, так и с практической точек зрения.

Во ВСЕГЕИ получен большой массив новых количественных данных по содержаниям редких и ценных элементов в углях Павловского, Бикинского (Нижне-Бикинского), Шкотовского, Раковского месторождений. Количественные достоверные концентрации около 50 редких и ценных элементов по более чем 300 пробам углей, а также результаты лазерного микроанализа подтвердили уникальность редкометальных углей Приморья. Как в углях, так и в продуктах их сжигания (золах и шлаках) Be, Sc, Zn, Ga, Ge, Se, Rb, Sr, РЗЭ + Y, Cs, W, Ag **образуют рудные концентрации**, а ряд элементов - V, Cu, Zr, Nb, Mo, Te – близки к рудным. Такие элементы, как Re (до 0,0069 г/т в угле и выше), Tl (до 0,97 г/т в угле и выше), In, Au также дают высокие концентрации, **сопоставимые по уровню в промышленных типах руд.**

Таблица 2

Результаты анализа металлоносных углей уч. «Спецугли»

№ п/п	Be		Ge		Zr		Ag		Sb		W	
1	**12,7**	21	**130**	28,7	**48,7**	95,9	**0,24**	<0.1	**10**	25,9	**96,7**	11,2
2	**19,7**	30,16	**211**	29,9	**39,5**	46,54	**0,16**	<0.1	**18,1**	31,98	**143**	13,78
3	**19**	29,1	**413**	268	**13,9**	25,1	**0,11**	<0.1	**25,7**	6,3	**224**	18,3
4	**7,63**	13,8	**429**	353	**18,3**	19,4	**0,15**	<0.1	**25,5**	4,8	**229**	20,1
5	**20**	30,1	**129**	73,8	**49,6**	87,42	**0,18**	<0.1	**10,1**	21,08	**85,2**	9,92
6	**18,5**	34,34	**205**	127,2	**41,6**	65,62	**0,19**	<0.1	**15,3**	30,26	**141**	19,7
7	**31,5**	50	**644**	432	**60,1**	110	**0,21**	<0.1	**314**	35,6	**167**	16,8
8	**53,6**	72,24	**1290**	1076,4	**12,1**	23,16	**<0.1**	<0.1	**573**	212,4	**295**	11,88
9	**53,6**	78,21	**1120**	554,4	**12,6**	22,11	**<0.1**	<0.1	**495**	386,1	**271**	22,5
10	**26,8**	68,77	**622**	435,5	**52,4**	13,52	**<0.1**	<0.1	**270**	49	**156**	16,64
11	**49,5**	79	**1090**	637,2	**12,8**	18,92	**0,13**	<0.1	**493**	266,4	**298**	19,8
12	**41,7**	75,43	**964**	545,3	**64,9**	26,6	**0,12**	<0.1	**451**	78,66	**249**	12,54
13	**32,5**	49,04	**1540**	519,2	**7,85**	12,96	**<0.1**	<0.1	**628**	275,2	**376**	27,92
14	**14,1**	27,84	**2050**	921,6	**6,84**	23,88	**<0.1**	<0.1	**731**	24,84	**452**	17,4
15	**26,6**	43,7	**701**	499,8	**59,3**	99,96	**0,34**	<0.1	**293**	38,64	**205**	23,94
16	**35,3**	49,6	**652**	527	**57,3**	97,34	**0,23**	<0.1	**277**	32,24	**201**	20,46
17	**27,4**	40,68	**626**	293	**80,6**	125,64	**0,25**	<0.1	**242**	478,8	**193**	18,36
18	**14,5**	22,5	**517**	285	**15,7**	33,3	**<0.1**	<0.1	**11,7**	11	**427**	25,4
19	**25,4**	38,72	**117**	101,6	**36,5**	77,88	**0,17**	<0.1	**4,12**	3,52	**138**	15,18
20	**20,9**	28,38	**216**	124,8	**7,36**	22,62	**<0.1**	<0.1	**3,71**	2,64	**257**	18
21	**30,3**	36,68	**111**	37,7	**23,5**	55,58	**0,11**	<0.1	**9,7**	5,88	**137**	11,06
22	**24**	39	**202**	194,4	**5,84**	15,24	**<0.1**	<0.1	**2,43**	1,62	**307**	41,76
23	**25,9**	36	**211**	188	**5,91**	15,36	**<0.1**	<0.1	**6,61**	19,68	**268**	18,64
24	**22,3**	31,78	**203**	106,1	**23,3**	42,42	**0,11**	<0.1	**6,17**	13,44	**243**	30,38
25	**22,3**	29,41	**167**	65,3	**26,6**	54,57	**0,14**	<0.1	**13,2**	32,64	**269**	25,84
26	**23,5**	37,6	**149**	129,6	**8,88**	23,68	**<0.1**	<0.1	**3,83**	11,2	**185**	21,6
Среднее	**26,89**	42	**565,73**	329	**30,46**	48,26	**0,148**		**189,74**	80,76	**231,27**	19,6

Примечания: 1. **Жирным выделены результаты, полученные методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (полное кислотное вскрытие угля, без озоления).** 2. Нормальным шрифтом: для **Zr, Sb** - результаты масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, для **Be, Ge, Ag; W** – данные атомно-эмиссионного анализа с индуктивно-связанной плазмой (ICP AES), выполненные в золе (сплавление). В таблице они пересчитаны на уголь с учетом зольности проб.

В химико-аналитической лаборатории ВСЕГЕИ проведены предварительные исследования по извлечению и анализу естественных нанофракций металлов из бурых углей Павловского месторождения – как потенциального сырья для высоких технологий (нанотехнологий). Содержание ряда элементов в нанофракции ряда образцов оказалось до порядка и более выше, чем в пробе в целом, **что открывает большие перспективы использования бурых углей в нанотехнологических проектах.**

Наличие редкометальной минерализации в угольных пластах, прилегающих к сводовым поднятиям фундамента, **является важнейшей локальной закономерностью**. Ее учет позволил на площади Павловского месторождения в угольном пласте I установить новые участки редкометального оруденения вблизи куполовидных поднятий фундамента. При выветривании гранитов (а кора их выветривания на месторождениях достигает 20 м и более) освобождаемые элементы фиксировались органическим веществом расположенных в непосредственной близости древних торфяников**,** что и привело к формированию локальных зон редкометальной минерализации в бурых углях.*

Предпочтительно **обогащение германием и сопутствующими ему редкими и ценными металлами угольных пластов малой мощности**: на германиеносном месторождении «Спецугли» развиты угольные пласты 0,45-0,65 м, так же как на германиеносных участках Шкотовского и Бикинского месторождений.

В пределах пластов наблюдается тенденция к локализации аномальных содержаний германия и некоторых других редких элементов к центральной части пластов или угольных пачек **с наименьшей зольностью**.

По данным проведенных лабораторных исследований устанавливается преимущественное нахождение Ge и сопутствующих ему редких элементов **в органическом веществе углей**: наиболее высокие содержания Ge, Be, Sc, V, Mo, W и ряда других именно в малозольных углях, концентрации РЭ «падают» с ростом зольности. В аттрито-витрините, по сравнению с концентрацией в витрините, больше Be, Se, Zr, Ag, Cd, Sn, Cs, Y и РЗЭ (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), Hf, Ta, Th, U. Сумма редкоземельных элементов наибольшая в аттритовых гетерогенных слойках микролитотипов, а наименьшая – в древесинном структурном витрините. В витрините (большее разложение ОВ) больше Ge, а также V, Mo, W – элементов, традиционно сопутствующих германию, и Ti, Sb, Ba. Наибольшее содержание Ge наблюдается в однородном витрините (Δ – витринит).

Составлены геохимические карты распространения редких элементов основных редкометально-угольных месторождений Приморья (см. рисунок – на примере Шкотовского. Максимальные содержания в угле пласта – вблизи гранита).

---

* По мнению В. И. Вялова, это подтвердило правильность установления генезиса Ge и сопутствующих ему элементов, по Ф. Я. Сапрыкину и др. [4].

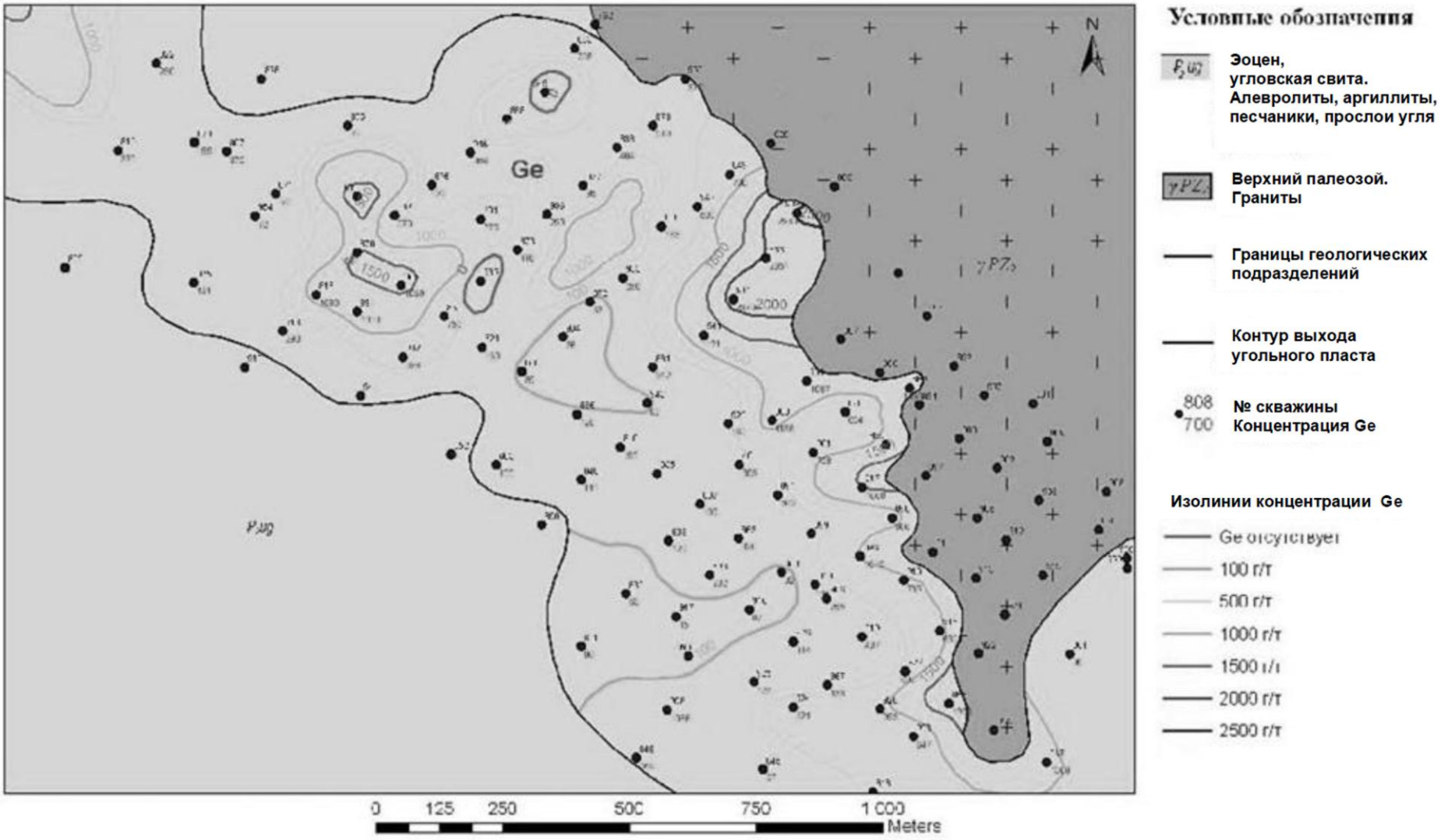


Рис. 1. Распределение концентраций Ge (г/т в угле) в пласте IX-3 Шкотовского буроугольного месторождения

ГИС-карты с базой данных построены по Павловскому, Раковскому и Бикинскому месторождениям. Составлены карты по распределению Ge в пределах уч. «Спецугли» Павловского месторождения (пласт I), Шкотовского месторождения (уч. «Южный», пласты XI3, XI2, XI1), а также в углях 16-й группы угольных пластов на уч. «Черемшовый» Нижне-Бикинского месторождения. Составлена обзорная карта металлогенической специализации редкометально-угольных месторождений Приморского края масштаба 1: 1000000. Карта составлена на геологической основе листов ГК-1000, отражены выходы угленосных отложений, редкометально-угольные месторождения, магматические породы, которые рассматриваются как наиболее вероятные источники редких элементов. На карту вынесены основные редкометально-угольные месторождения Приморья – Павловское, Раковское, Шкотовское, Бикинское; карты-врезки по Павловскому, Раковскому, Бикинскому месторождениям; угольные месторождения и углепроявления с установленной редкометальной минерализацией, по которым возможна оценка прогнозных ресурсов Ge (так называемые прогнозно-оцениваемые на Ge объекты»); прогнозируемые редкометально-угольные объекты – см. ниже табл. 3).

Таблица 3

Прирост прогнозных ресурсов германия и других редких и ценных элементов в углях Приморья (Ge – по кат. P_2, остальных элементов – по кат. P_3)

Элемент	Прирост прогнозных ресурсов, т		
	в распределенном фонде (карьер «Спецугли» + «Черемшовый»)	в нераспределенном фонде (уч. «Спецугли» за контуром карьера + Шкотовское (уч. «Южный»)+ Бикинское (уч. «Правобережный»)	**Всего, т**
Sb	370,7	609,6	**980,3**
Mo	18,6	15,6	**34,2**
Be	88,5	81,4	**169,9**
As	59,0	5,4	**64,4**
W	674,3	1149,4	**1823,7**
TR+Y	293,7	574,3	**868**
Rb	44,4	88,1	**132,5**
Ag	0,266	4,794	**5,06**
Hf	2,93	0,27	**3,2**
Ga	24,3	60,6	**84,9**
Ge	664,9	2081,5	**2746,4**
Th	13,3	8,0	**21,3**
U	3,91	2,46	**6,37**
Sc	19,5	35,2	**54,7**
Cs	16,6	28,93	**45,53**
V	47,5	42,1	**89,6**

Оптимальные критерии оценки прогнозных ресурсов редких элементов углей – это: существование вблизи германиеносных участков тел магматических или эффузивно-осадочных пород – источников РЭ при их выветривании; наличие угольных пластов малой мощности (обычно 0,5-0,6 м); высокое содержание витринита (гуминита) – органического вещества, в котором зафиксировались редкие элементы на торфяной стадии углеобразования (в соединениях с гуминовыми и фульвокислотами); прямые аналитические определения высоких концентраций германия и повышенных, на уровне промышленных содержаний в рудах, концентраций «элементов-индикаторов» германиеносности углей (Be, Ga, W и др.), существенная корреляционная связь сопутствующих элементов германиевого оруденения – Be, W и др. – как с Ge, так и между собой, и отрицательная корреляционная связь с зольностью.

Произведена оценка прогнозных ресурсов редких элементов германиеносных участков: «Спецугли» – Павловского буроугольного месторождения, «Южного» – Шкотовского месторождения, «Черемшового» и «Правобережного» – Бикинского месторождения (табл. 3). Оценка основана на благоприятных критериях прогнозирования редкометальной минерализации, прямых аналитических данных и установленных корреляционных связях как между элементами, так и элементами с зольностью (по уравнениям множественной регрессии).

Получен суммарный прирост прогнозных ресурсов германия в углях изученных месторождений нераспределенного фонда недр в количестве более 2 тыс. т, редких земель 574 т, вольфрама 1150 т и др. металлов. Потенциальная ценность этого прироста (оперируя ценами на металлы) составит более 2 млрд долл. США только по Ge.

Определена доля прогнозных ресурсов РЭ в германийсодержащих углях месторождений Приморья, % (табл. 4).

Выполнена геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов редких элементов углей редкометально-угольных месторождений Приморья по укрупненным показателям. Дополнительное извлечение из углей Бикинского, Павловского, Шкотовского месторождений, кроме германия, скандия, галлия, редких земель, вольфрама и др. ценных элементов, значительно увеличит чистую прибыль (в сумме на 59,9 млн $) при добыче и повысит рентабельность производства Ge и др. редких и ценных металлов до 3,7 %.

На основании произведенных исследований металлоносные угли изученных месторождений Приморья, вследствие наличия целого спектра ценных металлов, их концентраций на уровне содержаний в промышленных типах руд, значительных ресурсов и положительных результатов их геолого-экономической оценки являются **уникальным рудным комплексным сырьем**, его особым типом.

Таблица 4

Доля прогнозных ресурсов РЭ в германийсодержащих углях месторождений Приморья, %

Элемент	Павловское м-е, уч. «Спецугли»	Шкотовское м-е, уч. «Южный»	Н. Бикинское месторождение		%	Ресурсы, т
			уч. Черемшовый	уч. Правобережный		
Sb	41,3	58,7	-	-	100	980,3
Mo	59,4	40,6	-	-	100	34,2
Be	37,0	21,9	18,2	22,9	100	169,9
As	100	-•	-	-	100	64,4
W	29,7	18,0	9,8	42,5	100	1823,7
TR+Y	22,4	9,2	13,3	55,1	100	868,0
Rb	21,5	9,1	13,8	55,6	100	132,5
Ag	5,7	-	-	94,3	100	5,06
Hf	100	-	-	-	100	3,2
Ga	15,9	9,0	14,0	61,1	100	84,9
Th	68,1	31,9	-	-	100	21,3
U	67,0	33,0	-	-	100	6,37
Sc	26,5	12,8	11,3	49,4	100	54,7
Cs	24,4	-	14,1	61,5	100	45,53
V	57,8	42,2	-	-	100	89,6
Ge (прирост)	21,5	24,6	4,6	49,3	100	2746.4
Ge (всего)	19,2	24,1	5,2	51,5	100	5917,3

Выделены перспективные площади и объекты для проведения геологоразведочных работ. Составлен перечень и дана характеристика (табл. 5) прогнозно-оцениваемых и прогнозируемых редкометально-угольных объектов Приморья.

В Роснедра и Дальнедра даны рекомендации для разработки стратегии недропользования на редкометальное сырье:

- следует рассматривать германий-угольные месторождения как комплексные, а не только как сырье на германий;

- необходимо переоценить запасы германия в углях месторождений, на основе новой аналитики;

-взять прогнозные ресурсы редких и ценных элементов с промышленными концентрациями на государственный учет – для воспроизводства МСБ редких и ценных металлов;

- для редкометальных углей - уникального комплексного сырья нового типа – следует разработать совместные технологии извлечения ряда редких и ценных металлов, так как их комплексное извлечение с германием увеличивает рентабельность производства;

Таблица 5

Перечень и характеристика прогнозно-оцениваемых и прогнозируемых редкометально-угольных объектов Приморья

Месторождение, углепроявление	Возраст	Мощность продук. толщи, м	Кол-во угольных пластов, мощность пластов, м	Марка, группа угля	W^a	A^d	V^{daf}	S^d_t	Q_s^{daf}, МДж/кг	C^{daf}	H^{daf}	Геол. ресурсы угля, млн. т	Металлогенич. специализация	Вероятные ресурсы Ge, т		
					%					%				P_1	P_2	P_3
Прогнозно-оцениваемые на Ge угленосные объекты																
Верхне-Бикинское				Б, 3Б, Д	W^r_t до 28	27,1			27-35			P_2 – 300, P_3 -150	Ge и др.			683
Ганцангинское	~~P_{2-3}~~	90	1 пласт (1-1,1 м)	Б, 3Б												
Ташанзовское			2 пласта (мощн. 1 и 6 м)	Б, 3Б									Ge и V до 0,01 %			683
Шимухинское				Б												
Крыловское	~~P~~ – N_1		10 пластов, 7 - рабочих	Б, 2Б								26 (C_2, откр. отраб.)	Ge и др.			1500
Березовское	~~P~~	100-150	7 пластов, из них 2 мощностью более 1 м	Б, 2Б	9,5	16,2	48,3	0,25	28,58	71.9	5,2	236 (P)	Ge и др.			600
Даниловское	~~P_3~~ – N_1		3 пласта (по 1-1,5 м)	Б, 1Б-2Б								30 (по P_2)	Ge и др.			360
Амба-Бирское	~~P_2~~ - N_1			Б									Ge и др.			670
Глуховское	~~P_{2-3}~~	300	7 пл. мощностью 0,84-5,65 м	Б	10,1-20,3	14,5-27	49,8	0,2-0,3	27-31,9	70	5,3	C_2 –125, P_1 - 317	Ge и др.			360
Прогнозируемые редкометально-угольные объекты																
Ивановское	~~P~~ – N_1		3 пласта (от 0,3-0,5 до 7,05 м)	Б, 1Б-2Б								34 (P_1)	Ge и др.			
Тадушинское	~~P_3~~ – N_1	50	10 пластов, 5 – раб. мощн.	Б, Д	15,9	32	55,3	0,26	30,26	72,9	6,3					
Новопокровское II	~~P~~ – N_1		4 пласта суммарной мощн. 1,3 м	Б												
Вассиановское	N_1		10 пластов, сумм. мощн. 3,6 м. 1 – рабочий	Б												
Сидеминское	~~P_2~~ - N_1		2 пласта, мощностью 1 и 3 м													
Синеутесовское	N_1		1 (до 2-2,5 м)	Б, 2Б								30 (P_2)				

- необходима оценка металлоносных углей нераспределенного фонда недр на основе обнаруженной ВСЕГЕИ возможности выделения естественных нанофракций редких и ценных элементов из бурых углей, для использования нанофракций в качестве сырья для высоких технологий.

Библиографический список

1. **Инструкция** по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев. М.: Наука. 1987. 136 с.

2. **Костин Ю. П., Мейтов Е. С.** К генезису месторождений высокогерманиеносных углей и критериям их поисков // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1972. № 1. С. 112-119.

3. **Левицкий В. В., Седых А. К., Ульмясбаев Ш. Г.** Германий-угольные месторождения Приморья // Отечественная геология. 1994. № 7. С. 61-67.

4. **Методическое** руководство по изучению и оценке месторождений угля на редкие элементы / под общей редакцией Ф. Я. Сапрыкина и В. В. Богданова. М.: Недра, 1967. С. 36-62.

5. **Середин В. В.** Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения// Угольная база России. Том VI. М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. С. 453-519.

6. **Угольная** база России. Том V. Книга 1. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. С. 155-241.

7. **Ценные** и токсичные элементы в товарных углях России: справочник. М.: Недра. 1996. 238 с.

8. **Юдович Я. Э., Кетрис М. П.** Германий в углях. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. 216 с.

УДК 622.337+551.762.3(470.6)

Н. И. Бойко
Южный федеральный университет

ВЕРХНЕЮРСКИЕ ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В результате проведенных нами полевых геологических исследований среди отложений верхнеюрской карбонатной формации Северного Кавказа в полосе ее выходов на дневную поверхность выявлен ряд проявлений горючих сланцев [2]. Отложения верхнеюрской карбонатной формации выполняют депрессии южного края эпипалеозойской (Скифской) платформы. В предгорье Большого Кавказа породы формации прослеживаются в виде непрерывной полосы выходов от р. Казикумухское Койсу на востоке до р. Пшеха на западе. К западу от бассейна р. Пшеха они слагают отдельные массивы (горы Медвежья, Северная и др.), а на юго-восток от р. Казикумухское Койсу получили фрагментарное распространение в бассейнах рек Акуша, Рубасчай, Чирагчай. К северу верхнеюрские карбонатные отложения вскрыты на многих нефтеразведочных площадях Восточно-Кубанской впадины, Западно-Кубанского и Терско-Каспийского передовых прогибов, Северо-Кавказского краевого массива, Ногайской и Тимашевской ступеней, Прикумской системы поднятий, зоны Манычских прогибов, а также геосинклинали Большого Кавказа.

На большей части площади распространения формация датируется оксфордом-ранним кимериджем, а на отдельных участках (в бассейнах рек Курджипс и Лаба, в междуречье Черек Балкарский-Асса) – оксфордом-титоном.

Верхнеюрские карбонатные отложения Северного Кавказа характеризуются относительной пестротой вещественного состава. Анализ результатов проведенных петрографических, минералогических, гранулометрических, генетических и других исследований, а также обобщение имеющегося фондового и опубликованного геологического материала позволили выделить среди них закономерный ряд литолого-фациальных комплексов: относительно глубоководных отложений, фронтальных отложений барьерных рифов, барьерных рифов, тыловых образований барьерных рифов, внутреннего шельфа и прибрежно-мелководных отложений [1, 3, 5 и др.].

Основные проявления горючих сланцев выявлены среди отложений литолого-фациального комплекса тыловых образований барьерных рифов. Этот комплекс выходит на дневную поверхность в пределах Лагонакской ступени в междуречье Белая-Курджипс (хребты Каменное море, Азиш-Тау), в Центральном Предкавказье в междуречье Чегем-Асса и в бассейне р. Лаба в Западном Предкавказье.

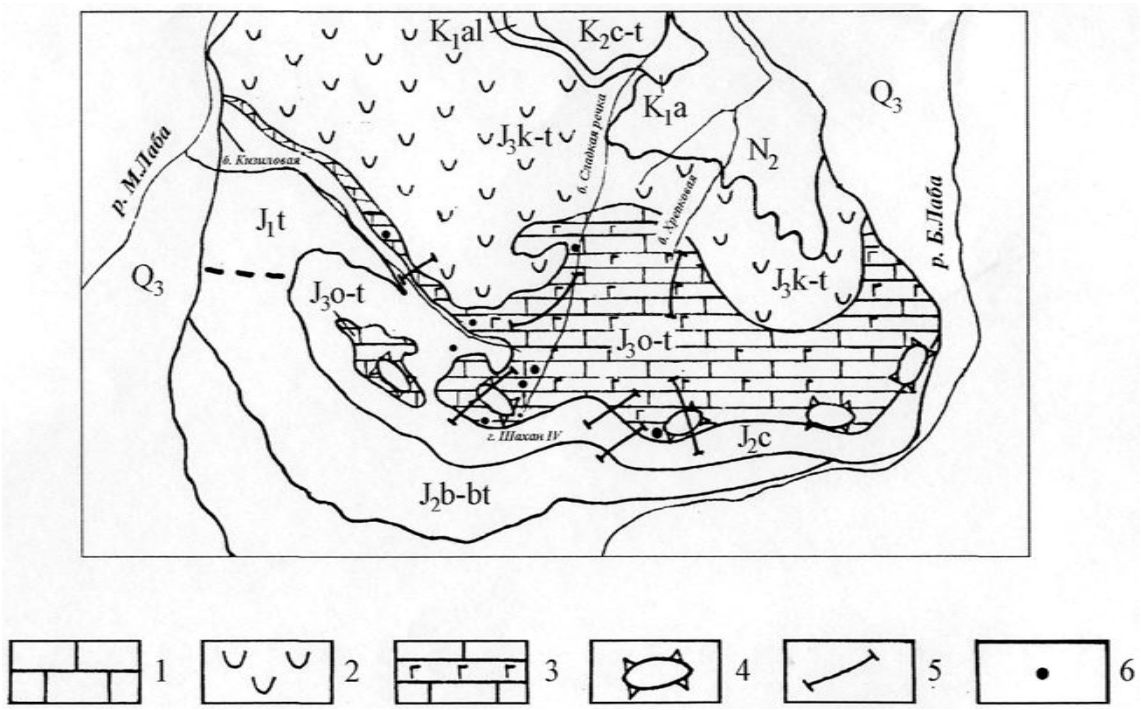


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района распространения горючих сланцев в междуречье Большая Лаба – Малая Лаба (по материалам Б. П. Лучникова, Л. А. Рудзянского и др., с изменениями и дополнениями):

1 – известняки; 2 – гипсы и ангидриты; 3 – переслаивание известняков и горючих сланцев; 4 – органогенные постройки; 5 – литологические разрезы; 6 – места отбора штуфных проб

Наиболее перспективные проявления горючих сланцев фациального комплекса тыловых образований барьерных рифов верхнеюрской карбонатной формации выявлены в междуречье Большой и Малой Лабы (рис. 1). Их выходы установлены к северу от органогенных построек литолого-фациального комплекса барьерных рифов (хребет Ахмет-хребет, горы одиночки Шаханы I, II, III и IV), по балкам и ручьям, стекающим в северном направлении с верхнеюрской куэсты.

Самым западным разрезом достоверно установленных сланценосных пород является разрез в балке Кизиловой. Он расположен в 600-700 м севернее горы Шахан II, представляющей собой биогермный массив. Горючие сланцы здесь темно-серые с коричневатыми оттенками в мокром состоянии и светло-серые в сухом, тонкослоистые, очень легко раскалываются на тончайшие (толщиной в доли мм) пластины. Пластины хорошо гнутся, особенно в мокром состоянии, и напоминают искусственный волокнистый материал. Порода легкая, на огне в мокром состоянии коптит с выделением характерного запаха жженной резины, в сухом - горит ровным, но коптящим пламенем. Она хорошо реагирует с 5 % соляной кислотой. Мощность сланцев достигает 5,0-5,5 м.

Микроскопическое изучение показало, что сланцы представляют собой органо-глинисто-карбонатную породу часто с остатками фауны и флоры. Текстура породы волнисто-горизонтально-тонкослоистая, обусловленная неравномерным чередованием вмещающей глинисто-известковистой массы и органического вещества. Основная составляющая породы сложена пелитоморфным кальцитом с неправильной формой зерен, плотно прилегающих друг к другу. Тонкодисперсная примесь глинистого материала равномерно рассеяна и имеет, вероятнее всего, гидрослюдистый состав. Остатки фауны представлены фораминиферами, кальцисферами, остракодами, а также не поддающимися определению известковыми створками различной формы - дугообразной, пластинчатой, призмовидной, иногда округлой. Скелет фораминифер и внешняя оболочка кальцисфер сложены микрозернистым кальцитом, а внутренние камеры выполнены монокристаллом кальцита, реже ангидрита, иногда агрегатным сочетанием этих минералов. Растительные остатки представлены сине-зелеными и зелеными водорослями, имеющими вид комков, а также удлиненных палочек, сложенных кальцитом с параллельно-призматическим строением. Встречены остатки крупной растительной ткани, имеющей вид ленточных обрывков из параллельно-призматического кальцита в продольном сечении, а в поперечных срезах - кальцитовых сферокристаллов. На отдельных участках порода образована комками различной, чаще округлой формы с размерами в диаметре 0,025-0,550 мм, сложенными пелитоморфным кальцитом. Происхождение комков без сомнений органогенное. Алевритовый материал присутствует в количестве не более 5 % и состоит из неокатанных зерен кварца.

Органическое вещество составляет 40-50 % в породе и наблюдается в виде тонких прослойков, полос, линз, пятен, тяготеющих к плоскостям напластования, не образуя при этом сплошных однородных участков. Слойки органического вещества дробятся по мощности и снова соединяются, достигая мощности 0,5 мм. Часто вмещающая глинисто-карбонатная масса бывает смешана с компонентами органического вещества и имеет органо-минеральный состав. Окраска органического вещества при параллельных николях светло-желтая, оранжево-желтая. При скрещенных николях вещество темно-коричневое, иногда с красноватым оттенком, в пятнистых разностях изотропное. В отраженном свете оно буровато-коричневое. При больших увеличениях просматривается волокнистое строение органического вещества. Внутри его слойков наблюдается микроточечная (менее 0,009 мм) вкрапленность темно-красного до черного цвета при параллельных николях, изотропная в скрещенных николях, а в отраженном свете ярко-оранжевого цвета. Гидроокислы железа представлены обильными включениями микротабличек гематита, которыми переполнены все составляющие компоненты породы. Наблюдается также вкрапленность чер-

ного цвета различной формы, которую следует отнести к унифицированным растительным остаткам.

Химический состав горючих сланцев (в %): SiO_2 – 13,46; Al_2O_3 – 5,69; Fe_2O_3 – 2,04; CaO – 34,53; MgO – 1,14; SO_3 общ.– 4,56; TiO_2 – 0,25; FeO – 0,43; P_2O_5 – 0,109; MnO – 0,043; K_2O – 0,87; Na_2O – 0,09; CO_2 – 20,18; SiO_2 аморфный (ам.) – 0,82; нерастворимый остаток (н.о.) – 20,76; потери при прокаливании (п.п.п.) – 38,89; влага гигроскопическая – 1,83.

Результаты предварительных аналитических исследований горючих сланцев проявления балки Кизиловой показали следующие их свойства: влажность аналитической пробы (W^a) –1,3-1,5 %; зольность сухого сланца (A^d) - 60,1-61,2 %; содержание серы в сухом сланце (S_t^d) – 1,12-1,40 %; выход летучих (V^{daf}) – 63,7-65,3 %; теплота сгорания аналитической пробы (Q_b^a) – 3370-4759 кДж/кг; выход смолы на сухой сланец (T_{sk}^d) – 8,8 %. Элементарный состав (в % на горючую массу): C – 40,7; H – 3,5; N – 0,56. Сера по разновидностям (%): сульфатная – 0,10; пиритная – 0,31; органическая – 0,99.

Перекрываются описанные горючие сланцы переслаиванием серых известняков и серовато-коричневых горючих сланцев общей мощностью 5 м. Мощность слоев известняков изменяется от 2 до 20 см, а горючих сланцев варьирует в пределах 20 см. Но вверх по разрезу мощность сланцев уменьшается, а известняков увеличивается. Затем через 10 м задернованной поверхности залегают гипсы титонского яруса.

Известняки переслоя органогенно-пелитоморфные, плотные, с редкими микротрещинами. Структура породы мелкокомковатая. Комки имеют органогенное происхождение и сложены пелитоморфным кальцитом. Цемент типа "соприкосновения" содержится в малом количестве. Он образован микрозернистым кальцитом с примесью ангидрита и целестина. Органогенные остатки плохо сохранились и либо гранулированы до комков, либо присутствуют в породе в виде мелкого детрита, в котором можно узнать фораминиферы, обломки иглокожих, кальцисферы. Встречаются мелкие сферокристаллы кальцита перекристаллизации. Гематит образует таблички черные в поляризованном свете и кровяно-красные в отраженном. Таблички в виде скоплений неравномерно рассеяны в породе. Очень редко встречены полуокатанные зерна кварца.

Химический состав известняков переслоя следующий (в %): SiO_2 – 0,20; $A1_2O_3$ – 0,64; Fe_2O_3 – 0,28; CaO – 55,16; MgO – 0,64; SO_3 общ. – 0,15; TiO_2 – 0,07; FeO – 0,07; P_2O_5 – 0,022; MnO – 0,043; K_20 – 0,08; Na_2O – 0,01; CO_2 – 42,83; и.о. – 2,31; п.п.п. – 42,83; влага гигроскопическая – 0,50.

Горючие сланцы пачки переслаивания аналогичны вышеописанным сланцам, отличаясь более высоким содержанием унифицированных остатков (тканей), имеющих различную форму (часто щепковидную) и черный цвет при любом свете. По унифицированным тканям развивается гематит, что придает им в отраженном свете металлический блеск. Гидроокислы

железа образуют в породе тонкодисперсные скопления. Наблюдается также частая вкрапленность табличек гематита.

Химический состав горючих сланцев переслоя (в %): SiO_2 – 12,70; $A1_2O_3$ – 5,42; Fe_2O_3 – 2,40; CaO – 39,40; MgO – 1,38; SO_3 общ. – 1,63; TiO_2 – 0,19; FeO – 0,43; P_2O_5 – 0,097; MnO – 0,056; K_2O – 0,69; Na_2O – 0,09; CO_2 – 32,78; SiO_2 ам. – 0,52; н.о. – 18,61; п.п.п. – 36,06; влага гигроскопическая – 1,30.

Сокращенный технический анализ сланцев показал следующие результаты: влажность аналитической пробы (W^a) – 1,1 %; зольность сухого сланца (A^d) – 60,5 %; содержание серы в сухом сланце (S_t^d) – 0,98 %; выход летучих (V^{daf}) – 46,1 %; теплота сгорания аналитической пробы (Q_b^a) – 2644 кДж/кг. Элементарный состав на горючую массу породы (в %): C – 38,8; H – 2,2; N – 0,52.

Подстилаются горючие сланцы балки Кизиловой известняками светло-серыми, крепкими, брекчиевидного облика. Мощность 10-12 м. Еще ниже залегает пачка (20-30 м по отвесному уступу) известняков кремовых, крепких, слоистых.

В верховьях балки Кизиловой, на склоне г. Шахан IV, в 1,5 км к северо-западу от с. Скальненского, в левом уступе дороги, ведущей на коши, среди тыловых отложений барьерных рифов наблюдается еще один выход тонкослоистых известковых горючих сланцев. Порода легко раскалывается на тонкие, большой площади (до 1 $м^2$) плиты, пересыщена детритом, часто присутствуют крупные отпечатки организмов. На огне спички порода издает характерный битуминозный запах. Обнажение расположено к северу от органогенной постройки г. Шахан IV. Мощность выхода 5-6 м, а суммарная мощность по отдельным выходам на склоне достигает 25 м.

Содержание органического вещества в сланцах этого проявления значительно меньше (20-30 %), чем по балке Кизиловой. Оно образует линзочки, тонкие прерывистые и ветвящиеся прослойки, расположенные параллельно друг другу на разном расстоянии. Вдоль них ориентированы густые цепочки округлых агрегатов микрозернистого гематита и вкрапления углефицированной органики. Такой однонаправленный характер взаиморасположения слагающих породу элементов (детрита, органического вещества, гематита, углефицированной органики) создает тонкую слоистость. По углефицированной органике развита пиритизация. В породе редко встречены неправильные зерна ангидрита и полуокатанные зерна кварца.

Химический состав горючих сланцев данного проявления (в %): SiO_2 – 4,60-5,86; $A1_2O_3$ – 1,53-2,58; Fe_2O_3 – 1,60-1,84; CaO – 48,79-50,72; MgO – 0,52-0,72; SO_3 общ. – 0,325-0,623; TiO_2 – 0,10; FeO – 0,43; P_2O_5 – 0,031-0,047; MnO – 0,043; K_2O – 0,20-0,29; Na_2O – 0,03-0,04; CO_2 – 38,50-39,70; SiO_2 ам. – 0,61; н.о. – 5,95-8,95; п.п.п. – 39,55-39,90; влага гигроскопическая – 0,88-0,96.

Специальный анализ горючих сланцев показал низкое их качество: влажность аналитической пробы (W^a) – 0,7 %; зольность сухого сланца (A^d) – 60,7 %; содержание серы в сухом сланце (S_t^d) – 0,5 %; выход летучих (V^{daf}) –- 21,6 %; теплота сгорания аналитической пробы (Q_b^a) – 959 кДж/кг.

Элементарный состав на горючую массу (в %): С – 29,1; Н – 0,9; N – 0,37. Сера по разновидностям (%): сульфатная – 0,08; пиритная – 0,27; органическая – 0,15.

К северо-западу от горы Ахмет-скала, в левом притоке (балке) Сладкой речки наблюдается переслаивание горючих сланцев и известняков. Горючие сланцы темно-серые до черных в мокром состоянии, тонкослоистые (мощность слойков 1-3 мм), издают на огне резкий битуминозный запах, бурно реагируют с 5 % соляной кислотой. Известняки желтовато-бурые, тонкослоистые, вероятно, обогащенные органическим веществом. Видимая мощность чередования 6-8 м, при этом в разрезе преобладают известняки (соотношение 3:1).

Горючие сланцы представляют собой здесь органо-карбонатную породу, тонкослоистую, с повышенным содержанием примеси 1 углефицированной растительной органики и гидроокислов железа.

Текстура породы волнисто-горизонтально-тонкослоистая, что обусловлено чередованием вмещающей карбонатной массы и органического вещества. Мощность прослойков органического вещества 0,009-0,065 мм. Прослойки часто прерываются, мощность их меняется. Прослойки отстоят друг от друга обычно на 0,05-0,10 мм.

Органическое вещество при больших увеличениях не выглядит бесструктурным: заметна тонкая слоистость в одних прослойках и пористо-ячеистое строение в других. Структурные признаки органического вещества подчеркнуты неоднородной его окраской. Гидроокислы железа представлены гематитом, который присутствует в виде тонкодисперсной разности и округлых табличек, образующих густую вкрапленность вдоль прослоев органического вещества. Встречаются округлые микрозернистые агрегаты пирита диаметром не более 0,01 мм.

Микроскопическое изучение известняков, переслаивающихся с горючими сланцами, показало, что структура породы реликтовая органогенно-пелитоморфная. Порода глинистая и содержит повышенное количество микровкрапленности пирита. Сложена она пелитоморфным кальцитом, в котором равномерно распределена примесь тонкодисперсного глинистого материала, вероятнее всего, гидрослюдистого состава. В основную массу погружены органогенные остатки, которые в значительной степени изменены перекристаллизацией и сложены монокристаллом кальцита, ангидрита, целестина или кристаллически зернистым агрегатом этих минералов. Некоторые остатки позднее были замещены частично гипсом, а иногда халцедоном. Среди органогенных остатков определимы фораминиферы, кальцисферы, спикулы губок. Пирит образует микрозернистые агрегаты

округлой и неправильной форм, диаметром 0,009-0,850 мм, разбросанные по всей площади шлифа. Часто пирит развивается по детриту в виде каемок, пятнистых налетов, игольчатых друзочек. При больших увеличениях в породе видны редко встречающиеся микролинзочки органического вещества желтого цвета с размерами 0,009 × 0,010 мм. Углефицированная растительная органика образует редкую микровкрапленность. Встречены также сростки кубических кристаллов флюорита размером до 0,1 мм.

Химический состав горючих сланцев переслоя (в %): SiO_2 – 4,08; $A1_2O_3$ – 1,53; Fe_2O_3 – 0,63; CaO – 49,55; MgO – 0,96; SO_3 общ. – 1,768; TiO_2 – 0,10; FeO – 0,14; P_20_5 – 0,039; Mn – 0,037; K_2O – 0,23; Na_2O – 0,06; CO_2 – 40,90; SiO_2 ам. – 0,45; н.о. – 0,14; п.п.п. – 42,07; влага гигроскопическая – 0,67.

Химический состав известняков переслоя (в %): SiO_2 – 5,00; $A1_2O_3$ – 1,67; Fe_2O_3 – 0,62; CaO – 50,09; MgO – 1,44; SO_3 общ. – 0,624; TiO_2 – 0,10; FeO – 0,28; P_2O_5 – 0,169; MnO – 0,043; K_2O – 0,33; Na_2O – 0,07; $C0_2$ – 40,09; SiO_2 ам. – 0,61; н.о. – 7,25; п.п.п. – 39,91; влага гигроскопическая – 0,65.

Технические свойства горючих сланцев: влажность аналитической пробы (W^a) – 0,5 %; зольность сухого сланца (A^d) – 58,4 %; содержание серы в сухом сланце (S_t^d) – 0,5 %; выход летучих (V^{daf}) – 24,2 %; теплота сгорания аналитической пробы (Q_b^a) – 1721 кДж/кг. Элементарный состав на горючую массу (в %): C – 32,1; H – 1,3; N – 0,34. Сера по разновидностям (в %): сульфатная –0,13; пиритная – 0,27; органическая – 0,10.

Несколько выше по течению Сладкой речки, в 450-500 м вверх по левому ее притоку, в 100-120 м от места, где дорога на кош делает резкий поворот, наблюдается ещё одна довольно мощная (8,0-10,0 м) пачка горючих сланцев буровато-серых, известковых, издающих на огне спички характерный запах, отдельные разности хорошо горят. Сланцы легко раскалываются на тонкие (0,1-0,2 мм) пластины. В верхней части разреза (1,5-2,0 м) сланцы редко содержат тонкие (до 1,0 см) прослои известняка. В нижней части пачки в отдельных интервалах содержание известняков повышается вплоть до соотношения 1:1 с горючими сланцами. Горючие сланцы в этом обнажении представляют собой водоупор. Выше них, из известняков, вытекает ручей, являющийся левым притоком Сладкой речки. Суммарная мощность пачки чередования горючих сланцев и известняков с учетом задернованных участков достигает здесь 30,0 м. Такое увеличение мощности сланценосных отложений позволяет наметить закономерность, заключающуюся в том, что чем больше мощность барьерных рифов, расположенных южнее, тем интенсивнее происходило накопление органического материала в тыловых его участках.

Результаты анализов горючих сланцев этого проявления указывают на довольно высокое их качество: влажность аналитической пробы (W^a) – 1,0 %; зольность сухого сланца (A^d) – 53,3-55,1 %; содержание серы в су-

хом сланце (S_t^d) – 1,60-1,68 %; выход летучих (V^{daf}) – 84,7-86,3 %; теплота сгорания аналитической пробы (Q_b^a) – 6666-7570 кДж/кг.

Элементарный состав на горючую массу (в %): С – 49,3-51,1; Н – 4,4-4,7; N – 0,38-0,43.

Еще восточнее горючие сланцы наблюдаются по балке Хрепковой. Здесь на протяжении 0,9-1,0 км прослеживается чередование известняков серых, крепких, мелко-тонкослоистых, пелитоморфных с горючими сланцами коричневато-серыми, очень тонкослоистыми (от 1,0 до 10 мм), бурно реагирующими с 5 % соляной кислотой, на огне издающими характерный битуминозный запах. Соотношение известняков и горючих сланцев в различных частях разреза соответственно варьирует от 10:1 до 1:1. При этом горючие сланцы на отдельных участках равномерно чередуются с известняками, а на других могут преобладать или, наоборот, залегать в виде прослоев в карбонатной толще. Мощность сланценосных пород по отдельным выходам достигает 6-8 м, а суммарная достигает 26-29 м. Меньшее, по сравнению с вышеописанными участками, содержание горючих сланцев в этом разрезе, на наш взгляд, объясняется относительной удаленностью его от зоны барьерных рифов, в непосредственной близости от которых существовали наиболее оптимальные условия для мобилизации органического вещества.

Отдельные проявления горючих сланцев установлены также среди отложений фациального комплекса тыловых образований рифов междуречья Черек Балкарский-Асса. Так, битуминозные горючие сланцы выявлены в 2,1-2,2 км севернее верхнеюрской куэсты, в левом обрывистом берегу р. Ардон (Северная Осетия-Алания). Здесь наблюдается чередование темно-серых битуминозных горючих сланцев с известняками серыми, тонкослоистыми, пелитоморфными. Мощность прослоев сланцев достигает 5-10 см, известняков - 40-50 см. Соотношение сланцев и известняков 1:10. Суммарная мощность переслаивания около 15-20 м.

Под микроскопом прослои горючих сланцев представляют собой органо-карбонатную микрослоистую породу. Вмещающая часть породы выражена органогенно-водорослевым известняком. Структура известняка мелкокомковато-сгустковая. Порода сложена зелеными и сине-зелеными водорослями, гранулированными до комков пелитоморфного кальцита, а также раковинами фораминифер, кальцисферами, детритом иглокожих. Органическое вещество распределено в породе неравномерно. На одних участках оно составляет не более 5 % и образует редкие короткие прожилки (мощность не более 0,009 мм) бледно-желтого цвета при параллельных николях, изотропное при скрещенных николях, коричневатое в отраженном свете. На других участках органическое вещество составляет 15-25 % и образует густую сеть (видно при больших увеличениях) тонких (не более 0,01 мм) прожилков красновато-оранжевого цвета при параллельных нико-

лях. В породе наблюдаются многочисленные унифицированные растительные ткани черного цвета и округлые агрегаты микрозернистого гематита.

Анализ геологического строения района, и прежде всего литолого-фациальной обстановки накопления органического вещества (рис. 2), позволяет сделать вывод о том, что формирование верхнеюрских горючих сланцев Северного Кавказа происходило преимущественно в зоне распространения органогенных построек, сформировавшихся на внешнем крае шельфа и отделявших шельфовый суббассейн от открытого моря с нормальной соленостью вод. Исходным материалом для их образования являлось фитопланктоногенное (преимущественно кокколитофоридовое) органическое вещество. Оно привносилось в зону биогермообразования направленными течениями, обусловленными падением уровня воды на шельфе за счет ее испарения в аридном климате, и в результате резкого

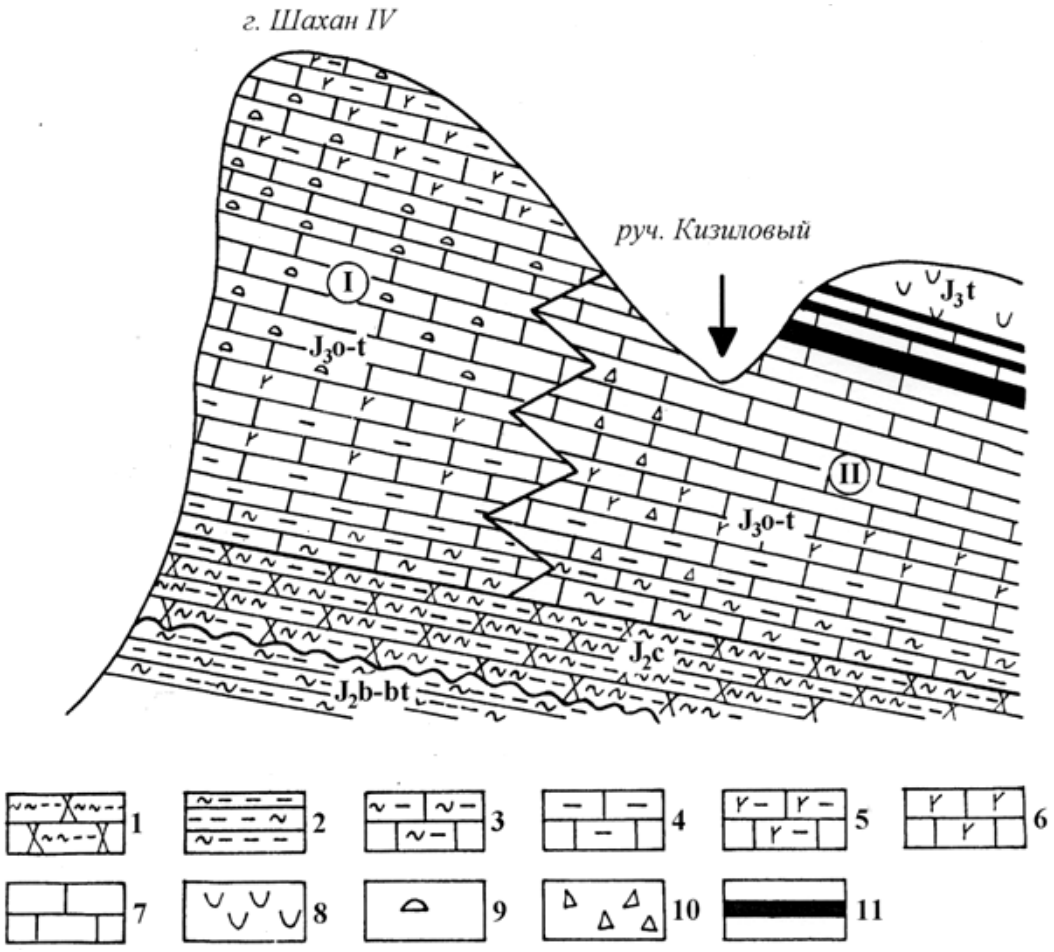


Рис. 2. Схематический литолого-фациальный профиль верхнеюрских сланценосных отложений междуречья Большая Лаба – Малая Лаба:

1 – хлидолиты алевритово-пелитовые; 2 – аргиллиты алевритистые; 3 – известняки алевритисто-глинистые; 4 – известняки глинистые; 5 – известняки доломитисто-глинистые; 6 – известняки доломитистые; 7 – известняки; 8 – гипсы; 9 – органогенные постройки; 10 – брекчии карбонатные; 11 – горючие сланцы. Литолого-фациальные комплексы: I – барьерных рифов; II – тыловых отложений барьерных рифов

изменения здесь гидродинамического и гидрохимического режимов отмирало и захоронялось в массовом количестве в тыловых частях органогенных построек. При этом его накопление осуществлялось не только после отмирания органогенных построек, на что указывал Н. М. Страхов [6], но и сингенетично их формированию. Причем обстановка в наддонных водах была не только восстановительной, анаэробной, а на отдельных участках вероятнее всего с нормальным кислородным режимом. Об этом свидетельствуют, в частности, многочисленные остатки аэробной фауны. Накоплению органического вещества в нейтральной/ или даже в слабоокислительной обстановке способствовала высокая скорость осадконакопления в этой зоне.

Наблюдаемый часто талломоальгенитовый состав горючих сланцев позволяет также предположить широкое участие в их формировании синезеленых и зеленых водорослей [4].

Дальнейшая история органического вещества определялась степенью его постседиментационного преобразования. В западной части Северо-Кавказского краевого массива верхнеюрские породы не достигли начальной мезокатагенетической стадии преобразования и органическое вещество сохранилось в виде горючих сланцев, а в пределах тектонически более активной приразломной зоны восточной части Северо-Кавказского краевого массива верхнеюрские образования вступили в фазу интенсивной генерации углеводородных флюидов, реализовав свой нефтематеринский потенциал. Здесь в настоящее время наблюдаются "бывшие" горючие сланцы. Они представлены темно-серыми до черных глинисто-известковистыми битуминозными породами (реки Ардон, Фиагдон и др.).

Такой механизм образования жидких углеводородов подтверждается многочисленными проявлениями окисленной нефти, заполняющей поровое пространство позднеюрских эпигенетических доломитов.

Предварительными аналитическими исследованиями установлено относительно невысокое качество горючих сланцев как энергетического сырья. Однако специально выполненные технологические исследования позволяют рекомендовать их для производства таких новых, дефицитных для региона материалов, как искусственный волластонит, легкие наполнители (керамзит, термолит, термолито-керамзит), облицовочная плитка и др. При этом важно то обстоятельство, что энергетические затраты на их производство будут в основном обеспечены энергетическим потенциалом самих сланцев.

Так, горючие сланцы выявленных проявлений исследованы нами при синтезе волластонита. Для этого компоненты сырьевых масс (опока и горючий сланец) измельчались до прохождения через сито 0063, смешивались в заданных пропорциях, сверх 100 % вводились добавки (волластонита 1-5 %, жидкого стекла 2 %, соды кальцинированной 1-5 %). Все вещества шликерным способом смешивались, высушивались, формовались, затем

обжигались в силитовой печи с изотермической выдержкой в течение 1,5 часа при температуре 1000 °С. Анализ результатов испытаний указывает на существенное (до 68 %) увеличение выхода волластонита при увеличении содержания в шихте горючих сланцев. При этом энергетические затраты на синтез волластонита за счет потенциала горючих сланцев уменьшаются.

Полученный волластонит использован для дальнейших испытаний при производстве облицовочной плитки из кремнистых пород (опок), получивших распространение в бассейне р. М. Лаба. Введение волластонита в количестве 15-25 % в сырьевые массы на основе опок позволило изготовить сырец с прочностью на изгиб 4-6 кгс/см^2, при скоростном обжиге которого получена светложгущаяся керамика с прочностью на изгиб/140-160 кгс/см, водопоглощением 8,1-12,6 % /температура обжига 1000 °С) и 5,0-8,9 % (температура обжига 1050 °С). Цвет черепка изменяется от светло-бежевого до светло-розового в зависимости от температуры обжига.

Однако наиболее оптимальным вариантом использования выявленных горючих сланцев может стать их применение в качестве экологически чистого комплексного мелиоранта, особенно на орошаемых землях и прежде всего на рисовых чеках. Обладая высокими сорбционными свойствами, горючие сланцы, при внесении на орошаемые земли, будут способствовать сохранению, а возможно, и накоплению гумуса, содержание которого из-за избытка влаги в почве в настоящее время катастрофически падает, нейтрализации почв, пролонгации действия вносимых химически активных удобрений, а также ограничению миграции пестицидов.

Выявленные горючие сланцы, связанные с образованиями, представляют и не меньший научный интерес, так как являются проявлением специфических условий накопления и преобразования органического вещества и еще раз указывают на необходимость тщательного изучения зон фациальных замещений различных типов пород. И в этой связи наиболее перспективными и в научном, и в практическом отношениях, на наш взгляд, являются зоны фациальных переходов между карбонатными и галогенными формациями и, особенно, рифогенными и сингенетичными им галогенными образованиями.

Библиографический список

1. Бойко Н. И. Позднеюрские рифогенные образования Северного Кавказа // Сравнительная характеристика эвапоритовых и карбонатных формаций. Новосибирск: Наука, 1984. С. 151-159.

2. **Бойко Н. И., Пушкарский Е. М, Седлецкая Н. М.** Горючие сланцы в верхнеюрских отложениях Северного Кавказа // Докл. АН СССР. 1989. Т. 305, № 6. С. 1455-1457.

3. **Бойко Н. И., Седлецкий В, И., Шведов В. Н.** Литолого-фациальные особенности и условия образования карбонатных отложений Оксфорда в Западном Предкавказье // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 1.С. 137-144.,

4. **Гинзбург А. И.** Органическое вещество петрографических типов горючих сланцев (на примере некоторых месторождений СССР) // Литология и полезные ископаемые. 1969. № 4. С. 23-31.

5. **Седлецкий В. И., Бойко Н. И., Деревягин В. С.** О взаимосвязи галогенного и биогермного осадкообразования // Советская геология. 1977. №12. С. 8-21.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. 2. Закономерности состава и размещения гумидных отложений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 575 с.

УДК 552.5783:553.078 (470.23)

В. И. Вялов[1], В. А. Михайлов[1], Г. А. Олейникова[1], Г. С. Искюль[1], Д. С. Ключарев[2]

[1]Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского

[2]Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов

МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ ДИКТИОНЕМОВЫХ СЛАНЦЕВ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА

Прибалтийский бассейн диктионемовых сланцев располагается в юго-западном и южном обрамлениях Балтийского кристаллического щита и входит в состав венд-палеозойского платформенного чехла. Осадки бассейна протягиваются из районов Норвегии, Дании, Южной Швеции и Эстонии в Ленинградскую область Российской Федерации, где в широтном направлении прослеживаются примерно на 300 км от реки Нарвы на западе до реки Сясь на востоке.

Свое название сланцы получили от характерного для них ископаемого дендроидного граптолита *Dictyonema flabelliformis Eichw.* Это были колониальные планктонные организмы, составлявшие в раннем палеозое, 570- 400 млн лет назад, значительную часть планктона. Сланцы сероватого-черного цвета, иногда встречаются породы коричневых и шоколадных оттенков, и состоят из мельчайших иловатых и глинистых частиц, зерен калиевого полевого шпата, кварца и слюды с примесью органического материала до 10-15 %.

Северная граница распространения диктионемовых сланцев пород пакерортского горизонта маркируется протяженным ордовикским Балтийско-Ладожским глинтом (см. рисунок), который представлен хорошо выраженным уступом в рельефе. Мощность пласта диктионемовых сланцев колеблется от 5 м в западной части территории Ленинградской области до 0,5 м в районе реки Сясь. Простирание пласта близко к широтному, падение на юг пологое (10-15°). На юге мощность сланцев постепенно уменьшается до полного выклинивания. Граница выклинивания колеблется от 15 до 20 км к югу от глинта (Оношко и др., 1975). Глубина залегания пласта диктионемовых сланцев в Ленинградской области колеблется от 0 до 56 м.

Согласно представлениям М. Н. Альтгаузена (1970), диктионемовые сланцы формировались в условиях эпиконтинентального моря, область их отложения представляла широкий морской пролив.

Радиоактивность диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна привлекала внимание с начала 30-х годов прошлого века, когда сланцы изучались как возможное сырье для извлечения радия. С середины 40-х годов были организованы прогнозно-поисковые работы, направленные на выяснение перспектив их урановосности.

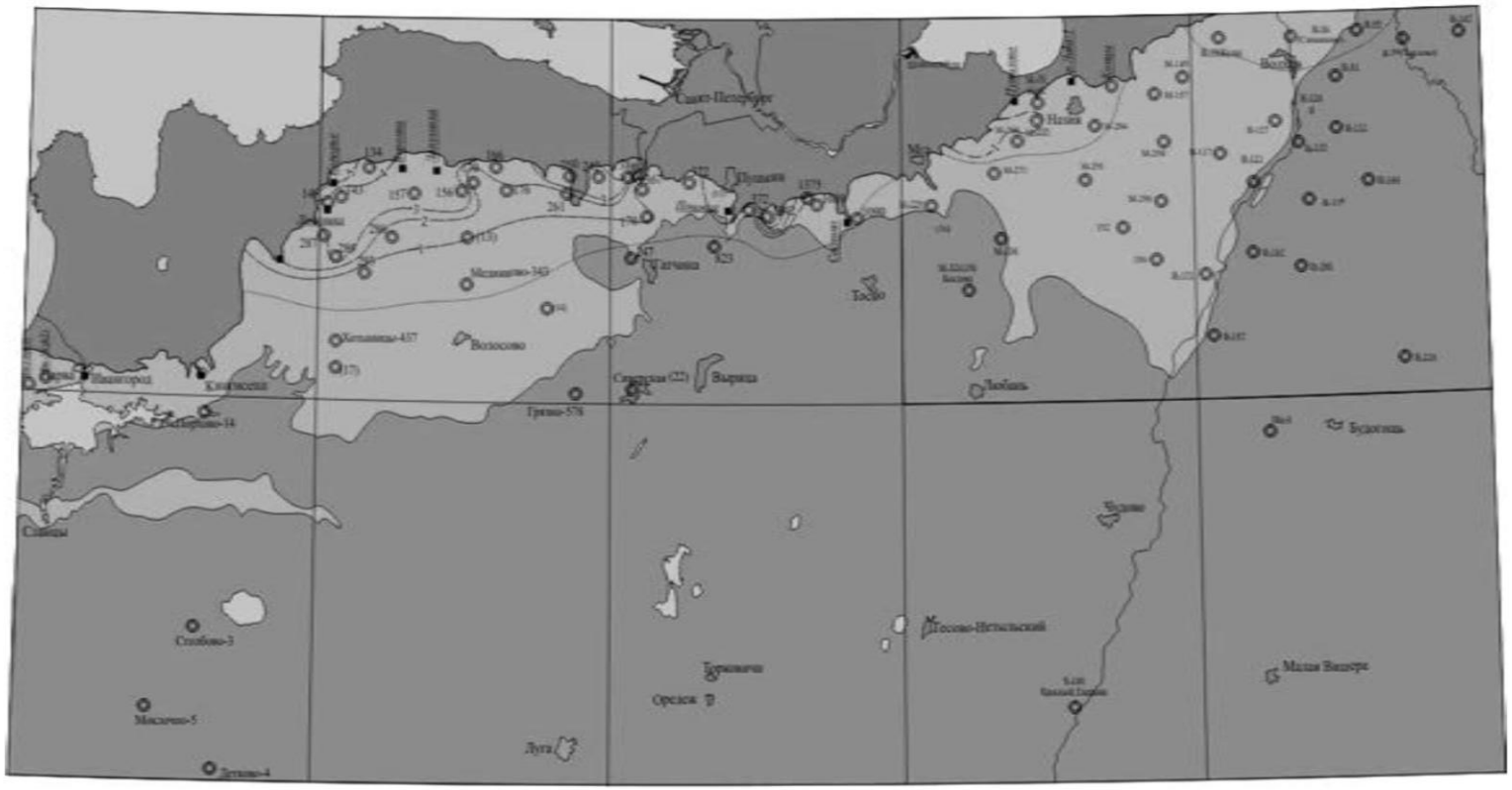
В результате этих работ, проведенных Северной экспедицией Первого главного геологического управления МИНГЕО СССР (1ГГУ), были выявлены крупнейшие запасы бедных урановых руд. Ввиду отсутствия эффективных технологий обогащения эти руды были признаны нерентабельными и специализированные на уран работы были прекращены. На отдельных площадях и участках все же проводились поисковые и разведочные работы, сопровождаясь детальными литологическими и минералогическими исследованиями. В итоге было определено строение пласта диктионемовых сланцев, распределение в нем урана, его формы нахождения, а также содержания сопутствующих компонентов. В их числе наиболее часто в повышенных концентрациях были отмечены Mo, V, Ni, P, реже Zn, TR, Sc, Re и др.

Диктионемовые сланцы урановосны на всей площади своего распространения – от 0,006 до 0,176 %, составляя в среднем 0,016 %. Причем в нижней части пласта выделяется так называемый обогащенный слой, в котором среднее содержание урана на отдельных площадях составляет 0,035 % на мощность 0,9 м.

Пласт собственно диктионемовых сланцев отличается также аномальными концентрациями молибдена (в среднем 0,02 %), ванадия (0,09 %), никеля (0,015 %) и др. элементов

Благородно-метальная минерализация диктионемовых сланцев. СФЗ «Невскгеология» ФГУП «Урангеологоразведка» проанализировала 35 литогеохимических проб диктионемового сланца на U (24-351 г/т), Th (2,6-32 г/т), Pt (<0,01 г/т), Pd (<0,005 – 0,067 г/т) и Au (до 0,028 г/т).[*] Методы

[*] Другие элементы анализировались количественным спектральным методом, повышенные концентрации показали Ni, Ti, V, Mo, Zr, Cu, Pb, Ag



Условные обозначения

всид и кембрий

ордовик

девон

а б Скважины (а) и обнажения (б), вскрывающие пакерортский горизонт (нижний ордовик)

изопахиты копорской свиты (через 1 м)

примерная линия выклинивания копорской свиты к югу от глинта

линия Балтийско-Ладожского глинта

Карта распространения и мощности диктионемовых сланцев (составлена по материалам ВСЕГЕИ)

анализа на уран – лазерно-флюоресцентный и рентгеноспектральный, на благородные металлы – атомно-абсорбционный. В последние годы на геологическом факультете СПбГУ выполнялись специализированные на благороднометалльное оруденение исследования (Е. Г. Панова и др.). В результате этих исследований установлены содержания Pd до 1,1 г/т, Pt – до 0,065 г/т, Au – до 0,43 г/т, Ag – до 300 г/т. Попутно определялись Mo – до 1500 г/т, V – до 5000 г/т, Pb – до 1000 г/т, U – 351 г/т, Cu – до 1600 г/т.

В 2007 г. ГЭП ГГП «Севзапгеология» (Л. Д. Насонова, Э. Ю. Саммет) были проведены прогнозно-минерагенические исследования диктионемовых сланцев по всей приглинтовой полосе их развития на глубину до 60 м. По результатам 30 проб была подтверждена их ураноносность на всей площади распространения от г. Котлы до р. Сясь.

В диктионемовых сланцах также были выявлены повышенные содержания (г/т) платины и золота по 0,44, палладия 0,26. Несколько проб из полевой коллекции 2007 г. были проанализированы в лаборатории ВСЕГЕИ с выделением и анализом так называемых нанофракций. Проведенные исследования выявили в нанофракциях проб повышенные содержания (г/т) золота – до 0,023, платины – до 0,28, палладия – до 1,42. Содержание урана в нанофракциях по сравнению с валовыми пробами также значительно повышается (в 2-4 раза).

В 2009 г. Отделами геологии горючих полезных ископаемых и урановых месторождений ВСЕГЕИ были проведены исследования по геохимии урана, редких и ценных элементов-примесей диктионемовых сланцев. Было осуществлено опробование 30 штуфных и бороздовых проб сланцев в разных местах их выхода на поверхность (Копорье, Поповка, Ижора, Саблино, Путилово, Пейчала).

На основании полученных в ЦЛ ВСЕГЕИ количественных аналитических данных, методом масс-спектрометрии, подтверждены промышленные концентрации **V, Ti, Cu, Mo**; редко **W** и высокие, на уровне забалансовых или между забалансовыми и промышленными содержаниями – **U;** установлено наличие промышленной благороднометальной минерализации – преимущественно **Pd, Pt,** реже **Ag** и **Au**; впервые достоверно установлены промышленные концентрации ряда редких и рассеянных элементов: **Re (до 3,6 г/т !), Rb, Cs**, **Sc,** иногда **Te.**

Оценка ресурсов и перспектив расширения минерально-сырьевой базы. Речь идет о ресурсах комплексного сырья – диктионемовых сланцев как энергетического, так и рудного сырья (на уран, молибден, ванадий, никель и многие другие ценные элементы) (табл. 1).

Прогнозные ресурсы диктионемовых сланцев категории P_1 составляют **647 млн т** при теплоте сгорания от 800 до 1300 ккал/кг и мощности продуктивной толщи до 4 м, мощности вскрыши от 2 до 60 м.

Таблица 1

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых
(протокол НТС СЗПГО от 17.10.1985 г)

Группа, подгруппа, вид полезного ископаемого	Единицы измерения	Прогнозные ресурсы по категориям		
		P_1	P_2	P_3
Твердые горючие ископаемые				
Сланец диктионемовый	млн т	647,0		
Металлические ископаемые				
Уран	тыс. т			647,0
Никель	-//-			90,0
Ванадий	-//-			259,0
Молибден	-//-			90,0

Наиболее вероятным источником для извлечения урана из пород пакерортского горизонта являются диктионемовые сланцы. Средние содержания урана в них превышают 0,01 % при максимальных – до 0,07 %. Наибольшей обогащенностью отличаются нижние части сланцевого слоя (до 0,03-0,04 %).

Прогнозные ресурсы урана в Прибалтийском ураноносном бассейне по категории P_3 оценены в 647 тыс. т.

На Красносельском ураноносном участке (месторождении) запасы урана по категории C_2 оценены в 13069 т. На Котловском участке количество урановой руды по категории C_1 составляет 6200 т, Раноловском участке – 2000 (кат. $B+C_1$) , Кайболовском – 5700 т по кат . C_1 и на Куммоловском – 57960 т по кат. $C_1 + C_2$. На этих же участках, по тем же категориям, подсчитаны запасы Mo, V, Ni. К северу от Керстово, на прогнозной площади 236 км^2, рассчитаны даже прогнозные ресурсы Au по кат. P_3 в количестве 210 т.

В 2009 г. во ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского, в Отделе геологии горючих полезных ископаемых, произведена оценка прогнозных ресурсов ряда редких, благородных и ценных металлов (табл. 2).

Таким образом, в Ленинградской области, в пределах Прибалтийского бассейна диктионемовых сланцев, следует выделить крупный Прибалтийский потенциально рудный район.

Технологии извлечения урана и сопутствующих металлов из диктионемовых сланцев существуют (схемы ВНИХТа, ВИМСа и др.). Они были разработаны в 70-е годы, с учетом особенностей содержаний урана, молибдена, ванадия и др. элементов, их распределения и высокого содержания органического вещества. Наиболее действенной представляется комплексная схема переработки диктионемовых сланцев Института химии

Таблица 2

Прогнозные ресурсы благородных редких и ценных элементов Прибалтийского бассейна, по данным ВСЕГЕИ

Наименование элемента	Средняя концентрация в диктионемовых сланцах, г/т	Содержания элементов на уровне минимальных концентраций в промышленных типах руд, г/т	Прогнозные ресурсы по категориям P_3-P_2, т
Re	0,21	0,008-0,045	134,7
Pt	0,08	0,03- 0,08	51,76
Pd	1,8	0,03- 0,08	1 163.95
Ag	1,4	5- 10	901,08
Cs	3,9	0,9- 2,5	2 538,2
Au	0,06	0,1	39,05
Rb	77,3	71,4	50 029,3
Sc	8,9	5-10	5 767,2
V	552,1	224	35 7234,6
Mo	82,8	100	53 552,2
Cu	189,2	100	122 440
Ti	2,38 кг/т	1944 (0,1944 кг/т)	1 537 110

и Института термофизики и электрофизики АН бывш. ЭССР. Эта технология ориентирована на полную утилизацию сланцев: органического вещества, серы, редких и рассеянных элементов, алюминия, железа и др. Запантентовано авторское свидетельство.[*] Извлечение ряда других ценных металлов (особенно наиболее дефицитного – рения) резко увеличит экономическую эффективность (рентабельность) процесса. Именно из-за целого комплекса других полезных компонентов, достигающих промышленных концентраций, – **Re, Sc, Rb, Te, Cs, Pt, Pd, Au, Ag,** а также V, Ti, Cu, Mo диктионемовые сланцы Прибалтийского бассейна являются уникальным источником для промышленного извлечения целого ряда металлов. Это подтверждается фактом представления на аукцион Роснедра в 4-м кв. 2009 г. участка «Богдановский» Златынского рудного поля с прогнозными ресурсами диктионемовых сланцев по кат. P_2 – 65860 тыс. т **(!)**, Волховский район, и участка «Горбовицкий» Копорского проявления, Ломоносовский район (прогнозные ресурсы диктионемовых сланцев по кат. P_2 – 18810 тыс. т).

Необходима государственная оценка и переоценка и учет запасов и прогнозных ресурсов **Re, Sc, Rb, Te, Cs; Pt, Pd, Ag, Au, Cu** в диктионемовых сланцах и фосфоритах (Куммоловского, Котловского и др.) Прибалтийского бассейна (в пределах Российской Федерации, Ленинградской области). Это позволит внести существенный вклад в воспроизводство мине-

[*] А. с. СССР № 65527. Способ комплексной переработки диктионемовых сланцев / О. Г. Киррит, Р. П. Кох, Э. Я. Маремяэ и др., заявл. 3.12.70; опубл.

рально-сырьевой базы редких и ценных стратегических металлов нашей страны, разрушенной после развала СССР.

Необходимо также продолжение технологических исследований по рациональному и экологически безопасному извлечению ряда ценных металлов и полезных компонентов из сланцев. В ходе работ по данному проекту действительно целесообразно использовать новый метод анализа, основанный на выделении из пород нанофракций металлов. Нанофракции представляют собой части пробы, в которых химические элементы находятся в ионной, молекулярной и коллоидной формах, имеют размер частиц 1-1000 нм и извлекаются водой (!) при специально подобранных условиях. Доля нанофракций в составе пород составляет 1-2 % и выше. Использование нанофракций при изучении диктионемовых сланцев и фосфоритов Прибалтийского бассейна позволит повысить (на 2-3 порядка), по сравнению с традиционной схемой химического анализа, пределы обнаружения ряда химических элементов, обладающих высокой подвижностью, в частности Pt, Pd, U, Au, Ag, Mo, Re, Tl, Sc и др. Определение содержаний подвижных элементов в нанофракциях и объем самих нанофракций в породах позволит оценить возможности извлечения редких и благородных элементов из диктионемовых сланцев и фосфоритов Прибалтийского бассейна с использованием запатентованной технологии, применяемой при выделении нанофракций. Информация, полученная при использовании анализа нанофракций в ходе исследования каменного материала, может дополнить и усовершенствовать технологические схемы по извлечению целого ряда химических элементов из диктионемовых сланцев.

УДК 622.1:553.97:624.131.43

Г. Л. Макаренко
Тверской гос. технический университет

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЧАТКИ НА ОСНОВЕ СТЕПЕНИ ТРОФНОСТИ СРЕДЫ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ

В общем виде процесс болотообразования и торфонакопления начинается с **эвтрофной стадии развития**, при котором откладываются торфяные отложения, нацело состоящие из эвтрофных растительных остатков Э (Э =100% – первый этап эвтрофной стадии развития). В последующем в его составе появляются олиготрофные растительные остатки О при до-

минирующем (преобладающем) содержании эвтрофных Э (Э>О – второй этап эвтрофной стадии развития).

На определенном этапе наступает переломный момент (выделяется **горизонтальный контакт**), при котором торфяная залежь из эвтрофной стадии развития переходит в **олиготрофную стадию развития,** и в составе торфа начинают доминировать олиготрофные растительные остатки О (Э<О – первый этап олиготрофной стадии развития). На границе установленного контакта на основе биологических компонент определяется группа торфа в эвтрофной стадии развития (нижняя часть контакта) и в олиготрофной стадии развития (верхняя часть контакта) торфяной залежи устанавливается тип контакта. Всего на основе компонентного состава торфяных отложений было выделено **9 типов контакта**. Исследование типов позволило выявить закономерность в соответствии с которой типы были объединены в три группы: первая группа $R_Э$–$R_О$; $R_Э$–$СМ_О$; $R_Э$–О (нижняя часть контакта сложена гумифицированным эвтрофным торфом); вторая группа $СМ_Э$–$R_О$; $СМ_Э$–$СМ_О$; $СМ_Э$–О (нижняя часть контакта сложена смешанным эвтрофным торфом); третья группа Э–$R_О$; Э–$СМ_О$; Э–О (нижняя часть контакта сложена эвтрофным торфом)**.**

На завершающем этапе развития залежного слоя торфяные отложения уже нацело состоят из олиготрофных растительных остатков О (О=100% - второй этап олиготрофной стадии развития) [1 – 3].

Характеристика объекта

В качестве объекта исследований рассматривается торфяное месторождение «Опалинское», расположеное на территории приморской низменности Усть-Большерецкого района Камчатской области (юго-западное побережье Камчатки, омываемое Охотским морем). Его площадь в границах промзалежи составляет 22,41 тыс. га, со средней мощностью торфяной залежи в 4,58 м и запасами торфа-сырца 1026,53 млн $м^3$. Внутренние суходолы имеют приподнятый рельеф и возвышаются над дневной поверхностью торфяного месторождения до 10 – 25 м. Почвы суходолов преимущественно песчаные или песчано-галечниковые. Поверхность торфяного месторождения ровная с малорасчлененным рельефом и имеет незначительный уклон с востока на запад в сторону Охотского моря. Рельеф поверхности торфяного месторождения повторяет рельеф минерального дна. Торфяное месторождение образовалось на месте бывшего лимана Охотского моря, который под влиянием ветра и приливно-отливных морских явлений полностью отдалился от Охотского моря песчаной косой. Со временем вода в лимане опреснилась и начался процесс заболачивания. На площади торфяного месторождения насчитывается свыше 800 озер различной площади (суммарная площадь зеркала 3453,25 га). Абсолютное большинство озер соединены между собой протоками (рис. 1).

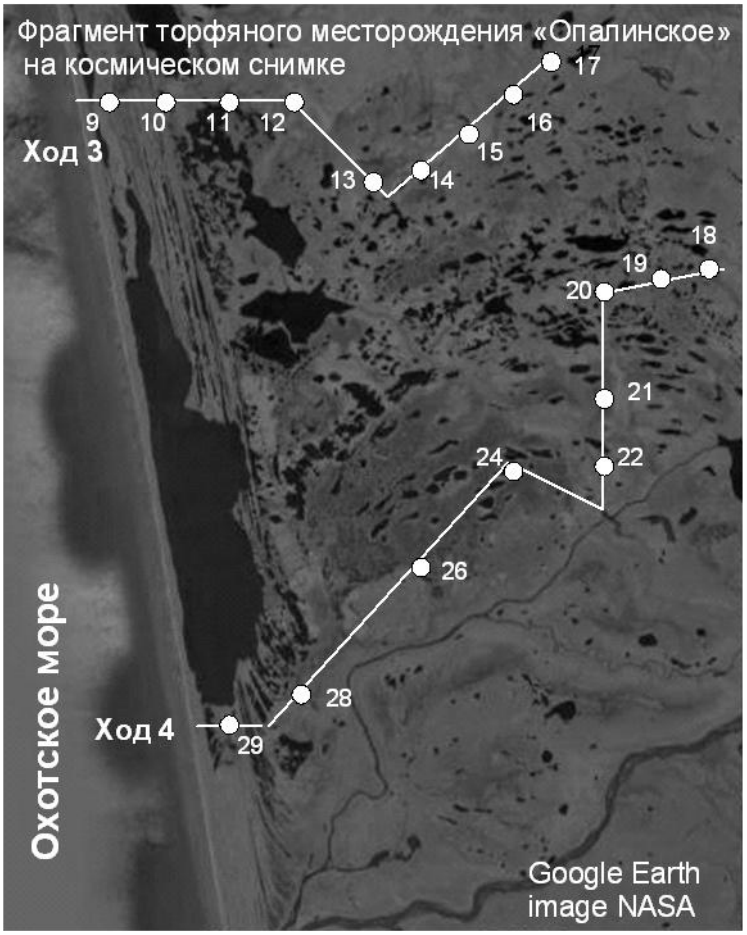


Рис. 1. Пункты геологического опробования

Поверхность торфяного месторождения безлесная и представлена грядово-мочажинным, грядово-озерковым и осоково-сфагновым растительными комплексами. В составе грядово-мочажинного растительного комплекса присутствуют кустарничковый, травяной и моховой ярусы. Гряды поднимаются над мочажинами до 0,3 м. Ориентировочная ширина гряд 10 м, длина 30 м. Они имеют вытянутую форму. Мочажины также имеют вытянутую форму и в среднем достигают ширину 5 м. Рельеф в целом спокойный, увлажненность избыточная. Иногда встречаются топи, где сфагнум отмирает и поселяется несколько видов печёночника. Кустарничковый ярус состоит из багульника (*Ledum heterophyllum*), кассандры (*Cassandra*), брусники (*Vaccinium vites idaea*), голубики (*Vaccinium ulginosum,Mirica tomentosa*), подбела (*Andromeda polifolia*), клюквы (*Oxycocus microcarpa*), водяники (*Empetrum nigrum*), карликовой березы (*Betula nana*). В условиях Камчатки этот ярус находится в угнетенном состоянии.

Высота кустарничков до 10 – 15 см. В растительном покрове их находится от 15 до 30 %. Травяной ярус состоит, главным образом, из осок: (*c. middendorfii, c. rariflora, c. rotundata, c. pauciflora, c. Limosa*). В небольшом количестве встречается мытник желтый (*Pedicularis flava*), мыт-

ник красный (*Pedicularis rubra*), злаковые (*Gramineae*), росянка (*Drosera*), морошка (*Rubus arctucus*), *сабельник (Comarum palustre*), вахта (*Menyanthes trifoliata*). Сфагновый покров мочажин, образуя сфагновые топи, представлен следующими видами: *sph. papilosum, sph. lindbergii, sph. riparium, sph. fimbriatum*. На грядах произрастают: *sph. magellanicum, sph. fuscum, sph. lenense, sph. russowii, sph. rubellum, sph. parvifolium*, в нижней части гряд *sph. compactum.*

В составе грядово-озеркового растительного комплекса также присутствуют кустарничковый, травяной и моховой ярусы. Кустаничковый ярус состоит из тех же кустарничков, что и в грядово-мочажинном растительном комплексе. Травяной ярус представлен осокой (*c. Middendorfii*) и другими неизвестными осоками. В растительном покрове наблюдается до 50 % осок. Кроме осок в небольшом количестве встречается вахта (*Menyanthes trifoliata*), разнотравье, хвощ (*Equisetum*). Особенно характерна эта растительность для озерков с темно-коричневой водой. Она почти сплошь покрывает собой зеркало их вод. Сфагновый покров представлен в основном *sph. papilosum, sph. lindbergii, sph. riparium* и образует непроходимые осоково-сфагновые топи с черными пятнами печеночника. Берега озерков торфяные и крайне топкие. Зарастают осокой (*carex*), вахтой (*Menyanthes trifoliata*), ирисом, злаками, пушицей, сфагновыми мхами *sph. lindbergii, sph. riparium.*

Осоково-сфагновый фитоценоз занимает небольшую площадь в восточной части месторождения. Обводненность в этой части малая и средняя с ровной или кочковатой поверхностью. Кустарничковый ярус в растительном покрове составляет от 15 до 40 % и по составу аналогичен предыдущим растительным комплексам. Травяной ярус состоит главным образом из осок (*carex*), которые занимают собой от 40 до 80 % поверхности. Осоки представлены: *c. middendorfii, c. rariflora, c. rotundata, c. pauciflora* и др. Осоковый ковер хорошо развит с мощной корневой системой по берегам озерков. Среди травянистой растительности в небольшом количестве встречаются мытник желтый (*Pedicularis flava*), мытник красный (*Pedicularis rubra*), злаковые (*Gramineae*), росянка (*Drosera*), морошка (*Rubus arctucus*), *сабельник (Comarum palustre*), вахта (*Menyanthes trifoliata*) и другие. Моховой покров представлен большим количеством сфагновых мхов (*Sphagnales*), образующих сфагновые подушки. На моховых подушках произрастают: *sph. magellanicum, sph. fuscum, sph. lenense, sph. russowii, sph. rubellum, sph. parvifolium, sph. compactum.* Между подушками *sph. papilosum, sph. lindbergii, sph. riparium, sph. fimbriatum*. Зеленые мхи в растительном покрове составляют от 10 до 50 %. Здесь встречаются: *Dicranum bergeri, Dicranum bonjanii, Aulacomnium palustre, Calliergon, Shcreberi, Scorpidium scorpioides, Poludella squarosa, Meesea, Drepanocladus fluitans*. Можно найти и несколько видов лишайников.

Методика исследований

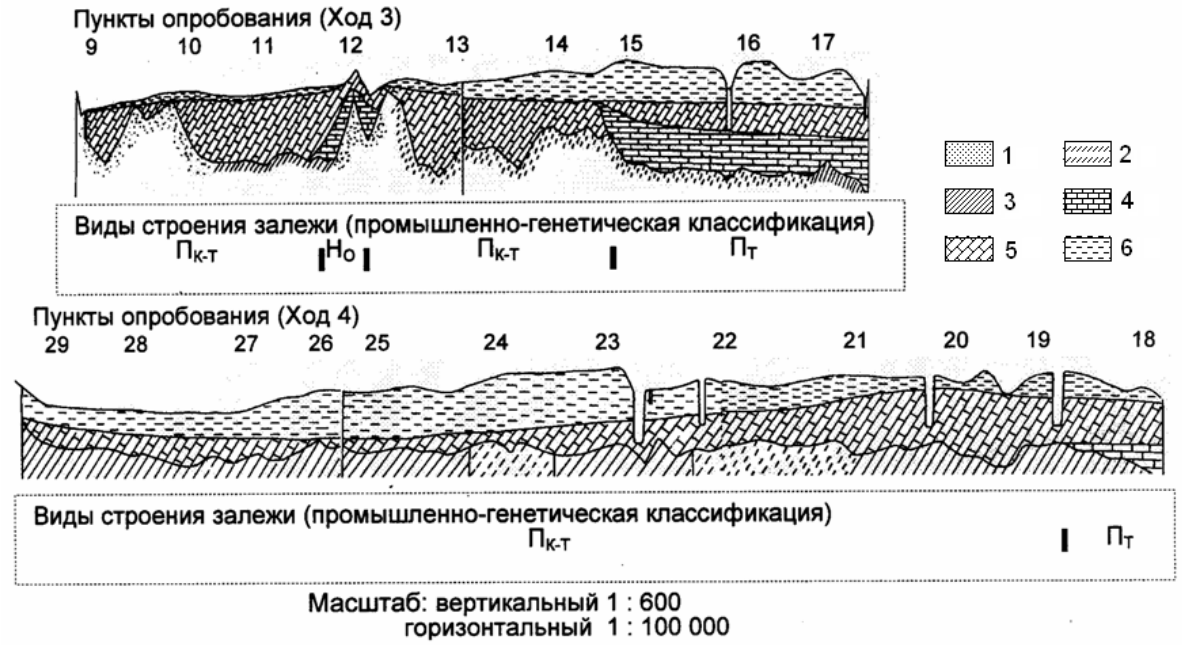
Базируется на основе разработанных генетической классификации торфяных отложений по их компонентному составу (тип, группа, класс) и стратиграфической классификации залежей торфяных месторождений в соответствии со стадиями и этапами геологического образования и развития залежного слоя. При этом было выделено два вида строения залежного слоя: одностадийное (эвтрофный и олиготрофный типы) и двухстадийное (смешанный тип). Каждой разновидности строения присвоен индекс. В залежах с двухстадийным строением учитываются тип и группа горизонтального контакта перехода залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную и преобладающая группа растительных остатков в области контакта в составе торфяных отложений. Особенности стратиграфии и закономерности состава и природных свойств торфяных отложений отражает формула залежи [3].

Результаты исследований

На исследуемой площади торфяного месторождения в соответствии с промышленно-генетической классификацией встречено три вида строения залежи (рис. 2, таблица): низинная осоковая $Н_О$, переходная кустарничковая-топяная $П_{К\text{-}Т}$ и переходная топяная $П_Т$.

По характеру образования и развития залежного слоя на основе степени трофности среды торфонакопления низинная осоковая залежь, подстилаемая песчаными отложениями, прошла первый и второй этапы эвтрофной стадии (одностадийное строение два этапа $Э_{1\text{-}2}$): с полным отсутствием содержания групп олиготрофных растительных остатков в составе торфяных отложений, наличием преобладающего содержания растительных остатков эвтрофной группы Э, полным отсутствием содержания растительных остатков гумифицированной эвтрофной группы. Характерно отсутствие контактной группы. Средние значения показателей природных свойств торфяных отложений залежного слоя: степень разложения R = 34 %, влажность W = 85,9 %, зольность A^D = 37,3 % (см. рис. 2, таблицу).

Переходная кустарничковая топяная залежь, подстилаемая песчаными отложениями, суглинком и супесью, прошла второй этап эвтрофной и первый этап олиготрофной стадий образования и развития залежного слоя (двухстадийное строение два этапа $Э_2\text{-}О_1$). При этом для залежного слоя, подстилаемого рыхлыми минеральными отложениями, доминирует второй этап эвтрофной стадии, а для залежного слоя, подстилаемого связными минеральными отложениями, в целом доминирует первый этап олиготрофной стадии. Характерно наличие второй и третьей контактных групп (преобладающая группа растительных остатков в области контакта: М-М; Т-М; М-Т).



$П_{К-Т}$ – переходная кустарничковая топяная; $Н_О$ – низинная осоковая;
$П_Т$ – переходная топяная

Рис. 2. Геологические разрезы торфяного месторождения «Опалинское» Усть-Большерецкого района Камчатской области.

Подстилающие минеральные отложения: 1 – песок, 2 – супесь, 3 – суглинок; стадии и этапы образования и развития залежного слоя: 4 – эвтрофная, первый; 5 – эвтрофная, второй; 6 – олиготрофная, первый

Компонентный состав торфяных отложений залежного слоя эвтрофной стадии отличает преобладающее содержание эвтрофной и смешанной эвтрофной групп растительных остатков, в олиготрофной стадии преобладающее содержание олиготрофной и смешанной олиготрофной групп растительных остатков. Средние значения показателей природных свойств торфяных отложений залежного слоя соответствуют: степень разложения R = = 19 %, влажность W = 92,5 %, зольность A^D = 12,6 % (см. рис. 2, таблицу).

Переходную топяную залежь, подстилаемую супесчаными отложениями и частично суглинком, отличает двухстадийное строение в три этапа $Э_{1-2}$-$О_1$. Прошла первый и второй этапы эвтрофной и первый этап олиготрофной стадий образования и развития залежного слоя. В компонентном составе торфяных отложений залежного слоя эвтрофной стадии устанавливается 100 % содержание эвтрофной группы растительных остатков, а в олиготрофной стадии преобладающее содержание смешанной олиготрофной группы над олиготрофной. Характерно наличие третьей контактной группы (преобладающая группа растительных остатков в области контакта: М-М). Средние значения показателей природных свойств

торфяных отложений залежного слоя соответствуют: степень разложения R = 17 %, влажность W = 92,6 %, зольность A^D = 17,1 % (см. рис. 2, таблицу).

Характеристика развития залежного слоя и природных свойств отложений торфяного месторождения «Опалинское»

Вид строения залежи (промышленно-генетическая классификация)	Строение залежного слоя на генетической основе	Формула залежи, пункт опробования, группа контакта
Низинная осоковая $Н_О$	Одностадийное (два этапа)	$Э_{1-2}; \frac{О\ СМ_О\ R_О}{Э^{92} СМ_Э^{8}\ R_Э}$ R – 32 %; W – 87,3 %; A^d – 33,7 % **Ход 4 ПБ 18** нет $Э_{1-2}; \frac{ОСМ_ОR_О}{Э^{100} СМ\ R_Э}$ R – 35 %; W – 84,4 %; A^d – 40,9 % **Ход 4 ПБ 12** нет
Переходная кустарничковая топяная $П_{К\text{-}Т}$	Двухстадийное (два этапа)	$Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{100}\ СМ_ОR_О}{Э^{100}\ СМ_ЭR_Э}$ Э-О; (Т-М); R – 21%; W – 91,93%; A^d – 15,8 % **Ход 3 ПБ 14** третий $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{71}СМ_О^{29}\ R_О}{Э\ СМ_Э^{100}R_Э}$ $СМ_Э$-$СМ_О$; (Т-М); R – 19 %; W – 92,5 %; A^d – 8,6 % **Ход 4 ПБ 26** второй $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{66}\ СМ_О^{34}\ R_О}{Э^{100}СМ_Э\ R_Э}$ Э-О; (Т-М); R – 14 %; W – 92,5 %; A^d – 10,0 % **Ход 4 ПБ 28** третий $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{100}СМ_ОR_О}{Э^{34}СМ_Э^{66}\ R_Э}$ $СМ_Э$-О; (М-М); R – 12 %; W – 91,3 %; A^d – 13,0 % **Ход 4 ПБ 29** второй $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{100}\ СМ_О\ R_О}{Э^{44}СМ_Э^{56}\ R_Э}$ $СМ_Э$-О; (М-М); R – 22%; W – 92,6%; A^d – 16,8% **Ход 4 ПБ 20** второй $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{34}СМ_О^{66}R_О}{Э^{34}СМ_Э^{66}R_Э}$ $СМ_Э$-$СМ_О$; (М-Т); R – 20 %; W – 92,9 %; A^d – 13,9% **Ход 4 ПБ 22** второй $Э_2\text{-}О_1; \frac{О^{34}СМ_О^{66}R_О}{Э^{34}СМ_Э^{66}R_Э}$ Э-$СМ_О$; (М-М); R – 21%; W – 93,8 %; A^d – 6,6 % **Ход 4 ПБ 22** третий $Э_2\text{-}О_1; \frac{ОСМ_О^{100}R_О}{Э^{50}СМ_Э^{50}R_Э}$ Э-$СМ_О$; (М-М); R – 25 %; W – 91,7 %; A^d – 13,1% **Ход 4 ПБ 9** третий $Э_2\text{-}О_1; \frac{ОСМ_О^{100}R_О}{Э^{50}СМ_Э^{50}R_Э}$ Э-$СМ_О$; (М-М); R – 17,8%; W – 93,5%; A^d – 15,6% **Ход 4 ПБ 11** третий
Переходная топяная $П_Т$	Двухстадийное (три этапа)	$Э_{1\text{-}2}\text{-}О_1; \frac{О^{34}\ СМ_О^{66}\ R_О}{Э^{100}\ СМ_Э\ R_Э}$ Э-$СМ_О$; (М-М); R – 17 %; W – 92,59 %; A^d – 17,1 % **Ход 3 ПБ 16** третий

Примечание. $Э_1\text{-}О_{1\text{-}2}$ – индекс строения торфяной залежи (стадии и этапы); $О^{36}\ СМ_О^{44}\ R_О^{20}$ – относительная встречаемость групп торфяных отложений в олиготрофной стадии развития торфяной залежи (%); $Э^{75}\ СМ_Э^{11}\ R_Э^{14}$ – относительная встречаемость групп торфяных отложений в эвтрофной стадии развития торфяной залежи (%); Э-О – тип контакта; (Т-М) – преобладающая группа растительных остатков в контактной области (нижняя часть контакта – травяная, верхняя часть контакта – моховая). Средние значения показателей торфяных отложений в залежном слое: R – степень разложения, %; W – относительная влажность, %; A^d – зольность, %.

Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что определенному виду промышленно-генетической классификации залежи отвечает вполне конкретный характер болото- и торфообразовательного процесса на основе степени трофности среды торфонакопления. В залежах со смешанным строением полностью отсутствует первая группа контактов их перехода из эвтрофной стадии развития в олиготрофную. Процесс болотообразования и торфонакопления может начинаться на любом этапе или любой стадии развития залежного слоя с соответствующим индексом строения. Каждому этапу и стадии развития соответствуют вполне конкретные геологические условия естественного залегания торфяного месторождения, генетически взаимосвязанные группы торфяных отложений и характеристика их природных свойств. Это позволит устанавливать взаимосвязь растительного покрова торфяных месторождений со стратиграфией залежи.

Библиографический список

1. **Макаренко Г. Л.** Развитие концепции геологического изучения торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: МГГУ, 2008. № 8. С. 254-262.

2. **Макаренко Г. Л.** О геологической природе образования торфяных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка. 2009. № 2. С. 29-33.

3. **Макаренко Г. Л.** Геологическая природа болот. Тверь: ТГТУ, 2009. 163 с.

УДК 552.574:553.9

И. Е. Стукалова
ГИН РАН

УГЛЕПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ РАН

Юрий Аполлонович Жемчужников, 125-летие со дня рождения которого отмечается в 2010 году, является, без преувеличения, основоположником генетического подхода к изучению осадочных образований и каустобиолитов. Его учебник «Введение в петрографию углей», вышедший в свет в 1932 году [1], положил начало новой науки – петрографии углей, которая до последнего времени в нашей стране активно развивалась.

В 1935 году Ю. А. Жемчужников, учитывая работы Г. Потонье и М. Д. Залесского, предложил генетическую классификацию углей, с разделением гумусового и сапропелевого угленакопления, которая не потеряла актуальности и по сей день. Особенно, если учитывать тот факт, что две ветви органического вещества, гумусовое и сапропелевое, являясь исходным материалом угля и нефти, встречаются параллельно в осадочных комплексах различного генезиса.

В книге «Основы петрологии углей» [2] приводится схема классификации углей по вещественному составу и написана целая глава, где изложены основы генетической классификации углей. Кроме исходного материала гумитов, липтобиолитов, гумито-сапропелитов и сапропелитов, основными признаками подразделения углей на классы выдвигаются фациальные условия их преобразования.

В этой объемной монографии также приводятся подробные описания, с иллюстрациями органических микрокомпонентов углей, дается характеристика физических, химических и технологических свойств углей различной степени углефикации на примере угольных месторождений различного возраста, разбираются и другие вопросы угольной геологии и петрологии углей.

Для углепетрографов эти книги Ю. А. Жемчужникова и его коллег, наряду с атласами микроструктур углей, всегда являлись и являются настольными, содержащими основные сведения по петрологии углей многочисленных и разнообразных по возрасту и генезису угольных месторождений и бассейнов нашей страны.

В 1945 году член-корреспондент АН СССР Ю. А. Жемчужников стал работать в Геологическом институте АН СССР в г. Москве, где им и коллективом сотрудников института активно внедрялся в исследования фациальный метод изучения угленосных толщ, что дало ощутимый вклад в теоретические исследования и разработку нового генетического подхода к изучению осадочных комплексов. В. С. Яблоковым, П. П. Тимофеевым и Л. И. Боголюбовой были продолжены работы в этом направлении с разработкой и детализацией понятий: «генетический тип», «фация» и «формация».

Петром Петровичем Тимофеевым и Лидией Ивановной Боголюбовой в статье «Развитие идей в области познания вещественно-петрографического состава и генезиса органического вещества», опубликованной в материалах юбилейного издания «Литология в исследованиях Геологического института АН СССР» [7] дается исторический экскурс углепетрографических исследований в нашей стране и в ГИН РАН.

Там, в частности, обращается внимание, что коллективом сотрудников Геологического института АН СССР под руководством Ю. А. Жемчужникова (В. С. Яблоковым, Л. И. Боголюбовой, Л. П. Нефедьевой и другими) впервые были начаты работы по комплексному углепетрографическому и литолого-фациальному изучению угольных пластов и угленосных

толщ, на примере ерунаковской свиты Кузнецкого бассейна, теперь одного из главных угольных бассейнов страны.

В результате работ по углепетрографическому изучению углей и палеогеографических обстановок накопления угольных пластов среднего карбона Донбасса были выяснены особенности структуры вещества углей и степень разложения гелифицированного вещества, что было положено в основу генетической классификации углей, сначала Донецкого бассейна, а потом и других.

П. П. Тимофеевым и Л. И.Боголюбовой были выделены четыре типа структур вещества углеобразующих микрокомпонентов: телинитовая, посттелинитовая, преколлинитовая и коллинитовая, и прослежена закономерная приуроченность углей определенной структуры к различным обстановкам осадконакопления. Далее была предложена и разработана классификация углей, которая получила международное признание. Предложенная генетическая классификация гумусовых углей Международным комитетом по петрологии углей была принята как Система Геологического института АН СССР, Москва (сокращенно ГИМ), она частично вошла во второе издание Международного словаря по петрологии углей.

Однако эта классификация не является единственной и общепринятой. Углепетрографы в своей практической работе используют разные классификации микрокомпонентов углей, например, предложенную в 1956 году И. Э. Вальц (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург) [3], эта классификация используется в ГОСТах.

В книге Э. Штаха и др. (Stach's Textbook) «Петрология углей» содержится классификация микрокомпонентов (мацералов) углей, которая принята Международным комитетом по петрологии углей [8]. Терминология все время совершенствуется, а книга-руководство дополняется и переиздается.

Международный комитет по петрологии углей проводил работы по унификации и объединению различных схем и углепетрографических классификаций микрокомпонентов. Для этого были созданы несколько комиссий: комиссия по углепетрографической номенклатуре; аналитическая комиссия; комиссия по использованию данных петрологии углей в практике коксования и другие [6].

В настоящее время Международный комитет по петрологии углей продолжает работы по стандартизации углепетрографических описаний, по совершенствованию классификаций микрокомпонентов и развитию количественных методов исследования углей и рассеянного органического вещества. Одной из задач угольной петрографии продолжает оставаться получение таких объективных количественных характеристик, как процентное содержание микрокомпонентов угля и значения величин их отражения.

Распределение углей по маркам, группам и подгруппам производится на основе генетических и технологических параметров. Используя результаты определений величин отражения микрокомпонентов угля и зная их вещественно-петрографический состав, можно прогнозировать коксуемость углей [3, 8].

Объективность и достоверность выводов, при анализе микрокомпонентов с помощью определения их отражения, позволяют оптимально и эффективно организовывать промышленное использование угля. Причем чем выше степень достоверности прогноза качества угля, тем больший экономический эффект от использования можно получить. В связи с этим не случаен интерес к результатам таких исследований многих зарубежных фирм, который объясняется потребностями в коксующемся угле.

Для исключения возможных расхождений в результатах определений величин отражения, полученных разными исследователями по разным методикам, работает аналитический подкомитет Международного комитета по петрологии углей.

С этой целью нам были переданы образцы углей рабочей группы по стандартизации измерений величин отражения. Нами проводились измерения величин отражения витринитов и других микрокомпонентов из разных угольных бассейнов. Проиллюстрируем результаты измерений на конкретном примере. В данном случае задача исследований сводилась к следующему. На образце каменного угля средней степени метаморфизма из Рурского бассейна производится подсчет микрокомпонентного состава угля с анализом мацеральных групп. Каждая подсчитываемая во время анализа частица относится к одной из мацеральных групп, и одновременно определяется ее отражение. На одном образце производится 500 замеров. Измерения производились на микроскопе-фотометре фирмы «Лейтц» в ГИН РАН традиционным методом по стандартным методикам.

Величины отражения в иммерсии (R^o) лейптинитовых микрокомпонентов составляют от 0,20 до 0,55 %. Максимум приходится на интервал 0,25-0,45 %. Витринитовые микрокомпоненты характеризуются величиной отражения от 0,30 до 1,35 %. Максимум приходится на уровень 0,65-0,85 %. Величины отражения инертинитовых микрокомпонентов колеблются в пределах 1,05-2,50 %. Отмечается два максимума: в области значений 1,15-1,65 % и в области 2,5 %, последний максимум, вероятнее всего, отвечает склеротиниту, не спекающемуся микрокомпоненту.

При количественном анализе микрокомпонентов получаются следующие содержания их в угле: 60 % микрокомпонентов группы витринита, 15 % лейптинитовых и 25 % инертинитовых микрокомпонентов. Сумма отощающих компонентов составляет 25 %.

Результаты измерений, полученные в разных учреждениях, сравнивались с эталонными образцами, и давалась качественная характеристика

угля и прогноз коксующихся свойств данного угля. Решались и другие задачи анализа и сопоставления результатов разных лабораторий.

Такие исследования проводятся с целью усовершенствования и стандартизации методик измерений величин отражения витринитов и других микрокомпонентов (мацералов) углей, что необходимо для определения степени метаморфизма углей и рассеянного органического вещества в осадочных комплексах для решения различного рода геологических задач.

Методики измерений и, главное, аппаратурная база все время совершенствуются, изменяются, появляются новые микроскопы, в которых эти параметры измеряются при помощи систем анализа изображения, а информация обрабатывается прикладными программами с помощью компьютера.

Однако продолжают использоваться и микроскопы-фотометры. Измерения величин отражения витринитов ранее производились исключительно на микроскопах-фотометрах типа ПООС и МФУ (отечественного производства); и МРМ (зарубежных фирм Цейс и Лейтц). В процессе работы измеряются интенсивности фототока, отраженного от полированной поверхности образцов (аншлифов и аншлифов-брикетов), и сравниваются с эталонами. Величина отраженного фототока измеряется цифровым или стрелочным вольтметром, все показания записываются оператором и обрабатываются вручную. На одном образце, площадью 2 $см^2$, необходимо провести от 50 до 100 замеров. За истинное значение принимается средняя величина, если разброс значений был минимальным. Далее также вручную строилась гистограмма распределения всех замеров.

Микроскопы-фотометры и методики измерений непрерывно совершенствуются. С появлением более 20 лет тому назад новых зарубежных микроскопов-фотометров с автоматизированной системой замеров интенсивности фототоков и обработкой полученной информации на компьютерах, процесс измерений перешел на новый качественный уровень [4]. Отечественный микроскоп-спектрофотометр МСФУ-ЭВМ, представляющий собой оптико-электронный комплекс, относится к аналогичному типу приборов.

Далее в своей работе для измерения величин отражения витринитов мы использовали МСФУ-ЭВМ, изготовленный на предприятии «ЛОМО» (Санкт-Петербург).

В оптико-электронный комплекс МСФУ-ЭВМ входят поляризационный микроскоп, блок управления, монитор и принтер. Блок управления обслуживается прикладными программами, которые предназначены для управления фотоэлектронным умножителем, монохроматором, сканирующим столиком, а также для сбора, обработки, отображения и хранения полученной информации [4].

Подчеркнем еще раз, что работа на микроскопе-спектрофотометре значительно отличается от традиционных приемов работы на микроско-

пах-фотометрах. Отличия заключаются в следующих преимуществах микро-спектрофотометрического анализа:

а) возможность получения непрерывных спектральных характеристик в диапазоне длин света от 240 до 700 нм для микрокомпонентов углей и рудных минералов, которые необходимы для их более точной диагностики и характеристики;

б) работа с передвижным (сканирующим) столиком для автоматического измерения величин отражения;

в) математическая обработка информации, вычисление средних величин и среднего квадратичного отклонения, построение гистограмм распределения величин отражения, фиксирование каждого замера, распечатка таблицы замеров;

г) сохранение информации в банке данных.

Витриниты являются одними из наиболее распространенных органических микрокомпонентов в углях и в твердом рассеянном органическом веществе осадочных пород. С увеличением степени преобразования органического вещества углей в процессе метаморфизма величины отражения витринитов изменяются. Величины отражения витринитов принимаются в качестве природного палеотермометра, что позволяет прогнозировать глубину погружения осадка и температуру преобразования осадочных пород.

В последнее время Международный комитет по петрологии углей активно сотрудничает и проводит совместные заседания с Международным обществом по изучению рассеянного органического вещества и другими организациями.

В настоящее время продолжают проводиться угольные конференции, организованные Международным комитетом по петрологии углей, на которых обсуждаются различные вопросы геологии и петрологии угля.

В 2008 году в г. Овьедо в Испании проходила Международная конференция по углю и органической петрологии (International Conference on Coal and Organic Petrology ICCP-TSOP Joint Meeting). Конференция была организована Международным комитетом по петрологии углей и органического вещества и Международным обществом по изучению рассеянного органического вещества в осадочных бассейнах. Чтобы показать представительность данной конференции, достаточно сказать, что в работе конференции участвовало 270 человек из 150 стран.

Тематика докладов охватывала широкий спектр теоретических и прикладных вопросов угольной и осадочной геологии. Были рассмотрены следующие вопросы: закономерности распространения осадочных формаций, заключающих в себе углеводородное сырье; петрографические, физические, геохимические, палинологические свойства углей и рассеянного органического вещества, новые методики и лабораторные исследования углей и минералов, термальные преобразования углей. Во многих докладах были представлены результаты на основе современных методов исследо-

вания органического вещества гумусового и сапропелевого ряда, геохимических методов исследования и пиролиза.

Работа проходила по трем комиссиям, включая устные доклады, обсуждения, стендовые доклады и пленарные заседания. Предлагались дополнения к существующим классификациям бурых и каменных углей. Важные дополнения были внесены в определение природы и величин отражения твердых битумов. Самостоятельное заседание проводилось по рассеянному органическому веществу (РОВ) в осадочных бассейнах, где рассматривались вопросы классификации, определение видов РОВ и степень изменения.

Во время конференции демонстрировалась работа с образцами на различном оборудовании по определению величин отражения микрокомпонентов углей и рассеянного органического вещества. В частности, была показана работа на оборудовании частной фирмы Carl H. Hilgers, Technisches Buro. Была продемонстрирована работа и других прикладных программ для работы на современных микроскопах-спектрофотометрах.

В 2008 году в г. Львове на Украине проходила 7-я Европейская угольная конференция, которая была созвана по инициативе другой международной организации – Европейской угольной группы, неформальной организации, объединяющей ученых и горных инженеров, чьи профессиональные интересы связаны с изучением угольных месторождений, использования угля и экологическими проблемами [5].

Конференция во Львове была организована Институтом геологии и геохимии горючих ископаемых Национальной академии наук Украины (г. Львов), Институтом геологических наук Национальной академии наук Украины (г. Киев), объединением «Львовуголь» и другими геологическими организациями. В организации этой конференции приняли участие геологические организации и институты, которые в настоящее время активно работают в области добычи и использования угля на Украине.

На конференции рассматривались актуальные вопросы геологии и эксплуатации угольных месторождений. Во многих докладах содержались новые сведения о петрографии и метаморфизме углей разных бассейнов, о гидрогеологии угольных месторождений. Были затронуты проблемы, связанные с использованием углей разного качества в промышленности и теплоэнергетике. Также часть докладов была посвящена таким вопросам, как: разработка торфа карьерами и экологические проблемы; разработка угля шахтами и экологические проблемы; извлечение метана; новое современное горное оборудование; новые технологии в горной промышленности.

Вопросам безопасного ведения горных работ и экологическим проблемам были посвящены большинство докладов.

В соавторстве с украинскими коллегами из Института геологических наук НАН Украины на конференции нами был представлен доклад о петрографическом составе и степени метаморфизма углей глубоких горизон-

тов Донбасса (на примере шахты им. А. Ф. Засядько), в котором было показано, что исследования петрографического состава и метаморфизма углей глубоких горизонтов Донбасса весьма актуальны в настоящее время в связи с проблемами освоения газовых ресурсов региона и, особенно, безопасного ведения горных работ [9].

Представленный в данной статье обзор углепетрографических исследований, проводимых в Геологическом институте РАН, не ставит своей целью охватить все, без исключения, работы. Да это и невозможно, так как они проводились большим коллективом в течение длительного времени. Цель обзора – акцентировать внимание на наиболее существенных фактах, показать их комплексность, многоплановость и прикладное значение, а также актуальность продолжающихся исследований в области петрографии углей в настоящее время.

Библиографический список

1. **Жемчужников Ю. А.** Введение в петрографию углей. М.-Л.: Гос. науч.-техн. горно-геол. изд-во, 1932. 162 с.

2. **Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И.** Основы петрологии углей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 399 с.

3. **Петрография** углей СССР. Основы петрографии углей и методы углепетрографических исследований // Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 309. Л., 1982. 191 с.

4. **Стукалова И. Е.** Измерения величин отражения витринитов на оптико-электронном комплексе МСФУ-ЭВМ // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. №7. С. 203-213.

5. **Стукалова И. Е.** 7-я Европейская угольная конференция // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. Вып. III (19). С. 382-383.

6. **Тимофеев П. П., Боголюбова Л. И.** Заседания комиссий Международного комитета по петрологии углей // Литология и полезные ископаемые. 1973. № 3. С. 154-157.

7. **Тимофеев П. П., Боголюбова Л. И.** Развитие идей в области познания вещественно-петрографического состава и генезиса органического вещества //Литология в исследованиях Геологического института АН СССР. М.: Наука, 1980. С. 96-109.

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

9. **Ivanova A. V., Zaiczeva L. B., Stukalova I. E.** Petrographic composition and degree of coal metamorphism in deep levels of Donbas (on the example of A.F.Zasyadko coal mine) // Materials of the 7-th European Coal Conference, August 26-29, 2008, Lviv, Ukraine, National Academy of Sciences of Ukraine, pp. 49-50.

Раздел III. ГЕОЛОГИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК: 553.981

В. П. Макаров
Российский гос. геологоразведочный университет

ОБ ИСТОЧНИКАХ ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Углеводородные газы (далее УВГ) являются частью природных углеводородных систем, газовой фазой природных углеводородов [1]. В настоящее время известны основные типы УВГ: газы месторождений нефти (нефтяные газы), газы угольных месторождений и газы без прямого контакта с известными углеводородными объектами, которые включают растворённые газы природных вод, открытого трещинно-пористого пространства горных пород, свободный газ и газогидраты [1]. Природа этих газов разнообразна, причем источники нефтяных и угольных газов известны, хотя и из весьма общих представлений, тогда как источники остальных газов не ясны.

Появившиеся разработки по решению задачи об источниках вещества позволяют осветить эту проблему для конкретных выборок [2, 4]. Для этого были проанализированы составы УВГ из работы [2]. Концентрации газов приведены в объёмных процентах. Во многих пробах дано также определение плотности газов ρ (относительно воздуха), в зарубежных материалах – глубины отбора проб.

Всего использовано 235 анализов из газовых месторождений СССР и 58 анализов из зарубежных газовых месторождений, а также 72 анализа из нефтяных месторождений СССР и 57 анализов из зарубежных нефтяных месторождений. Распределение газов по объектам приведено согласно работе [2].

Изучено поведение CH_4 (C1), C_2H_6 (C2), C_3H_8 (C3), иногда C_4H_{10}(C4), с применением рассчитанных концентраций (условно) весовых (m) и мольных (M). Условно весовые концентрации определялись по формуле $m = \rho V$, где V – объёмная концентрация газа, в % (условно), мольные концентрации - из выражения $M = m/A$ (A – молекулярный вес газа). Для анализа поведения газов построены диаграммы в координатах ($\rho - C_i$), ($C1 - C_j$) и ($1/\rho - C_i$); концентрации газов при этом нормировались с условием ΣCi = = 100 %. Поскольку концентрации газов в анализах выражены в %, то нормированные концентрации будут выражаться в единицах (%). В случае

выполнения уравнений вида $C_i = A_i(C1) + B_i$ и $Cj = A_j/\rho + B_j$ (далее они упоминаются как два метода) строились компенсационные диаграммы вида $B_{i,j} = gA_{i,j} + G$, в которых $g = (C1)_o$, $G = (C_i)_o$ – составы исходных гипотетических газов, послуживших источником для формирования реальных газов. При выполнении этих операций во всех случаях параметры газов жёстко фильтровались: из выборки отделялись пробы, существенно отклоняющиеся от корреляционной прямой и так, чтобы показатель R^2, отождествляемый с коэффициентом корреляции, в конечном счёте приближался к единице. Практически принимались выборки с $R^2 \geq 0{,}95$. Часто в остатках выявлялись новые корреляционные зависимости.

Элементы теории решения задачи об источниках вещества [6]

Решение задачи исходило из аксиомы, что непосредственно изучаемые газы не являются первичными, а образуются при смешении исходных газов минимум из двух источников. Поэтому задача состояла в выявлении составов исходных газов.

При поисках решения предполагается наличие выборки проб из многих точек из объекта изучения. Выборка из нескольких проб газов, отобранных из одного и того же объекта и образованных при одних и тех физико-химических условиях, называется *индивидуальной*.

Под *источником уровня 1 (j = 1)* понимается источник вещества для конкретной индивидуальной выборки. Каждая выборка может иметь свой отдельный источник уровня 1.

В некоторый бассейн поступают потоки A и B, где A и B – количество материала, поступающего в этот бассейн; потоки A и B назовём *компонентами смешения*; доля f_A вещества, например, потока A в смеси M определится отношением $f_A = A/(A+B)$. То же можно написать и для потока B. Пусть в обоих потоках содержится компонент X с начальными концентрациями X_A и X_B. В бассейне смешения его концентрация будет X_M, а доля его в смеси $f_M = X_A/(X_A + X_B)$. Измеренная концентрация элемента X в потоке M будет определена из выражения $X_M = f_A(X_A - X_B) + X_B$. Если в этих потоках присутствует и элемент Y с содержаниями Y_A и Y_B, то приходим к уравнению прямой

$$Y_M = k\,X_M + K, \qquad (1)$$

где $k = (Y_A - Y_B)/(X_A - X_B)$.

Выявляется особенность, связанная с тем, что их количество может быть выражено либо через массу m (или вес), либо через объём V. Тогда для этих случаев соответствующие доли имеют вид

$$f_{m1} = m_1/(m_1 + m_2);\ f_{V1} = V_1/(V_1 + V_2).$$

Если положить, что $\rho_i = m_i/V_i$ – плотность соответствующего газа, а $\rho = (m_1 + m_2)/(V_1 + V_2)$ – плотность их смеси, то легко получить:

$$f_{m1} = (\rho_1/\rho)\, f_{V1},$$

т. е. доли присутствующих в смеси газов, рассчитанные по разным параметрам, различаются. Равенство возможно лишь при $\rho_1 = \rho$, т. е. в отсутствии смешения. Если $\rho_1 = \rho_2$, то $f_{V1} = 2\, f_{m1}$.

А. ***В замкнутой системе* (*C*1, *C*2, *C*3)**, в которой $C1+C2+C3 = 100$ %, компоненты системы могут быть связаны функциями:

$$C1 = a\,Z + A; \quad (2)$$

$$C2 = b\,Z + B; \quad (3)$$

$$C3 = d\,Z + D. \quad (4)$$

Здесь величина Z является более общей характеристикой системы и явным образом ей не принадлежит. Например, в свинцовой системе $Z = 1/\mathrm{Pb}$, где Pb – валовая концентрация Pb в пробах; в газовой системе, сложенной компонентами С1, С2, С3 (пропан), $Z = 1/\rho$, где ρ – плотность смеси газов. В этой системе $a+b+d = 0$ и $A+B+D = 100$ %. Уравнения вида (2) – (4) отражают *внешние* относительно системы *связи*.

Б. ***В замкнутой системе (C1, C2, C3)*** также известны зависимости концентраций одного элемента от концентрации другого элемента вида (5) и (6):

$$C2 = eC1 + E; \quad (5)$$

$$C3 = fC1 + F. \quad (6)$$

Они отражают *внутренние связи* элементов системы. Здесь $e + f = -1$ и $E + F = 100$ %. Из комбинации уравнений (2) – (4) путем избавления от параметра Z можно получить уравнения (5), (6).

В. ***Компенсационные уравнения [4].***

Обычно компоненты C_i изучаются в нескольких объектах, при этом для каждого объекта выполняются соотношения (2)-(4). Довольно часто они пересекаются в одной точке с координатами (Ci_o, Z_o). Такие прямые образуют пучок прямых, а точка их пересечения называется точкой *кроссовера* [6, 7]. Тогда существуют уравнения типа (7)-(9), которые называются *компенсационными*.

Компенсационные уравнения для уравнений (2)-(4) имеют вид:

$$A = (-Z_{oA})a + C1_o; \quad (7)$$

$$B = (-Z_{oB})b + C2_o; \quad (8)$$

$$D = (-Z_{oD})d + C3_o. \quad (9)$$

Поскольку $A+B+D = 100$ %, то $C1_o+C2_o+C3_o = 100$ %. Здесь $(-Z_{oA})a + (-Z_{oB})b + (-Z_{oD})d = 0$, но так как $a+b+d = 0$, то $Z_{oA} = Z_{oB} = Z_{oD} = Z_o$.

Компенсационные уравнения для системы (5), (6) имеют вид:

$$E = (-C1_o^*)e + C2_o^*; \quad (10)$$

$$F = (-C1_o^*)f + C3_o^*. \quad (11)$$

Поскольку $E + F = 100$ % и $e + f = -1$, то $C1_o^* + C2_o^* + C3_o^* = 100$ %, причём $C1_o = C1_o^*$; $C2_o = C2_o^*$; $C3_o = C3_o^*$.

Индивидуальные выборки образуют замкнутое **семейство,** если эти выборки описываются выражениями (7)–(11).

Г. ***Бикомпенсация [4]***

В процессе проведения «компенсационного» анализа была получена числовая характеристика семейства индивидуальных выборок в виде некоторой пары чисел (X_o, Y_o). Если имеется несколько семейств, то получается множество таких пар, которые тоже можно подвергнуть компенсационному анализу. В результате могут быть получены линейные уравнения вида $Y_o = gX_o + G$. В таком случае все семейства также образуют замкнутую систему, обозначенную как «**надсемейство**». Множество надсемейств образуют **род.**

Д. ***Интерпретация параметров*** компенсационных уравнений зависит от физического смысла величин, объединяемых выборками. Наиболее простая и строгая интерпретация существует, если 1) изучаются концентрационные параметры; 2) априорно известен один из источников вещества. Примером такой системы являются свинцовые системы [5], в них точно известен один из источников Pb, не зависимый от внешних обстоятельств, – радиоактивный распад. Тогда свободные члены в уравнениях (2)–(4) отражают состав радиогенной компоненты, а уравнений (5), (6) – состав примесного Pb в источнике уровня $j = 1$. Компенсационные уравнения (7) – (11) описывают составы свинцов в источнике Pb уровня $j = 2$. Бикомпенсация позволяет определять составы свинцов в источниках ещё более глубокого уровня 3.

В системах, в которых естественные источники вещества не известны, решение задачи на уровне $j = 1$ затруднено. Для этого нужна информация о составе УВГ и одного из механизмов смешения, постоянного относительно процессов преобразования УВ-вещества в его источнике. Эта информация в настоящее время отсутствует. В качестве первого приближения можно использовать уравнения вида (2)–(4), в которых свободные члены – условная концентрация вещества (газа) в одном из компонентов смешения из источника уровня 1. В то же время сохраняется интерпретация на уровне $j = 2$, что позволяет использовать эту теорию для решения задачи об источниках УВГ.

Газы нефтяных месторождений

Особенностью газов является известность источника УВГ – это растворённые в нефти газы, хотя механизм растворения точно не установлен.

На рис. 1 приведена сводная диаграмма распределения концентраций *C*1 и C2 в нефтяных месторождениях СССР и зарубежных стран. Диаграмма показывает зависимость: 1) чем больше доля C1 в газе, тем меньше в них C2 (и C3), это характерно для закрытых систем, к которым относятся системы с процентами; 2) все зарубежные объекты характеризуются существенно метановым (облегчённым) составом УВГ. Однако чёткой географической и возрастной зависимости не наблюдается.

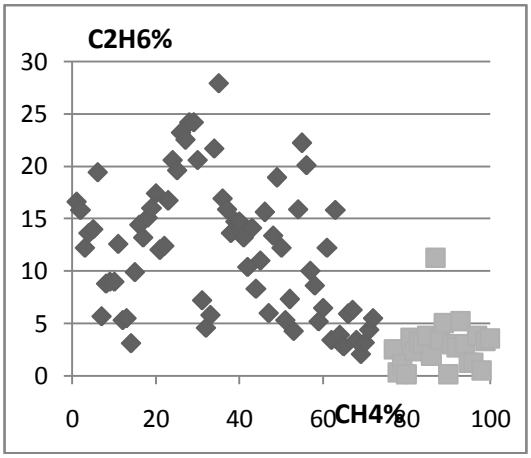


Рис. 1. Валовое соотношение концентраций газов на месторождениях СССР (кружки) и зарубежных (квадраты)

На рис. 2 показана зависимость мольных концентраций от плотности газа: с увеличением плотности газа резко уменьшается доля *C*1 (кружки) и существенно возрастают доли *C*2 (квадраты) и *C*3 (треугольники) (математические зависимости приведены на диаграмме). В метановой области чётко выделяют две выборки (*A* и *B*).

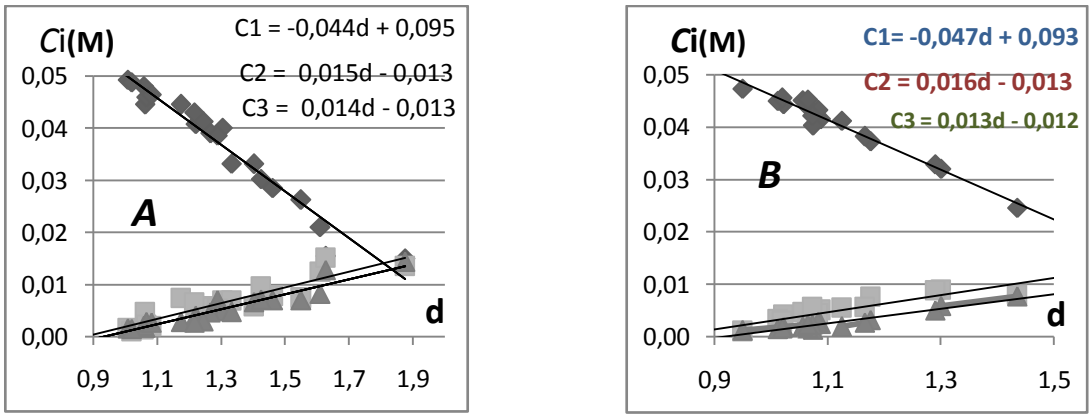


Рис. 2. Зависимость мольных концентраций от плотности смеси

На этих диаграммах намечается общность поведения этана и пропана.

Несмотря на наличие дисперсии, удалось выделить несколько выборок, концентрации газов в которых описываются уравнениями прямой линии.

В табл. 1 приведен пример и структура одной из выборок.

В табл. 2 приведены сводные результаты построения диаграмм по трем газам.

Для всех диаграмм характерны высокие коэффициенты корреляции, кроме этого $\Sigma A_i \approx -1$, $\Sigma B_i \approx 100$ %. В то же время часто $B < 0$ (тогда $A > 0$) или $B > 100$ %, что не соответствует контрольным условиям. Подобные результаты часто возникают, если выборки неоднородны (см. табл. 1). Только выборка 10 полностью соответствует контрольным условиям. Следовательно, для этой выборки газ уровня $j = 1$ сложен компонентами C1 = 27,52; C2 = 42,29 и C3= 30,16 %.

Таблица 1

Состав газов в выборке 1

Регион	Месторождения	Продуктивный горизонт	ρ	*C*1, %	*C*2, %	*C*3, %
Республика Коми	Усинское	Живетский	1,304	49,2	15,8	16,8
	Мичаюское	Живетский	1,267	49,3	13,6	16,1
	Пашнинское	Живетский	1,22	53,5	14	14,6
Республика Дагестан	Тюбинское	Нижнемеловой, 1Х3	1,333	39,9	15,6	15,6
Тюменская область	Малобалыкское	Вартовский, АС4	1,058	72,7	3,9	8,7
	Мамонтовское	Вартовский, АС4	1,021	76,5	2,8	6,4
	Самотлорское	БВ8	1,065	68	4,4	9,6
	Самотлорское	БВ10	1,083	68,6	5,5	10,8
Республика Татарстан	Азевское	Пашийский	1,134	42,8	5,5	8,4

Таблица 2

Сводные результаты построения диаграмм $C_i = A/\rho + B$

Номер выборки	С1, %		С2, %		С3, %	
	А	В	А	В	А	В
1	142,2	-50	-83,11	83,63	-59,1	66,47
2	130,9	-49,11	-56,27	67,98	-74,62	81,12
3	***100,9***	***-43,69***	***-53,11***	***71,46***	***-47,8***	***72,23***
4	118,7	-32,76	-35,69	46,66	-82,25	85,45
5	***311,9***	***-146,4***	***-124***	***97,24***	***-187,9***	***149,2***
6	127,1	-40,54	-47,5	51,88	-83,02	90,71
7	122,9	-37,77	-45,88	57,47	-77,09	80,29
8	***127***	***-53,42***	***-42,71***	***53,41***	***-84,29***	***100***
9	129,4	-45,75	-88,64	96,95	-40,75	48,8
10	50,92	27,53	-29,49	42,29	-21,42	30,16

Далее получены диаграммы распределений составов смешанного газа. Выделены два семейства выборок. В табл. 2 даны параметры диаграмм, а на рис. 3 – диаграммы компенсации распределений, на основе которых установлены протосоставы газов источника уровня 2 (табл. 3).

Таблица 3

Протососоставы нефтяных газов в источниках уровня 2

Семейство	d	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
A	**2,000**	**7,49**	**39,22**	**50,28**	н.о
B	**1,101**	**72,59**	**14,75**	**10,10**	н.о
C	**0,637**	**93,61**	**6,01**	**0,38**	н.о
D	**-**	**93,44**	**4,37**	**1,55**	**0,56**

Примечание. н.о. – не определялись.

В табл. 2 жирным курсивом выделены выборки семейства **A** (см. рис. 3, А)**,** остальные выборки слагают семейство **B** (см. рис. 3, Б). Протососоставы семейств, приведённые к 100 %, показаны в табл. 3. Состав газа семейства **A** наиболее тяжёлый, основную роль играют С3 и С4. Он, видимо, соответствует собственно нефтогенному газу. Состав семейств **B** более лёгкий, в нём существенно преобладает метан.

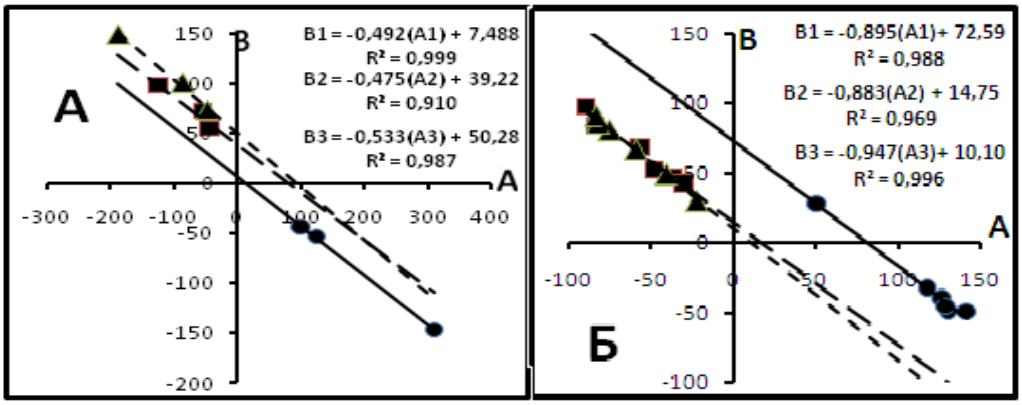


Рис. 3. Компенсационные диаграммы распределений параметров уравнений смешения газов в выборках

Это свидетельствует о том, что основная часть изученных газов нефтяных месторождений является смесью собственно нефтяных газов (преобладают) и газов метанового состава.

Газы собственно газовых месторождений

Недостатком этих анализов является отсутствие в большинстве случаев определений плотностей газов. Изученные объекты и количество проб в них приведены в табл. 4. Значения плотности даны только для газов Тимано-Печорского НГП. В последней выделены пять выборок, по которым затем строились компенсационные диаграммы. Пример одной из них (выборка 2 из табл. 5) приведён на рис. 4. В табл. 3 отражён протососостав газа (семейство ***C***) по Тимано-Печорской НГП.

Таблица 4

Фактический материал
по объектам газовых месторождений

Регионы	Кол-во проб
Тимано-Печорская НГП	33
Туранская плита.	49
Волго-Уральская НГП	38
Днепровско-Донецкий НГБ	37
Предкавказье	29
Прикаспийская НГП	28
Западно-Сибирский НГБ	27
Сибирская платформа	27

Отмечаются достаточно близкие результаты, полученные по обоим методам, соответствующие теоретическим представлениям. Это позволяет использовать те анализы, в которых отсутствуют данные по величинам ρ. Пример этих выборок отражён на рис. 5, где показаны распределения составов газов в одной из выборок Днепровско-Донецкого НГБ, в табл. 6 – результаты расчётов протосоставов газов в источнике уровня 2 для собственно газовых месторождений. Среднее значение этого протосостава вынесено в табл. 3 (семейство D).

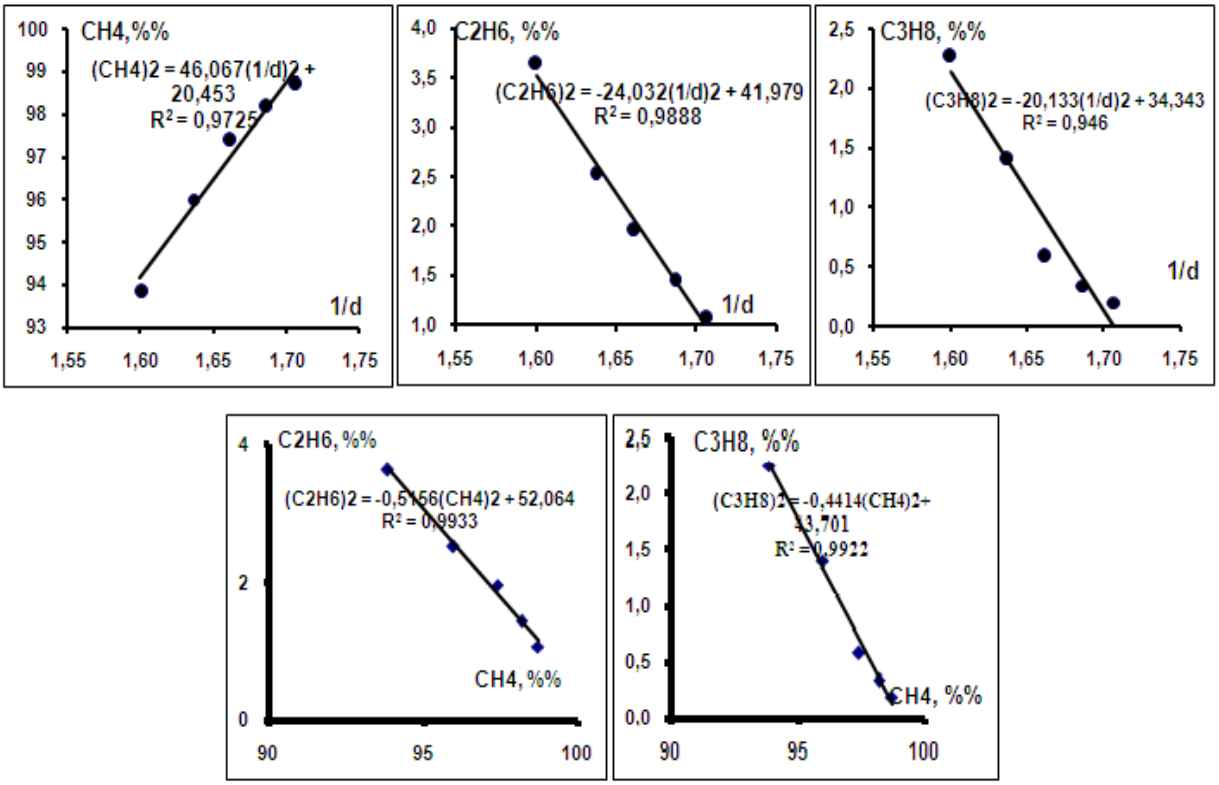


Рис. 4. Параметры распределений составов газов в Тимано-Печорской НГП

Таблица 5

Ориентировочные составы газов одного из источников уровня 1 по соотношению $C_i = A/\boldsymbol{\rho} + B$

Выборка	C1	C2	C3	Сумма
1	34,05	47,08	17,32	98,45
2	20,45	41,98	34,34	96,77
3	6,61	57,96	33,79	98,36
4	38,2	45,88	14,14	98,22
5	7,15	48,04	43,23	98,42

Данные табл. 6 показывают, что газы собственно газовых месторождений имеют преимущественно метановый состав, хотя, согласно табл. 5, в них присутствует примесь и нафтогенных газов.

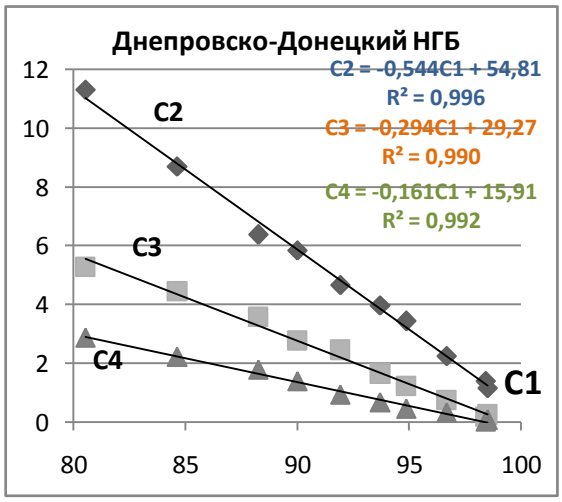


Рис. 5. Распределение газов в одном из НГБ

Таблица 6

Протосостав газов источников уровня 2 для собственно газовых месторождений

Регион	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
Волго-Уральский НГП	94,728	2,299	1,343	0,644
Днепровско-Донецкий НГБ	91,720	5,917	2,735	0,379
Предкавказье	94,082	4,114	1,198	0,402
Туранская плиты.	94,786	3,783	0,943	0,469
Западно-Сибирский НГБ	90,913	5,874	1,885	1,117
Сибирская платформа	94,421	4,207	1,166	0,325
Среднее (выборка D)	**93,44**	**4,37**	**1,55**	**0,56**

Сопоставление газов

Данные табл. 3 позволяют рассмотреть источники УВ-газов более глубокого уровня, применив принцип бикомпенсации. Результаты построения показаны на рис. 6. Данные соответствуют уравнениям $C_i = AC1 + B$. Уравнения вида $C_i = A/\rho + B$ не строились из-за малого количества материала.

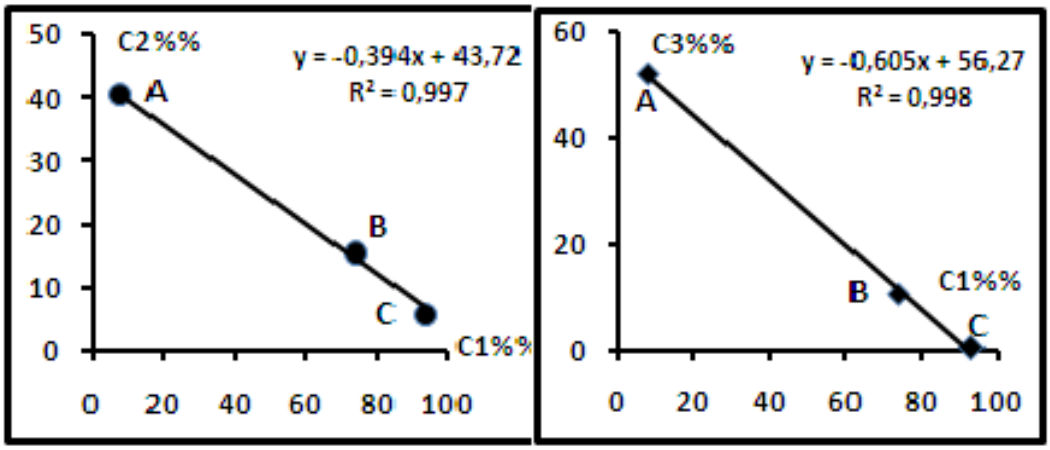


Рис. 6. Бикомпенсационная диаграмма распределения газов в газ. месторождениях. Буквами отмечены системы из табл. 3

Согласно рис. 6, все точки ложатся на общие прямые линии:

$$C2 = -0{,}394C1 + 43{,}72;$$
$$C3 = -0{,}605C1 + 56{,}27,$$

свидетельствуя о существовании источника газов уровня 3, в основном нафтогенного состава, слагающих надсемейство газов.

Эти уравнения являются аналогами уравнений для источника уровня 1 с теми же недостатками. Поэтому их интерпретация затруднительна.

Обсуждение результатов

Проведённые исследования позволили осветить некоторые вопросы геохимии углеводородных газов. Существенным недостатком этих работ является нехватка фактического материала и определений плотности газов в значительном количестве объектов. В связи с этим полученные результаты носят предварительный оценочный характер.

Многочисленные исследования, обобщённые в работах [1, 3, 8], говорят, что источником всех УВГ являются органические соединения, оставшиеся от жизнедеятельности организмов. Однако промежуточная история от момента зарождения УВГ до настоящего времени фактически неизвестна. Применение положений теории решения задачи об источниках вещества [4, 6] помогло осветить некоторые моменты этой истории на основе

гипотезы о том, что современный исследуемый газ не является исходным, а образован смешением (исходных) газов минимум из двух источников.

Изучение газов нефтяных месторождений затруднило то обстоятельство, что нет строгого определения понятия «нефтяной газ»; наверное, более правильно говорить о парагенетической связи нефти и так называемого «нефтяного газа». Этот газ ранее условно называли «нафтогенным». Для него характерны пониженные концентрации С1 и повышенные содержания С2 и С3. Изучение нафтогенного газа показало, что в значительной мере эти газы образуют семейства, т. е. множество газов, выделившихся из одного общего источника (уровня 2) с примесью газа метанового состава. Газы собственно газовых месторождений, не имеющих прямой связи с нефтяными объектами, также образуют своё самостоятельное семейство (из источника уровня 2), но с примесью газов нафтогенного состава, имеющих значительную примесь С2 и С3 (бутан не изучался).

Удивительным в геохимии этих семейств является принадлежность их к общему надсемейству, свидетельствуя об общем источнике (уровень 3) газов как для собственно нефтяных, так и для газовых месторождений. Из-за недостатка материала не удалось изучить его более детально, но одна из компонент надсемейства, вероятно, имеет нафтогенный характер.

Таким образом, в истории формирования современных газов намечаются минимум три этапа, связанные с источниками газов разного уровня.

Библиографический список

1. **Баженова О. К., Бурлин Ю. К., Соколов Б. А., Хаин В. Е.** Геология и геохимия нефти и газа. М.: Недра, 2004. 416 с.

2. **Ермаков В. И., Зорькин Л. М., Скоробогатов В. А. Старосельский В. И.** Геология и геохимия природных горючих газов: справочник. М.: Недра, 1990. 315 с.

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

4. **Макаров В. П.** «Явление компенсации» – новый вид связи между геологическими объектами // Материалы международной научно-практической конференции «Становление современной науки – 2006». Т. 10. Днепропетровск: Наука и образование, 2006. С. 85-115.

5. **Макаров В. П.** Основы теоретической геохронологии // Материалы XII научного семинара «Система планета Земля». М.: РОО «Гармония строения Земли и планет», 2004. С. 228-253.

6. **Макаров В. П.** Вопросы теоретической геологии. 12. Основы теории решения задачи об источниках вещества. А. Общие вопросы. Б. Выводы основных уравнений // Материалы международной конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития`2008». Одесса: Черноморье, 2008. Т. 17. С. 12-47.

7. **Макаров В. П.** О механизме выделения минералов // Материалы XVI научного семинара «Система Планета Земля». М.: ТОО «Гармония строения Земли и планет», 2008. С.265-300.

8. **Тараненко Е. И.** Основы геохимии нефти и газа. М.: Изд-во УДН, 2005. 93 с.

УДК 553.44 (477.02)

Л. Я. Кизильштейн
Южный федеральный университет

КОНТАКТЫ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОХИМИИ ИЗОТОПОВ СЕРЫ

Сера в ископаемых углях – источник многих технологических и экологических проблем. Этот химический элемент представлен в углях сульфидными минералами, органическими соединениями, сульфатами и свободной (элементной) формой.

В большинстве угольных бассейнов и месторождений с повышенным содержанием серы в углях она находится в составе сульфидов железа, обычно – пирита (FeS_2). Сульфиды железа при нормальных температурах (в зоне гипергенеза по геохимической терминологии) образуются в результате реакции между сероводородом H_2S и ионом двухвалентного железа – Fe^{+2}. Главным источником сероводорода являются сульфаты (SO_4^{2-}), шестивалентная сера которых (S^{6+}) восстанавливается до двухвалентной (S^{2-}) особой группой бактерий, названных сульфатвосстанавливающими бактериями (СВБ). Впервые микроорганизм, способный генерировать H_2S путем восстановления сульфатов, был установлен Н. Д. Зелинским при изучении природы сероводородного заражения водной толщи Черного моря. В дальнейшем эти микроорганизмы в донных морских осадках изучались Б. Л. Исаченко, М. В. Ивановым, Ю. И. Сорокиным и другими исследователями. Условия развития СВБ в торфе изучались Л. Я. Кизильштейном и Л. Г. Минаевой [8].

Наиболее распространены в природных средах СВБ рода Desulfovibrio. Все СВБ являются анаэробами, т. е. для их нормального развития необходимы восстановительные условия среды. Биохимическая направленность процесса восстановления состоит в использовании кислоро-

да сульфатов для окисления (усвоения) органических веществ. СВБ – гетеротрофы – они могут использовать только готовое органическое вещество (ОВ) и водород, которые им необходимы, во-первых, как источник энергии, обеспечивающей жизнедеятельность (метаболизм), во-вторых, как источник углерода для синтеза органических соединений. Поскольку процессы жизнедеятельности (метаболизма) включают реакции восстановления неорганических компонентов – сульфатов, СВБ относят к хемолитогетеротрофным организмам.

Образовавшийся при восстановлении сульфатов ион S^{2-}, соединяясь гидроксильным ионом – OH^- водной среды, образует сероводород - H_2S [3]. С геохимической точки зрения процесс генерации сероводорода СВБ имеет исключительное значение, в частности, в связи с образованием сульфидных минералов и, соответственно, месторождений сульфидных руд, имеющих большое промышленное значение. Аналогичным путем образуются сульфидные минералы в углях [5].

Сульфаты – термодинамически устойчивые соединения. Для их восстановления бактерии расходуют большую часть энергии, освобождающейся в результате усвоения ОВ. Поэтому СВБ используют эффективные ферменты и только легкоусвояемое (лобильное) ОВ. Считается [2], что в анаэробных средах СВБ являются главным фактором деструкции органического материала.

В начале 50-х годов были получены результаты лабораторных исследований, показавшие, что при бактериальном восстановлении сульфатов происходит фракционирование (разделение) изотопов серы, и образующийся H_2S обогащается легким изотопом по сравнению с изотопным составом серы исходного сульфата. Напомним содержание некоторых терминов. Природная сера имеет четыре стабильных изотопа, из которых наиболее распространены ^{32}S (95,1 %) и ^{34}S(4,2 %). Изотопный состав природных объектов принято оценивать коэффициентом фракционирования $\delta(S^{34})$, который представляет собой отклонение (в промилле – ‰) величины отношения $^{34}S/^{32}S$ в образце к такому же отношению в метеоритном стандарте, для которого коэффициент фракционирования принимается равным нулю. В качестве стандарта используется сера в составе минерала – троилита (FeS) метеорита, известного под названием «Каньон Дъяболо». Величина $\delta(^{34}S)$ со знаком плюс означает обогащение серы образца тяжелым изотопом, со знаком минус – легким. Используется также отношение $^{32}S/^{34}S$, которое сравнивается с аналогичным отношением в метеоритной сере, равным 22.22.

Биохимический механизм фракционирования не вполне ясен. Предполагается [4], что фракционирование происходит в результате реакций изотопного обмена внутри бактериальной клетки. Возможно также, что фракционирование изотопов связано с процессом диффузии сульфата через клеточную мембрану (оболочку) СВБ. В этом случае реализуется ме-

ханизм фракционирования, обусловленный различиями масс атомов изотопов и большей скорости диффузии сульфата с легким изотопом - $^{32}SO_4^{2-}$.

При изучении бактериального фракционирования серы в морских и океанических донных осадках было установлено, что интенсивность восстановления зависит от концентрации SO_4, состава органического вещества, температуры и pH среды. С позиций геохимии и возможностей палеогеографических реконструкций (в том числе и в угольной геологии) важно: **увеличение** интенсивности (скорости) редукции приводит к **уменьшению** эффекта изотопного фракционирования. Эта закономерность, как будет показано ниже, находит подтверждение в материалах предлагаемой работы.

В условиях обмена с окружающей средой восстановление продолжается до тех пор, пока выделяющийся сероводород не образует токсичных для бактерий концентраций. В случае, если обеспечиваются условия удаления сероводорода (например, в результате синхронного сульфидообразования), восстановление сульфата и фракционирование изотопов может происходить неограниченно долго или, по крайней мере, до тех пор, пока не исчерпаны резервы сульфата и ОВ в доступной для СВБ среде. Было установлено, что в большинстве случаев отсутствует связь между содержанием восстановленных форм серы (в частности, сульфидов) и ее изотопным составом [2]. Исключения составляют условия дефицита сульфатов в осадке: уменьшение содержания восстановленной серы в этом случае сопровождается увеличением изотопного фракционирования. Данные по фракционированию изотопов в донных морских отложениях показали, что изотопный состав серы с глубиной от поверхности дна изменяется незначительно и незакономерно. Однако обращено внимание [2], что в случаях, когда масса восстановленных форм с глубиной увеличивается, изотопный состав серы пирита остается практически неизменным. Вероятно, это объясняется тем, что "легкий" биогенный H_2S уже в поверхностном слое осадка связал в составе пирита всё растворенное Fe^{2+}, и последующие порции более "тяжелого" сероводорода не фиксировались в сульфидах. Генерация молекул биогенного сероводорода, обогащенного легким изотопом – $H_2{}^{32}S$, происходит (по геохимической терминологии) на стадии сингенеза или раннего диагенеза осадка.

Экспериментальный материал. Особенности контактов угольных пластов с вмещающими породами ранее рассмотрены автором [7]. Имеющийся экспериментальный материал позволяет дополнить приведенные в упомянутой работе данные результатами измерений изотопного состава серы на примере угольного пласта $к_2^{в}$ (Донецкий бассейн, средний карбон, свита $С_2^5$, марка К). В свое время этот пласт был одним из основных разрабатываемых пластов в Каменско-Гундоровском геолого-промышленном районе Восточного Донбасса. В настоящее время пласт полностью отработан. Автор с сотрудниками Лаборатории геологии угля Ростовского госуниверситета (ныне Южный федеральный университет) по заданию быв.

Министерства угольной промышленности СССР производили детальное изучение угленосных отложений и угольных пластов района. Пласт $к_2^в$ был детально изучен в 20 пунктах на полях действующих шахт. Отдельно отбирались пробы и образцы из слоев пласта, прилегающих к почве и кровле. В дальнейшем они названы "зонами контактов угольных пластов с почвой и кровлей". Мощность опробованного интервала в обоих случаях составляла 10-20 мм.

Подстилающие породы (почва пласта) сложены в основном аргиллитами ("кучерявчик"), реже – песчаниками и алевролитами. По фациальным признакам они представляют собой типичные континентальные образования. Кровля пласта – известняк, местами размытый и замещенный песчаником. По фациальным признакам песчаник относится к отложениям подводных русел. Основная кровля, как и все пласты известняка донецкой угленосной формации, является типичным морским образованием.

Аналитическая информация приводится ниже в последовательности: контакт с почвой → контакт с кровлей. Зольность (A^d,%): 30,2; 38,7. Сульфидная сера (S^c, %): 2,7; 6,1. Глинистые минералы (расчетные значения [6], % на уголь): гидрослюда 3,4; 8,2; каолинит 6,3; 4,1. Ph торфа (расчетные значения по окиси кальция (CaO в ОВ) [6]: 5,2; 6,5. Петрографический состав угля из контактов, в отличие от среднего для пласта, характеризуется высоким содержанием аттритового материала и глинистого вещества; текстура угля полого-волнистая. В контакте с кровлей (обратить внимание!) – высокое содержание пирита. Формы выделений пирита разнообразны. Это: довольно крупные (20 – 30 мм по длинной оси) конкреции, кристаллики, округлые зерна (от единиц до долей мм), псевдоморфозы по растительным тканям и раковинам моллюсков. Общее содержание пирита изменчиво и местами достигает 10 – 15 % объема угольного вещества зоны контакта. В остальном петрографический состав обычен для углей Донбасса: преобладание гелифицированных мацералов – (витринит, коллинит), сравнительно редкие включения семивитринита, семифюзинита, инертинита и липтинита. Содержание серы на контакте с почвой практически не зависит от литологии подстилающих пород. Для контакта с кровлей характерна постоянно высокая, но варьирующая сернистость.

Изотопный состав серы определялся В. И. Виноградовым в Геологическом институте АН РФ в 20 пробах, представляющим пласт $k_2^в$ [1]. Ниже приведены средние результаты для изотопного состава сульфидной серы ($\delta^{34}S$, ‰): контакт с почвой (-10,5), контакт с кровлей (-7,3).

Обсуждение результатов. Приведенные данные показывают, что пласт $к_2^в$ является примером паралического типа торфонакопления. Высокое содержание серы, в том числе пиритной, значения pH, близкие к нейтральным, наличие пиритизированных раковин моллюсков в зоне контакта с кровлей, относительно высокие содержания гидрослюд в глинистом комплексе указывают [6] на постоянное влияние морских вод на торфяник в

период его формирования. По признакам, характеризующим изменение этих показателей в стратиграфическом разрезе, пласт относится к трансгрессивному типу [5], т. е. влияние моря в стратиграфической последовательности торфонакопления возрастало и завершилось затоплением торфяного массива трансгрессирующим морем. В конечном счете торфяной пласт был перекрыт известняковой кровлей, которая впоследствии местами была размыта подводными потоками и замещена песчаником. Сочетание в разрезе: угольный пласт (типично континентальная порода) – известняк (типично морская) представляет собой пример максимального фациального контраста. Подобная смена фаций предполагает быстрое изменение ландшафтной обстановки. Этот вывод в наибольшей степени касается стратиграфического интервала, обозначенного как “контакт с кровлей“. Таким образом, есть основание предполагать, что “контакт пласта с кровлей” соответствует относительно короткому периоду торфо- (угле-) накопления. В то же время напомним: этот период характеризуется интенсивным сульфидообразованием.

Сравнение $\delta^{34}S$ зон контакта пласта с почвой и кровлей показывает заметное снижение эффекта изотопного фракционирования и обеднение сульфидной серы легким изотопом (^{32}S). Изложенные соображения позволяют сделать важные выводы, подтверждающие принципиальные положения изотопной геохимии серы [2, 3]: при интенсивном процессе бактериального восстановления сульфатов (высокая концентрация сульфидов в зоне контакта с кровлей, образовавшихся за относительно короткое время формирования зоны контакта) эффективность фракционирования ($\delta^{34}S$) явно и значительно снижается. Таким образом, закономерность, которая была отмечена еще первыми исследователями бактериального фракционирования изотопов серы и затем подтвержденная в многочисленных лабораторных и натурных наблюдениях [2, 3, 4], получает подтверждение на новых, до настоящего времени малоизученных геологических объектах. По мнению автора, предлагаемые результаты и интерпретации представляют значительную научную ценность, поскольку получены на новом для геохимии изотопов серы природном материале – ископаемом угле. Представляется вполне вероятным, что изотопный анализ серы может быть использован при решении некоторых научных и прикладных задач угольной геологии и геохимии, а также вопросов геохимии осадочного сульфидного рудогенеза.

Библиографический список

1. **Виноградов В. И., Кизильштейн Л. Я.** Об изотопном составе серы в углях Донецкого бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1969. № 5. С. 149-151.

2. **Волков И. И.** Геохимия серы в осадках океана. М.: Наука, 1984. 272 с.

3**. Глобальный** биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека / под ред. М. В. Иванова, Дж. Фринея. М.: Наука, 1983. 421 с.

4. **Гриненко В. А., Устинов В. И.** Динамика фракционирования изотопов серы и кислорода при разной интенсивности бактериальной редукции // Геохимия. 1990. № 9. С. 1241-1251.

5. **Кизильштейн Л. Я.** Генезис серы в углях. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1975. 200 с.

6. **Кизильштейн Л. Я.** Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону: Северокавказский научный центр высшей школы, 2002. 296 с.

7. **Кизильштейн Л. Я.** Контакты угольных пластов с вмещающими породами (на примере Донбасса) // Литология и геология горючих ископаемых: Межвуз. науч. темат. сб . / редкол.: В. П. Алексеев (отв. ред.) и др. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. Вып. 1(17). С. 117-126.

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

УДК 552.5782

А. В. Маслов[1]**, Ю. Н. Федоров**[2]**, Ю. Л. Ронкин**[1]**,**
О. П. Лепихина[1]**, К. Ш. Биглов**[1]
[1]Институт геологии и геохимии Уральского отделения РАН
[2]ООО «КогалымНИПИнефть»

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В СЫРЫХ НЕФТЯХ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В последние годы сведения о содержаниях в нафтидах микроэлементов все шире используются при решении различных задач поисков и разработки нефтяных и газоконденсатных месторождений, выделении типов и подтипов нафтаметаллогенических провинций, анализе особенностей их миграции (И. С. Гольдберг, С. А. Пунанова, Д. Н. Нукенов, З. Г. Агафоно-

ва, К. И. Степанов, С. А. Вешев и др.). С использованием данных о характере распределения в нафтидах редкоземельных и ряда других элементов-примесей исследователи вновь обращаются к проблеме происхождения месторождений нефти и газа (Р. П. Готтих, Б. И. Писоцкий, Д. К. Нургалиев, Д. З. Журавлев, С. Ф. Винокуров, А. Н. Дмитриевский, М. А. Лурье, Ф. К. Шмидт, А. А. и С. А. Маракушевы, Н. А. Панеях, Ю. Н. Федоров, К. С. Иванов, Ю. В. Ерохин, Ю. Л. Ронкин, М. Я. Шпирт, С. А. Пунанова и др.).

Между тем распределение практически всех присутствующих в нафтидах микроэлементов характеризуется высокой и весьма высокой дисперсией [5, 6, 8], что вынуждает использовать при анализе усредненные данные (среднее арифметическое, медианное значение и т. п.) и в существенной мере затушевывает реальную картину. Какие-либо сведения по данной проблеме, за исключением работы [8], в известной нам литературе отсутствуют. В упомянутой же работе на примере нефтяных залежей Калининградского вала (16 проб нефтей) показано, что коэффициенты вариации концентраций Li, B, Si, P, S, V, Mn, Ni, Y, Ag и Nd составляют от 21 до 99 %, а для Na, Mg, Cl, Ca, Ti, Fe, Sr, Zr, Sn, I, Ba, La, Ce и Pr указанный параметр варьирует от 104 до 191 %. Предполагается, что неоднородность распределения элементов-примесей «… носит неслучайный характер и обусловлена их дифференциацией в процессе латеральной миграции» [8, с. 17], однако в реальности названные авторы используют медианные значения ряда индикаторных отношений элементов-примесей (при крайне малом количестве проб для каждого конкретного месторождения), по которым и исследуют особенности изменения микроэлементных характеристик нефтей.

Для восполнения указанного пробела мы использовали оригинальные данные о содержаниях широкого спектра микроэлементов в сырых нефтях ряда месторождений Волго-Уральской и Западно-Сибирской провинций, полученные в ИГГ УрО РАН с помощью метода ICP-MS на базе тандемного масс-спектрометра высокого разрешения HR ICP-MS ELEMENT2, позволяющего достичь пределов обнаружения на уровне «часть на триллион» (ppt).

Материалом для исследований послужили пробы сырых нефтей Спартакского[*], Знаменского, Толумского, Ловинского, Яхлинского и Сергинского месторождений. Общая характеристика микроэлементов в сырых нефтях Спартакского, Знаменского и Сергинского месторождений рассмотрена в работах [3, 4]; для нефтей Шаимского нефтегазоносного района (НГР) такая же информация приведена в работе [9]. Кроме того, использованы полученные также в ИГГ УрО РАН методом ICP-MS данные о содержаниях микроэлементов в сырых нефтях Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения Республики Татарстан [2].

[*] Эти материалы заимствованы из работы [4].

Детектор масс-спектрометра HR ICP-MS ELEMENT2 дает возможность в одной съемке анализировать матрицу и микропримеси, отличающиеся по концентрации друг от друга до 10 порядков. Для ICP-MS мультиэлементного анализа в основном требуется перевод исследуемого материала в раствор. Важнейшим условием получения воспроизводимых и правильных результатов является использование такой методики пробоподготовки, которая надежно обеспечивала бы максимально полное разложение проб без заметных потерь анализируемых элементов и минимальный уровень загрязнения ее компонентами, содержащимися в используемых реактивах.

В практике микроэлементного анализа применяют два принципиально различающихся способа разложения проб – сплавление с флюсом и кислотное разложение, последнее позволяет сравнительно просто обеспечить низкий уровень загрязнения проб микроэлементами из реактивов, поскольку кислоты и реагенты легко подвергаются глубокой очистке в лабораторных условиях при наличии соответствующего оборудования. Важным преимуществом кислотного способа разложения является также отсутствие дополнительных матричных эффектов при анализе и более низкий (на порядок и более) предел обнаружения большинства микроэлементов. Оба способа разложения имеют общий и существенный минус, ограничивающий круг анализируемых элементов, а именно неконтролируемые потери легколетучих элементов при выпаривании (кислотное разложение) и сплавлении. Поэтому получение достаточно точных данных о содержаниях S, Se, As, Sn и ряда других легколетучих элементов возможно только для проб воды и нафтидов, при подготовке к анализу которых отсутствуют (или сведены к минимуму) стадии выпаривания растворов.

Основываясь на литературных данных и опыте работ по разложению пород и минералов для анализа масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления, мы сконцентрировались на разработке надежной и достаточно производительной процедуры кислотного вскрытия/разложения нефтей с последующим окончанием на HR ICP-MS ELEMENT2 [7]. После ряда пилотных экспериментов было выбрано кислотное разложение в микроволновой печи Multiwave 3000 с ротором XQ80 (материал ячейки – кварц), позволяющее реализовать достаточно жесткие условия (максимальная температура 300 °С, максимальное рабочее давление 120 атм).

Химическая подготовка проб производилась в «чистом» помещении, а выпускаемые промышленностью кислоты особой чистоты (HF, HC1, HNO_3, $HC1O_4$) и вода дополнительно очищались методом недокипения. Уровень загрязнений оценивался для каждой партии используемых реактивов и периодически контролировался при исполнении анализа.

Анализ распределения в нефтях 55–59 элементов-примесей проводился в режиме дифференцированного разрешения при следующих параметрах: поток распыляющего аргона 0,84 л/мин; плазмообразующий поток

аргона 0,85 л/мин; охлаждающий поток аргона 16 л/мин; мощность генератора плазмы 1050 Вт; напряжение на двухступенчатом, с автоматической калибровкой аналоговой и счетной составляющих, детекторе 1900 В. Методика исследований включала ежедневную проверку чувствительности прибора, калибровку чувствительности по всей шкале масс с помощью шести стандартных растворов: l) U, Th; 2) Y, Zr, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Hf; 3) Be, Mg, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Sr, Cd, In, Ba, Tl, Pb, Bi; 4) B, P, Ti, Go, Nb, Mo, Ta, W, Re; 5) Na, K, Rb, Cs; 6) Ag. По результатам измерений стандартных растворов с помощью штатного программного обеспечения ELEMENT2 строились зависимости в координатах «сигнал – концентрация», использовавшиеся в дальнейшем для расчета концентраций элементов в реальных пробах. Для учета межэлементных влияний и влияния матрицы пробы применялся внутренний стандарт (Rh). После измерения очередных 10 анализируемых проб проводилось измерение калибровочного раствора и, в случае значимых отклонений от предыдущей калибровки, выполнялась полная перекалибровка. Контроль качества получаемых результатов осуществлялся путем параллельных анализов внутренних сверочных проб и стандартных образцов, концентрации элементов в которых аттестованы с точностью не меньше 1 % отн., а процедура кислотного разложения не вызывала сомнений относительно своей совершенности (использовались образцы СГ-1А, СГД-1А, BCR-2). Статистика параллельных измерений сверочных проб и стандартных образцов горных пород давала возможность оценивать качество анализа всей серии проб (воспроизводимость результатов параллельных анализов стандартных образцов в зависимости от элемента и его концентрации не превышала 3–12 % отн.). При анализе серии проб измерение стандартного образца (в большинстве случаев BCR-2) проводилось с периодичностью 1:5–1:10, что обеспечивало учет возможного дрейфа параметров прибора. Двойной учет возможных погрешностей позволил проводить анализ содержаний почти 60 элементов-примесей с точностью не хуже ±(8–10) % отн. при содержании элемента больше 10–20 предела его обнаружения.

Коэффициенты вариации (КВ) содержаний микроэлементов в сырых нефтях различных месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной области (табл. 1), Шаимского и Красноленинского нефтегазоносных районов Западной Сибири (табл. 2) рассчитаны по формуле В. В. Налимова: КВ = = 100·СО/Мд.* В результате установлено, что из 55 элементов-примесей в нефти Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения 17 (Ni, Cu, Rb, Sr, Zr, Ag, Sn, Te, I, Ba, Eu, Hf, Os, Ir, Au, Tl и U) характеризуются коэффициентами вариации более 100 %, в том числе Rb, Sr и Ag имеют значения КВ более 5000 %. Сырые нефти Спартакского месторождения имеют

* Здесь СО – стандартное отклонение, Мд – медиана.

Таблица 1

Коэффициенты вариации (%) содержаний элементов-примесей в сырых нефтях ряда месторождений Волго-Уральской области

Элемент /объект	Абдрахмановская площадь	Спартакское месторождение	Знаменское месторождение	Мд	СО
Sc	47	11	28	28	18
Ti	22	27	95	27	41
V	86	32	21	32	35
Mn	17	294	332	294	172
Co	56	52	11	52	25
Ni	120	36	14	36	56
Cu	235	42	88	88	101
Zn	30	20	149	30	72
Ga	51	12	50	50	22
Rb	22463	41	321	321	12865
Sr	31048	34	170	170	17867
Y	39	39	48	39	5
Zr	115	64	169	115	53
Nb	56	162	50	56	63
Mo	21	22	28	22	4
Ag	5930	522	413	522	3154
Cd	41	221	223	221	105
Sb	62	315	34	62	155
Te	234	35	36	36	115
Ba	184	56	87	87	67
La	10	29	43	29	17
Ce	33	35	61	35	16
Pr	51	33	69	51	18
Nd	57	36	93	57	29
Sm	49	36	64	49	14
Eu	190	143	39	143	77
Gd	55	38	24	38	16
Er	53	31	35	35	12
Yb	59	32	35	35	15
Lu	75	42	27	42	25
Hf	321	79	140	140	126
Ta	95	420	11	95	216
Re	64	967	15	64	536
Hg	57	198	626	198	296
Pb	39	801	73	73	430
Bi	62	346	4158	346	2287
Th	78	44	110	78	33
n	6	10	5		

Примечание. Мд – медиана, СО – стандартное отклонение (для всех трех объектов), *n* – количество проанализированных проб.

Таблица 2

Коэффициенты вариации (%) содержаний элементов-примесей в сырых нефтях ряда разведочных площадей и месторождений Западной Сибири

Элемент /объект	1	2	3	Мд	СО	4	5	6	7
Be	15	20	35	20	10	21	531	46	13
Sc	14	15	47	15	19	25	119	111	48
Ti	25	16	25	25	5	23	121	31	52
V	37	133	86	86	48	46	49	43	41
Mn	110	177	173	173	38	121	77	1277	80
Co	23	16	65	23	27	40	33	97	34
Ni	40	27	38	38	7	42	79	97	12
Cu	22	19	19	19	2	23	116	73	251
Zn	19	43	26	26	12	23	69	63	59
Ga	27	90	59	59	32	36	85	41	233
Rb	17	21	32	21	8	32	338	165	133
Sr	59	82	39	59	22	96	60	75	342
Y	14	9	59	14	28	101	127	244	100
Zr	32	29	122	32	53	107	1269	2809	3464
Nb	45	309	65	65	147	153	177	108	167
Pd	58	26	80	58	27	86	521	3666	467
Cd	168	24	59	59	75	93	199	43	36
I	1605	653	42	653	788	1564	8303	59	127
Cs	36	62	59	59	14	148	471	408	319
Ba	43	25	9	25	17	29	125	73	299
La	15	23	51	23	19	76	54	38	43
Ce	22	7	51	22	22	66	46	40	46
Sm	20	9	54	20	23	115	68	40	46
Eu	22	19	6	19	9	17	59	63	213
Gd	12	8	62	12	30	88	60	42	54
Yb	10	6	56	10	28	42	36	110	192
Lu	19	11	74	19	34	43	42	126	205
Hf	28	31	141	31	64	110	31429	2131	3784
Re	66	56	144	66	48	1712	41	366	65
Os	88	26	40	40	33	60	54	24	35
Ir	25	4	91	25	45	51	8109	421	248
Au	22	90	13	22	42	37	197	110	7
Hg	45	20	24	24	13	41	212	23	47
Pb	74	47	186	74	74	111	88	39	71
Th	65	33	93	65	30	93	94	366	121
U	104	81	178	104	51	160	190	1312	125
n	7	3	4	14		16	4	5	8

Примечание. Мд – медиана, СО – стандартное отклонение (для всех трех объектов), *n* – количество проанализированных проб. Разведочные площади и месторождения: 1 – Западно-Толумская, 2 – Южно-Толумская, 3 – Восточно-Толумская, 4 – Толумское, 5 – Ловинское, 6 – Яхлинское, 7 – Сергинское.

несколько иной набор элементов-примесей, для которых значения КВ превышают 100 % (Cr, Mn, Nb, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Eu, Ta, W, Re, Hg, Pb, Bi и U), причем в приведенном списке только Sn характеризуется значением КВ около 5000 %. В нефти Знаменского месторождения столь высокая величина КВ присуща только Bi, а в число элементов-примесей с 100 < КВ < 1000 входят Mn, Zn, Ge, Rb, Sr, Zr, Ag, Pd, Cd, Hf, W, Ir, Pt, Hg и Th. Нетрудно видеть, что нефти расположенных на небольшом расстоянии друг от друга Спартакского и Знаменского месторождений имеют несколько отличные выборки элементов с КВ > 100, что, возможно, связано с приуроченностью их к различным продуктивным горизонтам (соответственно $Д_1$ и $Д_4$), тогда как для более удаленных месторождений различия выражены более ярко. В табл. 1 приведены также медианные значения КВ для элементов-примесей в сырых нефтях всех трех месторождений Волго-Уральской области, рассматривающихся в данном случае как одна/единая выборка.

Для Западной Сибири выполнены расчет и сопоставление КВ содержаний элементов-примесей в сырых нефтях как для нескольких разведочных площадей в пределах одного месторождения (Западно-, Южно- и Восточно-Толумская площади), так и для ряда различных месторождений Шаимского НГР. На примере различных площадей Толумского месторождения (см. табл. 2) можно видеть, что только для Mn величина КВ превосходит 100 % в нефтях всех трех разведочных площадей. Для As, Ag, Te, I, Pt и U величина КВ превышает 100 % в образцах нефтей, отобранных на двух из трех разведочных площадей (в разных сочетаниях), а V, Zr, Nb, Mo, Cd, Hf, Ta, Re, Pb и Bi имеют КВ > 100 % в образцах нефтей только одной из трех разведочных площадей.

Если обратиться к сопоставлению коэффициентов вариации содержаний элементов-примесей в сырых нефтях Толумского, Ловинского и Яхлинского* месторождений Шаимского НГР, то мы увидим, что все три указанных объекта характеризуются значениями КВ > 100 % для Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cs, Hf, Pt, Ir и U, причем, за исключением Mo и Pt, это же свойственно сырым нефтям Сергинского месторождения Красноленинского свода. Последние, в то же время, обладают существенными значениями КВ для Ga и Eu (233 и 213 %), что не свойственно проанализированным нами нефтям Шаимского НГР. Из трех месторождений Шаимского НГР максимальным количеством элементов-примесей (более 30) с КВ > 100 % характеризуется Ловинское. Примечательно, что из шести элементов-примесей с КВ > 1000 % (As, Zr, I, Hf, Ir и Bi) только висмут имеет такие высокие значения КВ в нефтях Волго-Уральской провинции.

В нефтях Спартакского месторождения максимальные содержания Sn и Re больше минимальных соответственно почти в 450 и 240 раз. В то

* Данное месторождение расположено в пограничной, между Шаимским и Красноленинским НГР, зоне и условно относится нами к первому из них.

же время для Be, Sc, Ti, V, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Mo, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu и Th это соотношение варьирует от 1,4 до 4. В нефтях Западно-Толумской площади только I характеризуется превышением максимальной концентрации над минимальной более чем в 100 раз. Для Mo, Ag, Te и Ta данный показатель составляет первые десятки, тогда как максимальные и минимальные концентрации подавляющего большинства других элементов-примесей различаются менее чем в 4 раза.

Столь заметные вариации значений КВ в пределах одного месторождения, нефтегазоносного района или между рядом расположенными НГР ведут, по всей видимости, и к существенным различиям величин индикаторных отношений элементов-примесей в сырых нефтях. Это хорошо видно на рис. 1 и 2, построенных нами для таких, часто используемых при анализе микроэлементного состава нафтидов индикаторных отношений, как V/Zn, Ni/Zn, V/Cu, Ni/Cu, Co/Zn и Sc/Ba, а также La_N/Yb_N, Th/U, Pd/Pt и Pt/Ru.

Так, сырые нефти Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения существенно отличаются от нефтей Спартакского и Знаменского месторождений по величинам отношений V/Zn, Ni/Cu и V/Cu, тогда как значения, например, La_N/Yb_N в них относительно близки (см. рис. 1). В то же время минимальные и максимальные значения отношений V/Cu, V/Zn

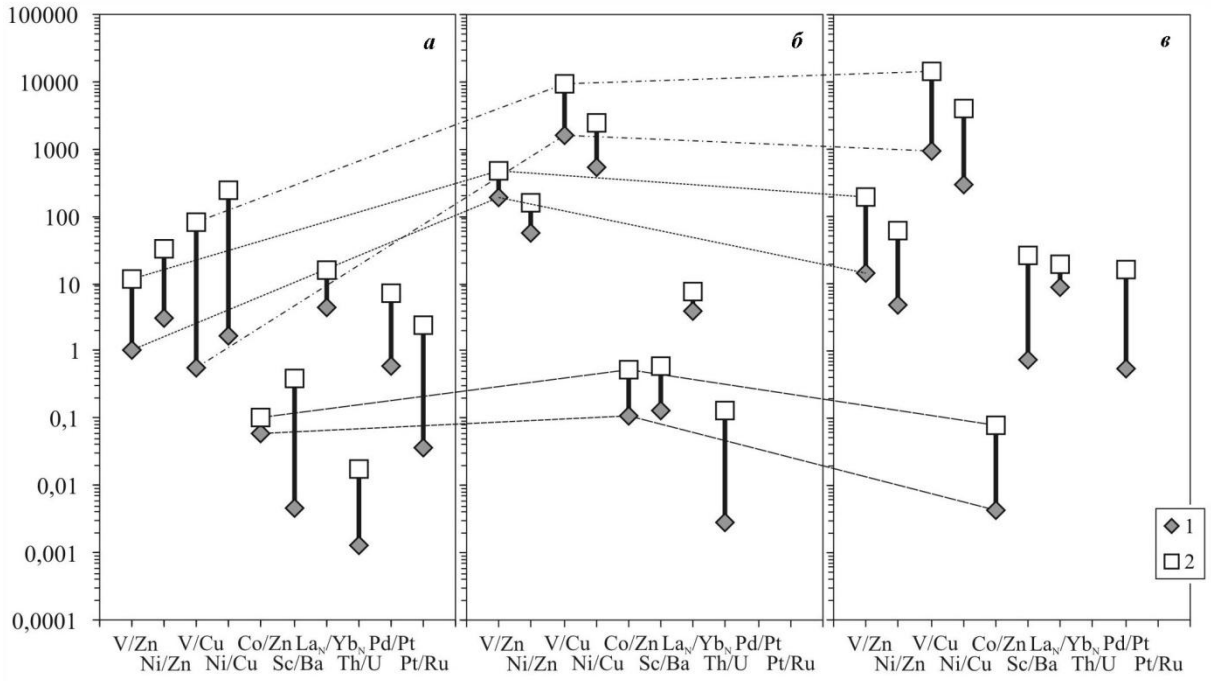


Рис. 1. Вариации минимальных и максимальных значений ряда индикаторных отношений элементов-примесей в сырых нефтях Абдрахмановской площади (Ромашкинское месторождение) (*а*), Спартакского (*б*) и Знаменского (*в*) месторождений Волго-Уральской области

Значения отношений: 1 – минимальное; 2 – максимальное

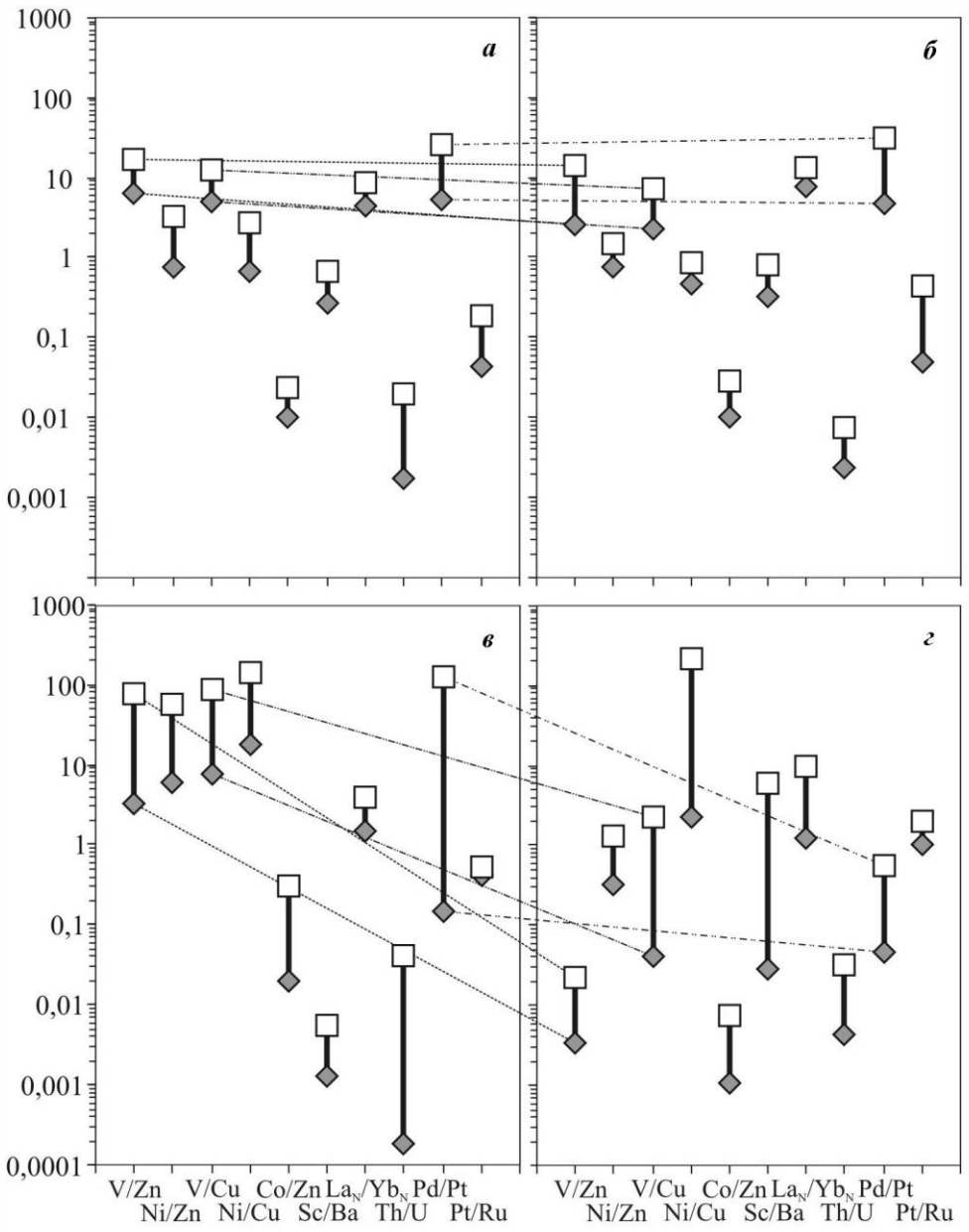


Рис. 2. Вариации минимальных и максимальных значений ряда индикаторных отношений элементов-примесей в сырых нефтях Западно- (*а*) и Восточно-Толумской (*б*) разведочных площадей Толумского месторождения (Шаимский НГР), Яхлинского (*в*) и Сергинского (г) месторождений.

Условные обозначения см. на рис. 1

и ряда других в нефтях Абдрахмановской площади и Спартакского месторождения существенно разнятся. В сырых нефтях Западно- и Восточно-Толумской разведочных площадей Толумского месторождения Шаимского НГР минимальные и максимальные значения названных выше индикаторных отношений различаются заметно меньше (см. рис. 2), за исключением Th/U (табл. 3).

Таблица 3

Превышение максимальных значений индикаторных отношений элементов-примесей над минимальными в сырых нефтях различных месторождений и разведочных площадей

Объект /параметр	1	2	3	4	5	6	7
V/Zn	11	2	13	3	5	24	6
Ni/Zn	11	3	13	4	2	10	4
V/Cu	146	6	15	3	3	12	54
Ni/Cu	143	5	13	4	2	8	94
Co/Zn	2	5	19	2	3	15	7
Sc/Ba	87	5	35	2	2	4	219
La_N/Yb_N	3	2	2	2	2	3	8
Th/U	13	46	–	12	3	221	8
Pd/Pt	12	–	30	5	7	847	12
Pt/Ru	63	–	–	4	9	1	2
n	6	10	5	7	4	5	8

Примечание. Прочерк – нет данных; месторождение/площадь: 1 – Абдрахмановская; 2 – Спартакское; 3 – Знаменское; 4 – Западно-Толумская; 5 – Восточно-Толумская; 6 – Яхлинское; 7 – Сергинское, *n* – число проанализированные проб.

Если же обратиться к сопоставлению минимальных и максимальных значений индикаторных отношений элементов-примесей в нефтях Яхлинского и Сергинского месторождений, первое из которых расположено на границе Шаимского и Красноленинского НГР, а второе в южной части последнего, то мы вновь видим существенное различие для большинства из них (V/Zn, Ni/Zn, V/Cu, Sc/Ba и др.) (см. рис. 2).

Высокая неравномерность распределения элементов-примесей в сырых нефтях сказывается и на диаграммах с использованием редкоземельных элементов (РЗЭ). Это хорошо видно на примере диаграммы $(Eu/Sm)_N$–$\sum РЗЭ_N$, предложенной в работе [1]. Так, сырые нефти Абдрахмановской площади, Спартакского и Знаменского месторождений Волго-Уральской области заметно отличаются друг от друга как по сумме $РЗЭ_N$, так и по величине европиевой аномалии (рис. 3). В сырых нефтях Сергинского месторождения при том же, что и в Волго-Уральской области, разбросе минимальных и максимальных значений Eu аномалии, величина $\sum РЗЭ_N$ значительно больше. Интересно отметить, что сырые нефти пласта П различных разведочных площадей Толумского месторождения Шаимского НГР в ряде случаев также характеризуются заметно варьирующими величинами Eu аномалии и $\sum РЗЭ_N$. Это же свойственно нефтям продуктивного пласта Т Ловинского и Яхлинского месторождений.

Мы попытались ранжировать элементы-примеси по характерным для них значениям КВ. В результате установлено, что коэффициент вариации для

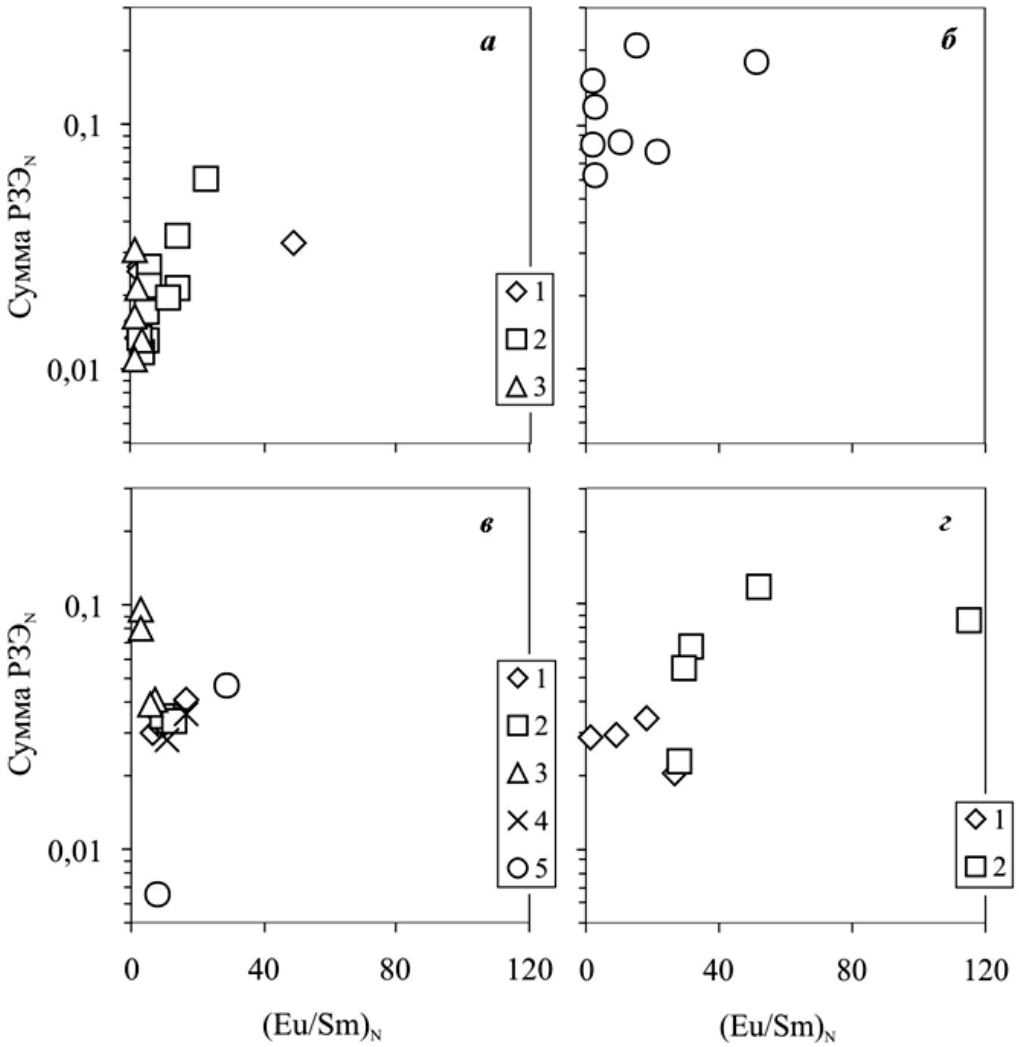


Рис. 3. Положение фигуративные точек составов сырых нефтей различных разведочных площадей и месторождений на диаграмме $(Eu/Sm)_N$–сумма $РЗЭ_N$:

а – Волго-Уральская область (1 – Абдрахмановская площадь; 2 – Спартакское месторождение; 3 – Знаменское месторождение); *б* – Сергинское месторождение Красноленинского свода Западной Сибири; *в* – пласт П Толумского месторождения Шаимского НГР (разведочные площади: 1 – Западно-Толумская; 2 – Южно-Толумская; 3 – Восточно-Толумская; 4 – Мало-Толумская; 5 – Северо-западная Толумская); *г* – пласт Т Шаимского НГР (месторождения: 1 – Ловинское; 2 – Яхлинское)

Rb попадает в два «коридора»: 100–1000 % и > 10000 %. Для Ba, Au, Eu, Ru и Rh значения КВ имеют весьма широкий разброс – от 1 до 1000 %. Ge, Sc, Ni, Zn, In, ряд редкоземельных элементов, As, Cu, Y, Mo, Sb, W, Hg, Pb, Nb, Cd, Os, Re, Ga, Fe, Pt, Li, Ir и несколько других элементов-примесей характеризуются КВ от 10 до 1000 %. Для Ta, Sn, Te, Pd, I, Bi, Cr, Mn, Zr, Hf и Ag разброс КВ на порядок больше (10–10000 %). Cs имеет как сверхвысокий КВ (> 10000 %), так и сопоставимый с тем, что характерен для большинства элементов-примесей (например, As, Ni, Sc) коэффициент вариации. Sr характеризуется величиной КВ более 10000 %. Важно также и

то, что до уровня КВ = 1000 % сырые нефти Волго-Уральской области и Западной Сибири принципиально не различаются по набору элементов-примесей. В то же время в области высоких и сверхвысоких значений КВ их микроэлементная специфика проявлена достаточно отчетливо. Так, только нефтям Волго-Уральской области присущи КВ в интервале 1000–10000 % для Mg, Ca, Ag, Sn и Bi, тогда как в нефтях Западной Сибири в этот интервал попадают Hf, Zr, Te, I, Ta, U, Cr, Mn и Pd. Значения КВ > 10000 % в отношении Rb, Sr и Cs характерны только для сырых нефтей Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения Республики Татарстан; в проанализированных нами нефтях Шаимского НГР и Сергинского месторождения Красноленинского свода такие величины коэффициента вариации не установлены.

Все сказанное выше показывает, что содержания широкого спектра элементов-примесей в сырых нефтях и значения их отношений, используемые в большинстве известных нам работ как «индикаторные», подвержены весьма значительным вариациям, причины которых пока не вполне понятны. Использование их для тех или иных генетических выводов «напрямую» может иметь весьма существенные негативные следствия. Вместе с тем из приведенных нами данных можно все же сделать предварительный вывод о том, что по отдельным параметрам сырые нефти различных месторождений, как в пределах одной нефтегазоносной провинции, так и в разных ее районах как будто бы могут иметь свое «лицо». Это, при разумном расширении базы данных, возможно, позволит в ближайшем будущем поставить вопрос об их «паспортизации» (термин В. Г. Изотова, Казанский госуниверситет) на основе присущей им микроэлементной систематики.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке проекта УрО РАН № 09-Т-5-1008 (К. Ш. Биглов).

Библиографический список

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

2. **Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л. и др.** Неорганическая геохимия нефти Ромашкинского месторождения – первые результаты исследований методом ICP-MS // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2006. С. 100–103.

3. **Маслов А. В., Биглов К. Ш., Ронкин Ю. Л.** Неорганическая геохимия нефтей ряда регионов России: опыт сопоставления // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2008. С. 276–287.

4. **Маслов А. В., Циммерман А. П., Ронкин Ю. Л.** Систематика элементов-примесей в сырой нефти Спартакского месторождения Волго-

Уральской провинции // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 57–65.

5. **Надиров Н. К., Котова А. В., Камьянов В. Ф. и др.** Новые нефти Казахстана и их использование. Металлы в нефтях. Алма-Ата: Наука, 1984. 448 с.

6. **Пунанова С. А.** Микроэлементы нефтей, их использование при геохимических исследованиях и изучении процессов миграции. М.: Недра, 1974. 216 с.

7. **Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П., Голик С. В. и др.** Мультиэлементный анализ геологических образцов кислотным разложением и окончанием на HR ICP-MS Element2 // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 423–433.

8. **Степанов К. И., Вешев С. А.** Влияние латеральной миграции углеводородов на изменение микроэлементного состава нефтей Калининградского вала // Геология нефти и газа. 2000. № 1. С. 44–49.

9. **Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л.** Неорганическая геохимия нефти Западной Сибири (первые результаты изучения методом ICP-MS) // Докл. АН. 2007. Т. 414, № 3. С. 385–388.

УДК 550.4:553.98

А. В. Маслов[1], **С. А. Пономарева**[2], **Ю. Л. Ронкин**[1]
[1]Институт геологии и геохимии УрО РАН
[2]Уральский гос. горный университет

РЗЭ-СИСТЕМАТИКА СЫРЫХ НЕФТЕЙ КАРСОВАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Республика Удмуртия)

Карсовайское нефтяное месторождение расположено на территории Балезинского и Кезского районов Удмуртской Республики, в 40 км восточнее г. Глазова и в 25 км к северо-востоку от пос. Балезино (рис. 1). В тектоническом отношении месторождение приурочено к Карсовайской структуре центральной части Верхнекамской впадины. Карсовайская структура представляет собой брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, состоящую из Карсовайского и Южно-Карсовайского поднятий.

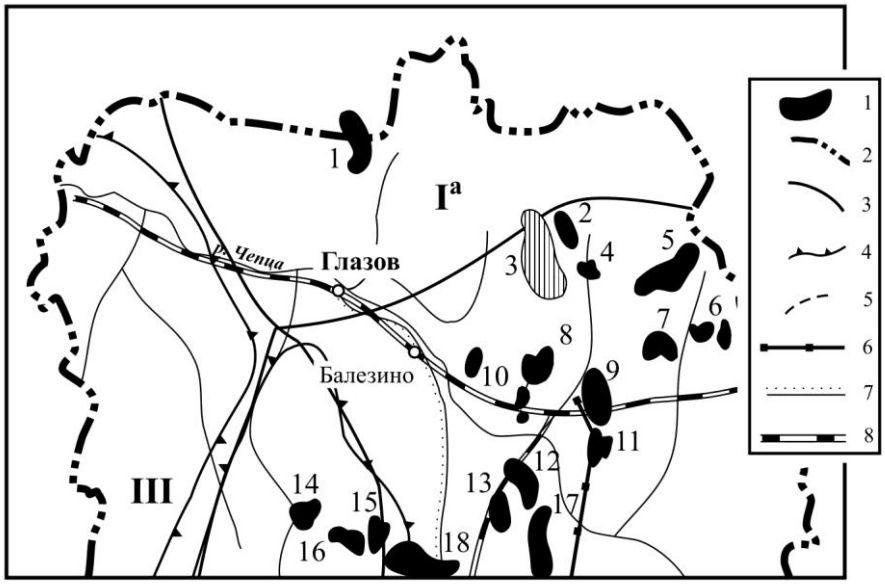


Рис. 1. Обзорная схема северной части Республики Удмуртия и положения нефтяных месторождений:

1 – нефтяные месторождения; *2–3* – границы (*2* – административная; *3* – нефтегазоносных районов (НГР); *4* – тектонические нарушения; *5* – область распространения Камско-Кинельской системы прогибов; *6* – нефтепроводы; *7* – автомобильные дороги; *8* – железные дороги.

НГР: $I^{а}$ – Глазовский; $I^{б}$ – Киенгопско-Верещагинский; $I^{в}$ – Ижевский; $I^{г}$ – Арланский; $II^{а}$ – Кукморский; $II^{б}$ – Нижнекамский; III – область малоперспективных земель.

ВКВ – Верхнекамская впадина; СТС – Северо-Татарский свод; КП - Кильмезский прогиб; НС – Немский свод.

Цифрами на схеме показаны месторождения: *1* – Золотаревское; *2* – Пызепское; *3* – Карсовайское; *4* – Южно-Пызепское; *5* – Кулигинское; *6* – Медведевское; *7* – Майковское; *8* – Турецкое; *9* – Кезское; *10* – Горлинское; *11* – Поломское; *12* – Чубойское; *13* – Пибаньшурское; *14* – Зотовское; *15* – Нефедовское; *16* – Потаповское; *17* – Лозолюкско-Зуринское; *18* – Восточно-Красногорское

Глубокими скважинами на Карсовайском месторождении вскрыты осадочные образования венда, девона (эмский, эйфельский, живетский, франский, фаменский ярусы), карбона (визейский, серпуховский, башкирский, московский, нерасчлененные касимовский и гжельский ярусы), перми (ассельский, сакмарский, кунгурский, артинский, уфимский, казанский и татарский ярусы) и четвертичной системы, а также породы кристаллического фундамента.

Нефтяные залежи Карсовайского месторождения приурочены к карбонатным отложениям касимовского яруса, мячковского горизонта (пласт C_2mč-II), подольского горизонта (пласты $П_2$, $П_3$), каширского горизонта (пласт $К_4$), верейского горизонта (пласты В-0, В-II, В-IIIа, В-IIIб) и башкирского яруса (пласты $А_{4-1}$, $А_{4-2}$, $А_{4-3}$). Пласты-коллекторы представлены пористыми органогенно-обломочными известняками.

В гидрогеологическом отношении Карсовайское месторождение расположено в пределах Волго-Камского артезианского бассейна. Здесь по аналогии с рядом расположенными площадями и согласно данным промыслово-геофизических исследований скважин выделяют две гидрогеологические зоны – верхнюю зону активного водообмена и нижнюю застойную зону), разделенные непроницаемой гипсо-ангидритной толщей кунгурско-артинских отложений. В состав верхней зоны входят пресные и слабоминерализованные воды гидрокарбонатно-натриевого и кальциевого типов, с минерализацией до 1 г/л, локализованные в песчано-гравийных и галечных отложениях четвертичного и позднепермского возраста. Застойная зона включает отложения от девона до подошвы верхней перми. В ее пределах развиты воды седиментационного и погребенного типов. Подземные воды этой зоны почти не имеют гидродинамической связи с дневной поверхностью и характеризуются высокой степенью минерализации и метаморфизации, обогащены йодом, бромом, бором, аммонием и другими микрокомпонентами.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению микроэлементного состава нефтей, являющегося важной характеристикой этого вида сырья, несущей информацию об условиях формирования, происхождении и путях миграции. Данные о содержаниях микроэлементов в нефтях позволяют идентифицировать месторождения, оптимизировать их поиск, разделять продукцию совместно эксплуатируемых скважин и многое другое [7, 8 и др.]. По представлениям [2], анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в нефтях позволяет выявить источники и особенности рудо- и нафтидообразующих флюидов. Глубина зарождения последних, по данным С. Ф. Винокурова с соавторами [2], определяет формирование в нефтях положительных или отрицательных Eu аномалий, величина которых не меняется при последующем изменении окислительно-восстановительных параметров среды и ее температуры. Асфальтены имеют примерно в четыре раза более высокое содержание суммы РЗЭ по сравнению со спиртобензольными смолами, а также другими фракциями нефти, т. е. концентрируют свыше половины от общего количества РЗЭ. Таким образом, данные о содержаниях и характере распределения РЗЭ в асфальтенах могут рассматриваться как присущие и собственно не разделенным на фракции нефтям. Однако в последние годы в связи с развитием аналитической базы стало достаточно доступным и прямое определение содержаний микроэлементов в сырых нефтях.

Для исследования РЗЭ-систематики сырых нефтей Карсовайского месторождения из скважин 5001, 5005, 5006, 5032, 5033, 5034, 5043, 5053, 5054 и 5060 С. А. Пономаревой из верейско-башкирских отложений было отобрано 10 проб нефтей, проанализированных под руководством Ю. Л. Ронкина на широкий спектр элементов-примесей методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН. Содержания ряда элементов-примесей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержания элементов-примесей в сырых нефтях Карсовайского месторождения

Проба /Элемент	1*	2*	3	4*	5	6*	7*	8	9.1*	9.2*	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Li, мкг/г	0,072	0,086	0,130	0,036	0,13	0,038	0,045	0,017	0,11	0,045	0,014
P	0,58	0,47	0,40	0,36	0,36	0,53	0,24	0,25	0,17	0,27	0,34
Sc	0,0013	0,0013	0,0012	0,0011	0,00090	0,0011	0,00093	0,0010	0,00094	0,00093	0,00091
Ti	0,31	0,47	0,48	0,19	0,16	0,50	0,32	0,29	0,39	0,38	0,45
Na	10,65	8,43	39,05	3,07	54,96	7,43	6,52	4,00	9,67	8,29	5,51
Mg	3,24	1,99	3,95	0,47	9,05	5,01	1,04	2,09	2,15	1,92	2,69
Al	0,32	0,26	0,36	0,50	0,19	0,36	0,34	0,28	0,21	0,25	0,20
K	3,65	2,56	3,27	2,43	4,71	4,08	2,39	2,11	2,30	2,30	2,23
Ca	13,35	11,30	21,25	4,59	34,33	17,06	6,34	10,26	10,69	10,30	17,18
Fe	4,27	7,15	5,73	1,41	2,47	6,09	4,95	3,57	4,38	4,21	5,58
V	239,16	285,47	320,38	112,55	213,59	271,23	215,37	229,28	216,19	219,18	300,45
Cr	0,43	0,56	0,56	0,27	0,51	0,71	0,37	0,43	0,68	0,61	0,70
Co	0,83	0,80	1,16	0,10	1,01	0,83	0,67	0,49	0,96	0,77	0,93
Ni	174,39	199,12	239,21	61,78	213,49	191,06	175,06	168,08	205,45	216,30	252,21
Cu	0,076	0,091	0,14	0,019	0,90	0,074	0,071	0,035	0,077	0,066	0,088
Zn	0,83	0,76	0,98	0,17	1,64	0,70	0,92	0,80	1,07	0,99	1,63
As	0,0071	0,0042	0,0072	0,0044	0,0072	0,0059	0,0045	0,0049	0,0032	0,0039	0,0071
Rb	0,0021	0,0011	0,0011	0,0011	0,0023	0,0018	0,0021	0,00096	0,0088	0,0013	0,00087
Sr	0,084	0,10	0,22	0,040	0,36	0,13	0,089	0,077	0,15	0,15	0,18
Zr	0,0076	0,043	0,011	0,010	0,0027	0,054	0,0075	0,010	0,010	0,010	0,0080
Nb	0,00034	0,00028	0,00036	0,00034	0,00031	0,00099	0,00028	0,0013	0,00023	0,00024	0,00028
Mo	0,31	0,41	0,42	0,11	0,27	0,39	0,26	0,20	0,35	0,32	0,36
Cd	0,0027	0,0027	0,0031	0,0013	0,00267	0,0025	0,0022	0,0021	0,0031	0,0024	0,0024
In	0,0010	0,0013	0,0017	0,00017	0,00058	0,0011	0,0010	0,00094	0,00086	0,00096	0,0012

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sn	0,0032	0,0074	0,0017	0,0043	0,0014	0,017	0,0019	0,0023	0,0017	0,0017	0,0056
Sb	0,0019	0,0012	0,0011	0,00060	0,0011	0,0094	0,00039	0,00090	0,00037	0,00053	0,00079
Te	0,0011	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,00099	0,0010
I	0,00068	0,00061	0,00065	0,00066	0,00070	0,00059	0,00065	0,00062	0,00069	0,00061	0,00061
Cs	0,00019	0,00006	0,00008	0,00006	0,00008	0,00008	0,00027	0,00006	0,00086	0,00006	0,00006
Ba	0,026	0,0090	0,0057	0,0040	0,010	0,019	0,040	0,0036	0,023	0,0036	0,0037
La	0,00070	0,00086	0,00068	0,00039	0,00024	0,0045	0,00066	0,00052	0,00060	0,00072	0,00073
Ce	0,0010	0,0015	0,0010	0,00059	0,00036	0,0091	0,0011	0,00081	0,00092	0,0010	0,0010
Pr	0,00021	0,00027	0,00018	0,00012	0,00008	0,00103	0,00022	0,00017	0,00019	0,00019	0,00020
Nd	0,0011	0,0014	0,00086	0,00058	0,00041	0,0032	0,0010	0,00086	0,00091	0,00097	0,0010
Sm	0,00039	0,00047	0,00032	0,00023	0,00019	0,00060	0,00042	0,00034	0,00033	0,00033	0,00039
Eu	0,00015	0,00017	0,00013	0,00010	0,00008	0,00016	0,00017	0,00014	0,00013	0,00013	0,00016
Gd	0,00058	0,00070	0,00056	0,00035	0,00026	0,00078	0,00060	0,00051	0,00049	0,00049	0,00059
Tb	0,00012	0,00014	0,00011	0,00007	0,00005	0,00014	0,00011	0,00010	0,00009	0,00009	0,00011
Ho	0,00017	0,00019	0,00018	0,00011	0,00007	0,00019	0,00017	0,00015	0,00014	0,00014	0,00016
Er	0,00044	0,00052	0,00046	0,00031	0,00021	0,00053	0,00048	0,00043	0,00040	0,00039	0,00045
Tm	0,00007	0,00007	0,00006	0,00005	0,00003	0,00008	0,00007	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
Yb	0,00038	0,00040	0,00040	0,00026	0,00019	0,00048	0,00042	0,00037	0,00031	0,00031	0,00037
Lu	0,00006	0,00005	0,00006	0,00004	0,00003	0,00007	0,00006	0,00005	0,00004	0,00004	0,00005
Hf	0,00021	0,00049	0,00023	0,00025	0,00017	0,00060	0,00021	0,00022	0,00023	0,00022	0,00020
Tl	0,00033	0,00041	0,00028	0,00044	0,00011	0,00015	0,00030	0,00027	0,00010	0,00019	0,00040
Pb	0,013	0,0083	0,0084	0,0048	0,0023	0,028	0,0048	0,0056	0,0087	0,0076	0,013
Bi	0,00004	0,00007	0,00004	0,00005	0,00004	0,00027	0,00004	0,00005	0,00007	0,00005	0,00007
Th	0,00017	0,00051	0,00011	0,00008	0,00007	0,00048	0,00016	0,00013	0,00017	0,00019	0,00016
U	0,012	0,011	0,017	0,015	0,010	0,010	0,0096	0,0084	0,0093	0,0091	0,010

Примечания. * – пробы с водной частью, 1 – скв. 5001, инт. 1278-1285 м; 2 – скв. 5005, инт. 1666-1728 м; 3 – скв. 5006, инт. 1609-1626 м; 4 – скв. 5032, инт. 1655-1682 м; 5 – скв. 5033, инт. 1543-1555 м; 6 – скв. 5034, инт. 1465-1490 м; 7 – скв. 5043, инт. 1464-1478 м; 8 – скв. 5053, инт. 1637-1662 м; 9.1, 9.2 – скв. 5054, инт. 1508-1533 м; 10 – скв. 5060, инт. 1563-1583 м.

Содержание главных «биогенных» элементов (V, Ni, Fe) в нефтях Карсовайского месторождения варьирует от 175 до 565 г/т. Медианная величина отношения V/Ni составляет 1,34 (минимум 1,00, максимум 1,82). Таким образом, нефти Карсовайского месторождения относят к первично обогащенному микроэлементами ванадиевому типу [7]. Весьма низкие значения отношения Zn/Co (медиана 1,28, минимум 0,84, максимум 1,76) позволяют предполагать значительную близость отобранных для аналитических исследований проб нефтей к водо-нефтяному контакту (ВНК). Присущие сырым нефтям высокие величины отношений V/Fe, V/Cu и V/Pb указывают, по всей видимости, на то, что они не подверглись заметному влиянию процессов катагенеза и значительной миграции.

Медианная величина суммы редкоземельных элементов (РЗЭ) в сырых нефтях Карсовайского месторождения составляет 0,0059 мгк/г. Основные параметры нормированных на хондрит [9] спектров РЗЭ приведены в табл. 2 и показаны на рис. 2. Как следует из рисунка, пробы нефтей с водной частью и без нее по спектрам распределения РЗЭ практически не отличаются. Систематика РЗЭ в нефтях Карсовайского месторождения определяется весьма низкими медианными величинами отношений La_N/Yb_N и La_N/Sm_N (соответственно 1,26 и 1,15), отсутствием деплетирования ЛРЗЭ ($Gd_N/Yb_{N\text{медиана}}$ = 1,25), отсутствием европиевой аномалии ($Eu/Eu^*_{\text{медиана}}$ = = 0,99) и хорошо выраженной отрицательной цериевой аномалией ($Ce/Ce^*_{\text{медиана}}$ = 0,64). Такая РЗЭ-систематика в значительной степени отличается от той, что присуща сырым нефтям Ромашкинского месторождения Республики Татарстан [3, 5], Спартакского месторождения Республики Башкортостан [6], Сергинского месторождения Красноленинского нефтегазоносного района (НГР) Западной Сибири [4], а также ряду месторождений

Таблица 2

Основные параметры нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ в сырых нефтях Карсовайского месторождения

Параметр/проба	La_N/Yb_N	La_N/Sm_N	Gd_N/Yb_N	Eu/Eu*	Ce/Ce*
1*	1,26	1,12	1,25	0,97	0,63
2*	1,44	1,15	1,40	0,92	0,76
3	1,15	1,34	1,14	0,94	0,67
4*	1,04	1,07	1,12	1,03	0,62
5	0,85	0,80	1,11	1,07	0,61
6*	6,49	4,77	1,33	0,72	0,99
7*	1,06	0,98	1,16	1,04	0,70
8	0,95	0,97	1,12	1,01	0,63
9–1*	1,30	1,15	1,28	1,00	0,64
9–2*	1,57	1,37	1,29	0,98	0,64
10	1,32	1,20	1,29	0,99	0,67

* – пробы с водной частью.

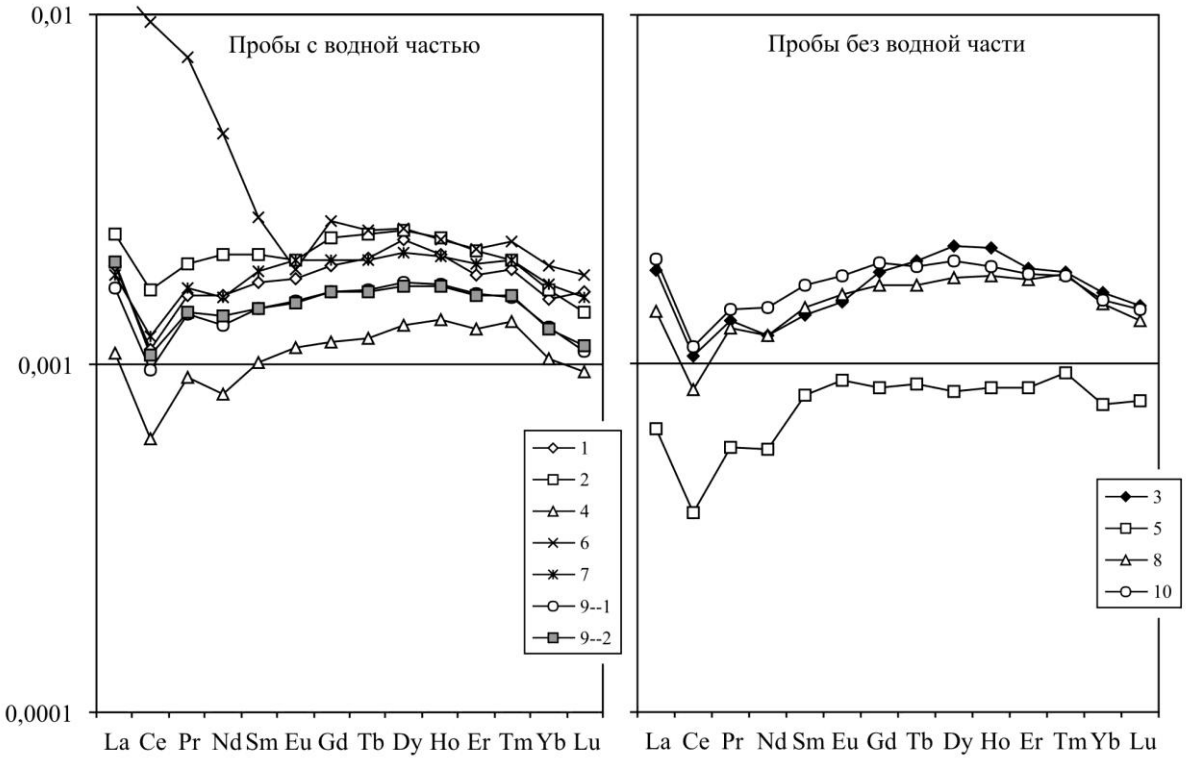


Рис. 2. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в сырых нефтях Карсовайского месторождения

Шаимского НГР [10]. Для сырых нефтей всех перечисленных объектов характерны довольно высокие значения La_N/Yb_N и La_N/Sm_N, хорошо выраженные положительные Eu аномалии (до 5-25 и более) и отсутствие Ce аномалий.

Учитывая указанную специфику спектров распределения РЗЭ в сырых нефтях Карсовайского месторождения, мы выполнили сопоставление их с рядом известных геохимических объектов. Так, нормированный на хондрит спектр РЗЭ типичной речной воды характеризуется хорошо выраженной отрицательной европиевой аномалией (рис. 3). Стандартная океанская вода* имеет не только отрицательную европиевую, но и отрицательную цериевую аномалии (рис. 4). Высокотемпературным гидротермальным растворам подводного гидротермального поля Брокен Спур, расположенного рядом со Срединно-Атлантическим хребтом, напротив, присущи хорошо выраженные положительные европиевые аномалии (рис. 5) [1], а океанская вода без признаков воздействия указанных растворов здесь, так же как и стандартная океанская вода С. Тейлора и С. МакЛеннана, имеет отрицательные аномалии и европия, и церия. Из сказанного ряд авторов делают вывод о воздействии на сырые нефти (при наличии в них высоких значений Eu/Eu*) глубинных гидротермальных растворов/флюидов. Это может быть

* Данные по содержаниям РЗЭ в типичной речной и стандартной океанской воде заимствованы нами из работы [9].

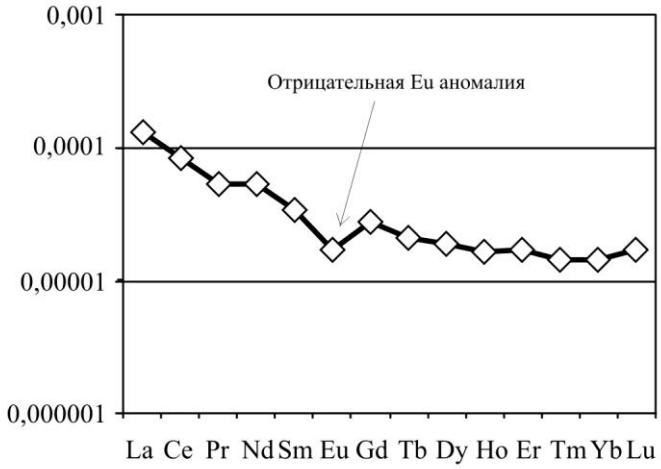


Рис. 3. Нормированный на хондрит спектр распределения РЗЭ в типичной речной воде [9]

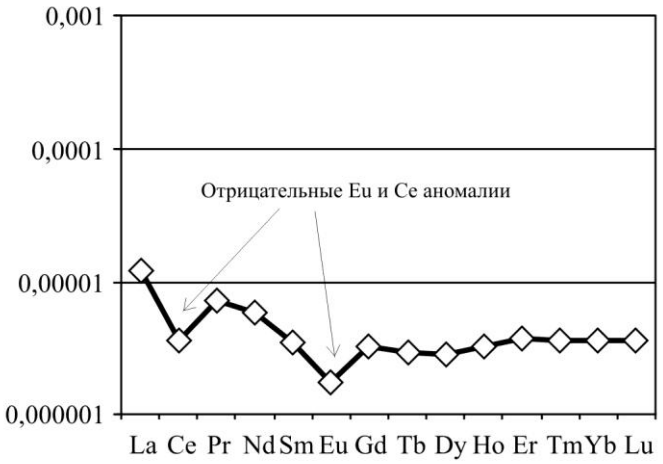


Рис. 4. Нормированный на хондрит спектр распределения РЗЭ в океанской воде [9]

применено и к ромашкинским нефтям (медианные значения La_N/Yb_N, La_N/Sm_N, Gd_N/Yb_N, Eu/Eu* и Ce/Ce*, по данным [5], составляют соответственно 23,68; 5,87; 2,77; 1,23 и 0,95), и к нефтям Спартакского месторождения (медианные значения La_N/Yb_N, La_N/Sm_N, Gd_N/Yb_N, Eu/Eu* и Ce/Ce* составляют здесь, соответственно, 5,44; 2,03; 2,15; 6,63 и 0,93 [6]) и к нефтям Шаимского НГР.

В нашем же случае нефти Карсовайского месторождения не имеют ни положительной, ни отрицательной аномалий европия. К сожалению, в нашем распоряжении нет образцов, вмещающих залежи нефти известняков, но мы провели качественное сравнение спектров РЗЭ в нефтях Карсовайского месторождения и карбонатных породах разного возраста. В качестве объектов сравнения выступали породы палеозоя Курганской параметрической скважины (данные Г. А. Мизенса, ИГГ УрО РАН) и нижнего рифея Башкирского мегантиклинория (данные М. Т. Крупенина, ИГГ УрО РАН).

Карбонатные породы в разрезе Курганской параметрической скважины представлены микрозернистыми слабоглинистыми спикуловыми известняками, тонкокристаллическими доломитизированными известняками, микрозернистыми известняками с рассеянными тонкими биокластами

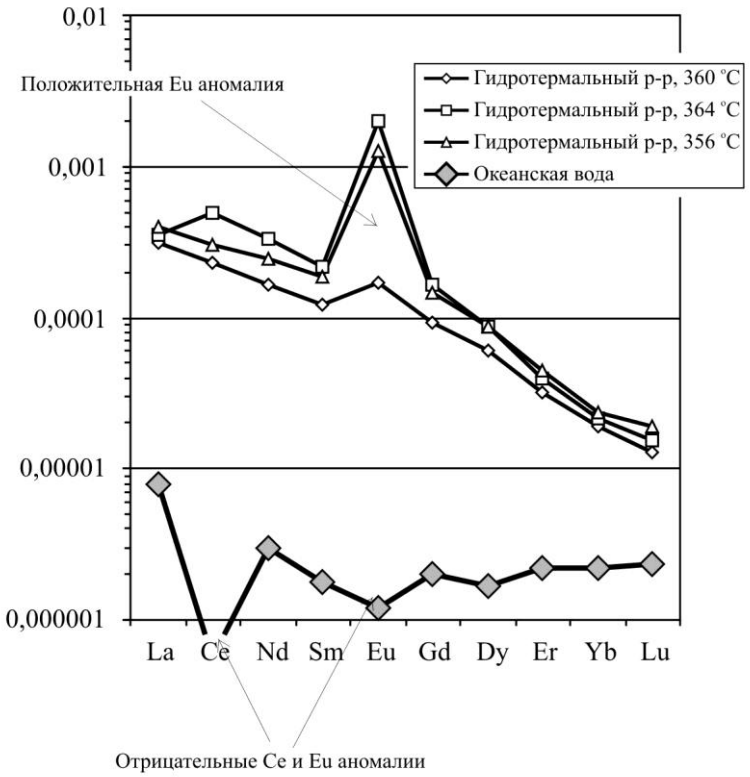


Рис. 5. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в океанской воде и гидротермальных растворах различной температуры на гидротермальном поле Брокен Спур [1]

и многочисленными фенестрами, выполненными кристаллическим зональным кальцитом. Присутствуют также органогенно-детритовые известняки с крупнокристаллическим кальцитовым цементом, мелкобиокластовые пеллоидные известняки, комковатые известняки с фораминиферами плохой сохранности. Для карбонатных пород присущи небольшие отрицательные аномалии и церия ($Ce/Ce^*_{медиана}$ = 0,85, n^* = 9), и европия ($Eu/Eu^*_{медиана}$ = = 0,72) (рис. 6), а медианные величины La_N/Yb_N, La_N/Sm_N и Gd_N/Yb_N составляют соответственно 3,86; 2,95 и 1,34, т. е. спектры распределения РЗЭ в этих породах некоторым образом напоминают спектры распределения РЗЭ в океанской воде. По представлениям многих авторов, это является указанием на формирование карбонатных пород в морских обстановках.

Для карбонатных пород рифея Башкирского мегантиклинория также во многих случаях характерны хотя и небольшие, но отрицательные аномалии и европия, и церия. Так, медианные значения Eu/Eu* и Ce/Ce* в известняках Сурана (n = 11) составляют 0,83 и 0,89. Известняки Бакала (n = 5) характеризуются медианными величинами Eu/Eu* и Ce/Ce* соответственно 0,75 и 1,00. Особенно же хорошо отрицательные аномалии Eu и Ce наблюдаются в известняках Кызылташа и Сатки (рис. 7). Для известняков Кызылташа (n = 2) параметры $Eu/Eu^*_{ср.арифм}$ и $Ce/Ce^*_{ср.арифм}$ составляют 0,73

* n – здесь и далее – количество проанализированных образцов или проб.

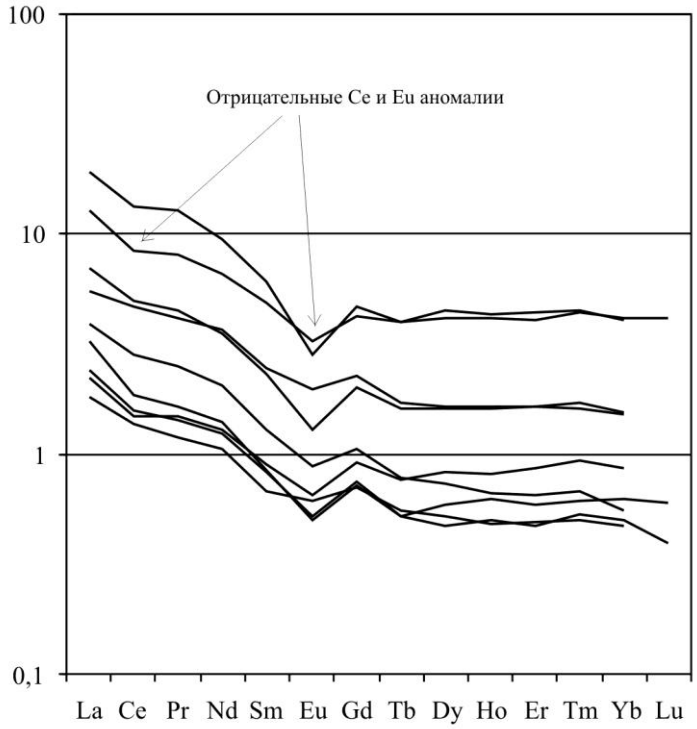


Рис. 6. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в палеозойских известняках Курганской параметрической скважины

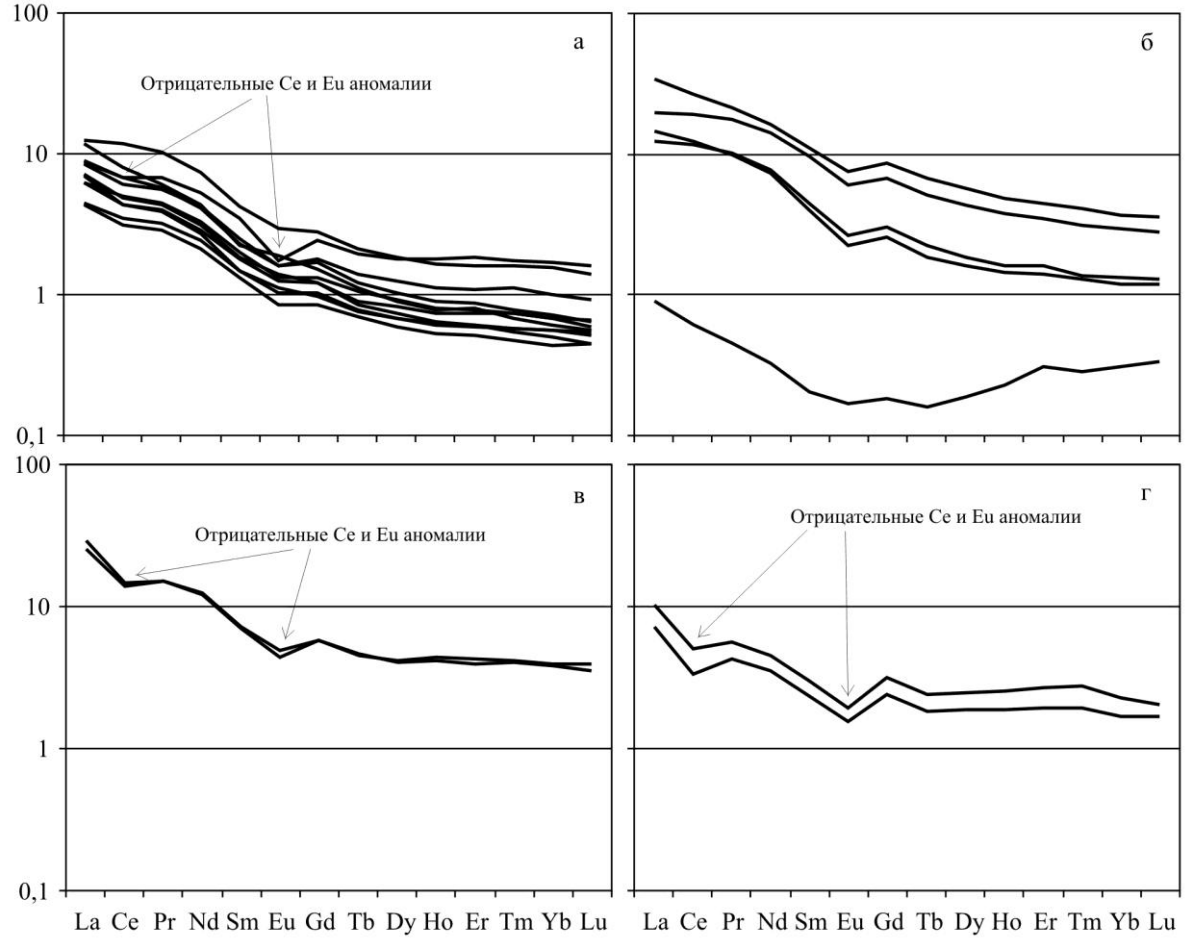


Рис. 7. Нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в нижнерифейских известняках Башкирского мегантиклинория (*а* – Суран, *б* – Бакал, *в* – Кызылташ, *г* – Сатка)

и 0,71, а для Сатки (n = 2) – 0,64 и 0,63. По всей видимости, известняки Кызылташа и Сатки, так же как и карбонаты из курганской скважины, несут «метки» морской/океанской воды, из которой они осаждались.

Нефти Карсовайского месторождения, как мы видели выше, характеризуются отсутствием выраженных европиевых аномалий, однако практически для всех проанализированных проб присущи отрицательные Ce аномалии. Это, на наш взгляд, можно рассматривать как признак влияния на состав и распределение РЗЭ в исследованных нами нефтях характеристик, наследованных от вмещающих карбонатных пород и той морской/океанской воды, из которой последние формировались. Отсутствие же выраженных положительных Eu аномалий в нефтях Карсовайского месторождения указывает, по всей видимости, на то, что гидротермальные флюиды/растворы не оказывали на них заметного влияния.

Библиографический список

1. **Богданов Ю. А., Лисицын А. П., Сагалевич А. М., Гурвич Е. Г.** Гидротермальный рудогенез океанского дна. М.: Наука, 2006. 527 с.

2. **Винокуров С. Ф., Готтих Р. П., Писоцкий Б. И.** Комплексный анализ распределения лантаноидов в асфальтенах, водах и породах для выяснения условий образования нефтяных месторождений // ДАН. 2000. Т. 370, № 1. С. 83–86.

3. **Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л. и др.** Неорганическая геохимия нефти Ромашкинского месторождения – первые результаты исследований методом ICP-MS // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2006. С. 100–103.

4. **Маслов А. В., Биглов К. Ш., Ронкин Ю. Л.** Неорганическая геохимия нефтей ряда регионов России: опыт сопоставления // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: УГГУ, 2008. № II(18). С. 276–287.

5. **Маслов А. В., Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П. и др.** Сопоставление микроэлементного состава нефтей Ромашкинского нефтяного поля и Шаимского района Западной Сибири // Актуальные проблемы поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов. Казань: ФЭН, 2008б. С. 276–280.

6. **Маслов А. В., Циммерман А. П., Ронкин Ю. Л.** Систематика элементов-примесей в сырой нефти Спартакского месторождения Волго-Уральской провинции // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. № III (19). С. 57–65.

7. **Пунанова С. А.** Геохимические особенности распределения микроэлементов в нафтидах и металлоносность осадочных бассейнов СНГ // Геохимия. 1998. № 9. С. 959–972.

8. **Пунанова С. А.** Микроэлементы в нафтидах и их использование при разработке нефтяных и газоконденсатных месторождений // Нефтехимия. 2001. Т. 41, № 3. С. 165–193.

9. **Тейлор С. Р., МакЛеннан С. М.** Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

10. **Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Ерохин Ю. В., Ронкин Ю. Л.** Неорганическая геохимия нефти Западной Сибири (первые результаты изучения методом ICP-MS) // ДАН. 2007. Т. 414, № 3. С. 385–388.

УДК 621.311:662.413.12

Л. Я. Кизильштейн
Южный федеральный университет

ЗОЛООТВАЛЫ УГОЛЬНЫХ ТЭС – ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ (Сообщение 4. Ферросилиций)

При сжигании угля на ТЭС с пылеугольной системой сжигания образуются зола и шлак. Ценные компоненты в составе золы – алюмосиликатные полые микросферы (АСПМ), магнетитовые микрошарики (ММШ) являются результатом термохимических превращений минеральных компонентов топлива в окислительной среде котла (при избытке воздуха). Условия их формирования и возможные направления промышленного использования рассмотрены в предыдущих выпусках сборника [1, 2]. Предлагаемая статья посвящена **ферросилицию (ФС) –** компоненту шлака, образующемуся в восстановительной зоне котлов ТЭС, оборудованных системой жидкого шлакоудаления.

В промышленных масштабах ФС выплавляется из шихты, состоящей из кварцитов и железа. Содержание железа и кремния в сплаве варьирует, определяя марку и направление использования ФС. Используются ФС главным образом для раскисления и легирования стали. Сорта с высоким содержанием кремния используются для восстановления металлов из оксидов. Производство ферросилиция – энергоемкий процесс и обычно привязан к мощным источникам электроэнергии.

Процессы образования ферросилиция

При жидком шлакоудалении горелки в котле размещаются внизу (у пода) топки. Вследствие этого шлак находится в расплавленном состоянии. В этих условиях 20 – 30 % минеральной массы топлива (в некоторых конструкциях котлов – до 60 %) удаляется из котла в виде расплава [6].

При сжигании антрацитов и “малореакционных” каменных углей (марки ПА, Т) образуется значительная масса несгоревших угольных частиц, некоторая часть которых попадает в расплавленный шлак, создавая локальные восстановительные зоны, в которых железо минеральных компонентов восстанавливается до Fe^{2+}. Двухвалентное железо инициирует разрыв связей Si–O–Si силикатов и образование соединений типа Si–O–Fe. В этих соединениях оксид кремния может восстанавливаться углеродом и образовывать при температурах жидкого шлакоудаления (1200 – 1500 ˚С) ФС – Fe_nSi_m.

Гранулы ферросилиция, имеющие разные размеры, являются результатом ликвации (обособления) металлической фазы в силикатном расплаве. Минералогическое изучение показывает, что отделение металлической фазы начинается с возникновения в расплаве шлака мельчайших капель ФС, которые в результате перемешивания расплава сливаются (коалесцируют) с образованием более или менее крупных капель. Химический состав ФС, определяющий его технологические свойства, зависит от температуры расплавленного шлака, длительности расплавленного состояния, массы несгоревших угольных частиц (восстановителя), химического и минерального состава сжигаемого угля. Можно предположить, что отсутствие или незначительное содержание ФС в шлаке, образующемся при сжигании низкометаморфизованных углей, объясняется низким содержанием в нем несгоревших угольных частиц (недожога), за счет которых формируется локальная восстановительная среда. Увеличение крупности частиц угольной пыли приводит к росту содержания ФС в шлаке, поскольку крупные частицы не успевают сгореть полностью и, попадая в расплавленный шлак, увеличивают объем восстановительных зон. Выход ФС снижается при введении в котел других видов топлива (мазут, газ) в качестве “подсветки“, что связано с соответствующим сокращением в составе топлива исходных компонентов ФС – железа, кремния, а также несгоревших частиц топлива. Существует достаточно четкая положительная связь между концентрацией SiO_2 и Fe_2O_3 в угле и ФС.

Технологическая ценность ФС возрастает с увеличением содержания в нем кремния (Si). В этой связи рассматривались следующие мероприятия по улучшению качества ФС, образующегося в шлаке ТЭС: введение в шлак дополнительного количества кремния и восстановителя, повышение температуры шлакового расплава, увеличение времени нахождения шлака в расплавленном состоянии.

Строение и состав гранул ферросилиция

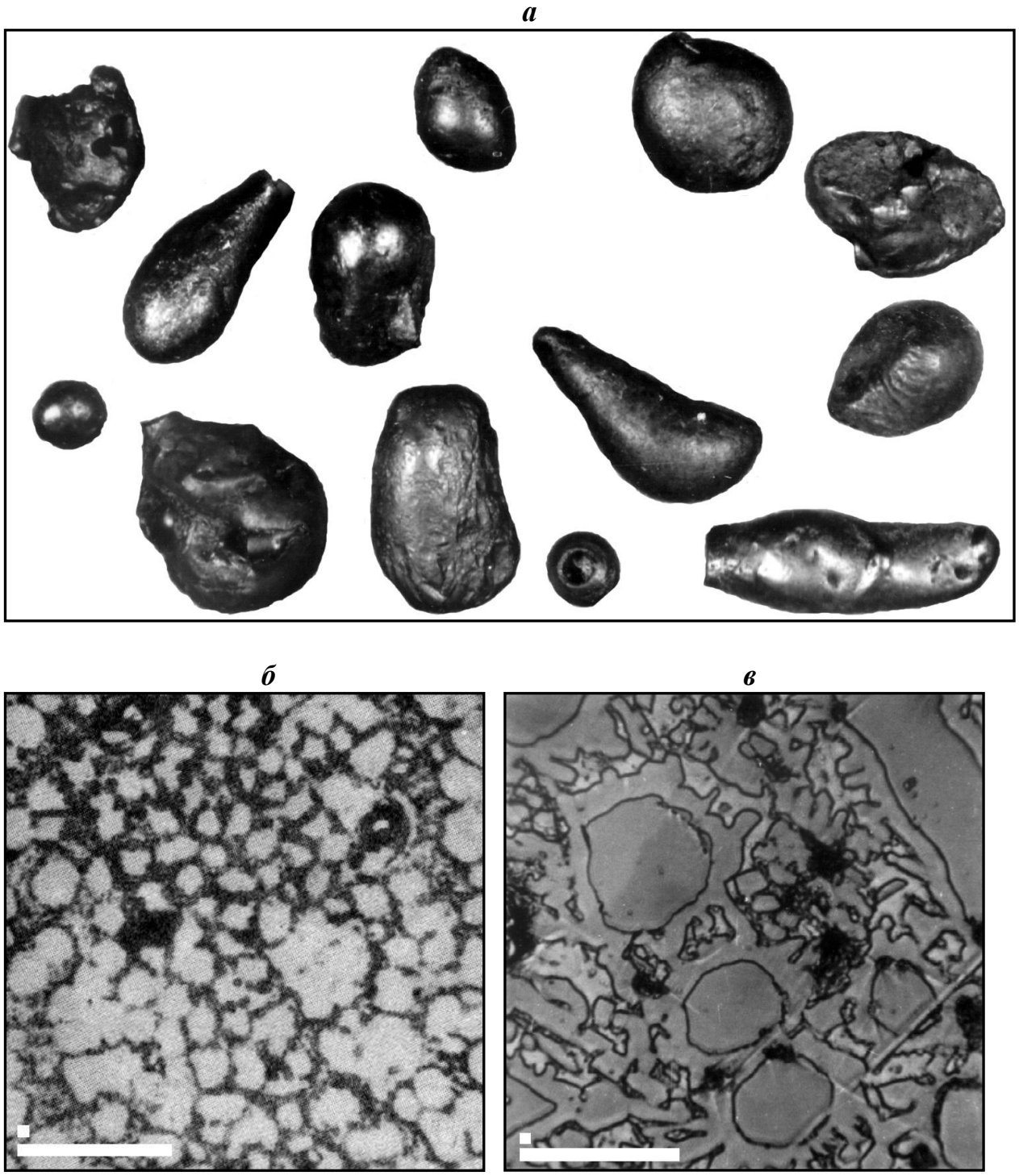
По данным рентгеновского анализа, ФС из шлаков ТЭС представляет собой легированный кремнием раствор α-железа с незначительной примесью других силицидов железа и карбидов кремния (SiC). Кроме Fe и Si в составе ФС установлены углерод, алюминий, фосфор, сера и в малых количествах некоторые другие элементы. На материале ФС Новочеркасской ГРЭС выявлена связь между химическим составом ФС и размером гранул: увеличение содержания железа и фосфора или уменьшение кремния и алюминия сопровождается увеличением их размеров. Распределение Fe и Si в отдельных гранулах, исследованное методом рентгеноспектрального микроанализа, показало наличие четких границ между гранулами и вмещающим их шлаком по содержанию этих элементов.

Размеры гранул ФС варьируют даже при сравнении материала из энергоблоков одной и той же ТЭС. Гранулы ФС, размером больше 10 мм, обычно имеют шаровидную, эллипсовидную, каплевидную и лепешковидную формы (см. рисунок, *а*), причем в мелких классах преобладают близкие к шаровидной формы. В крупных гранулах возрастает содержание угловатых и неправильных форм. Во всех классах крупности встречаются отдельные частицы пластинчатой, нитевидной и дендритовидной форм. Под микроскопом в аншлифах (отраженном свете) гранулы обнаруживают мелкокристаллическую и транскристаллитную структуры (см. рисунок, *б*, *в*).

Показатель отражения ФС изменяется от 70 до 90 %. Плотность возрастает с увеличением размеров гранул от 5000 до 7000 кг/м^3. Это объясняется, по-видимому, увеличением содержания железа в составе ФС с увеличением размера гранул.

ФС из шлака ТЭС обладает ферромагнитными свойствами, сопоставимыми по магнитной восприимчивости с железным порошком. По величине коэрцитивной силы ФС относится к магнитомягким ферромагнетикам. Значения точки Кюри варьируют у ФС разных ТЭС от 150-230 до 450-550 ˚С.

Сравнение концентраций некоторых элементов-примесей в сжигаемых на ТЭС углях, шлаках и ферросилиции показывает следующее. ФС значительно обогащен по сравнению со шлаком и углем Cr, Co, Ni, Zn, As, Se, Ta, W. Наблюдается явный дефицит в ферросилиции литофильных элементов. Такое распределение химических элементов соответствует известным из геохимии закономерностям термохимической миграции элементов в расплаве, состоящем из силикатной и металлической фаз. С практической точки зрения заслуживают внимания высокие концентрации в ФС легирующих элементов: Cr, Co, Ni, W. Удельные активности естественных радионуклидов в ФС Новочеркасской ГРЭС составляют (Бк/кг): Ra^{226} – 2,5±5, Th^{232} – 4±6, K^{40} – 50±12. Активность всех радионуклидов заметно ниже, чем у других компонентов золошлаковых материалов (ЗШМ) угольных ТЭС.



Гранулы ферросилиция из шлака Новочеркасской ГРЭС (Ростовская обл. РФ):

а – внешний вид; *б* – мелкокристаллическая структура ферросилиция; *в* – транскристаллитная структура ферросилиция (*б, в* – полированные аншлифы, отраженный неполяризованный свет). Масштабная линейка соответствует 10 мкм

Ресурсы ферросилиция в золошлаковых материалах (ЗШМ) ТЭС, методы извлечения, перспективные направления промышленного использования

Как указывалось ранее, сырьевой базой ФС являются золоотвалы ТЭС, сжигающих малореакционные каменные угли и антрациты. “Производство” ФС может быть определено путем отбора проб ЗШМ из пульпопроводов или шлака грануляционных ванн котлов ТЭС. Второй способ представляется предпочтительным. Оценка ресурсов ФС на “антрацитовых” угольных ТЭС Донбасса показала, что ежегодный выход ФС составляет около 17 тыс. т.

Поскольку промышленное выделение ФС из пульпы, насколько известно автору, до настоящего времени на ТЭС СНГ не организовано, он в составе ЗШМ сбрасывается в золоотвалы, где в результате образовались значительные запасы этого ценного материала. В пределах золоотвалов гранулы ФС распределены крайне неравномерно. Вследствие высокой плотности они концентрируются вблизи пунктов сброса пульпы, и их содержание в составе ЗШМ достигает здесь 10 % и более. Приближенная оценка запасов ФС в золоотвалах ТЭС Донецкого бассейна, где сжигается основная масса антрацитов СНГ, составляет порядка 300 тыс. т.

Наблюдения на золоотвале Новочеркасской ГРЭС показали [3], что гранулы ФС образуют в месте падения струи пульпы из пульпопровода. столбообразное “рудное тело“. Боковая поверхность рудного тела имеет сложную форму вследствие периодического изменения режима слива пульпы, содержания в ней твердой фазы и высоты выпускного отверстия над уровнем поверхности золоотвала. Вертикальная мощность “рудного тела“ зависит от длительности намыва при сохраняющемся положении пульпопровода и меняется от 5 до 10 м. В пределах “рудного тела” наблюдается снижение среднего размера гранул ФС от центра к периферии. Радиус тела на примере упомянутой ГРЭС составляет порядка 5 м, если за внешнюю его границу принять содержание ФС 10 %. По приблизительным оценкам, масса ФС в подобном теле составляет 150 –170 т.

При обсуждении перспектив извлечения и использования ФС из ЗШМ ТЭС необходимо принять во внимание следующее.

1. Ресурсы ФС постоянно возобновляются – “динамические запасы”.

2.ФС, (так же, как магнетитовые микрошарики [2]), могут извлекаться из рыхлого материала золоотвала при помощи передвижных грейферов и магнитных (или магнито-гравитационных) сепараторов.

3. Положение и границы “рудных тел” сравнительно просто устанавливаются методами и оборудованием разведочной геофизики.

ФС, образующийся на пылеугольных ТЭС, принято обозначать $ФС_{гш}$. По технологическим характеристикам он близок к низкокремнистому электротермическому ферросилицию ФС -15 и ФС-18 (цифра обознача-

ет содержание Si). Главное направление использования ФС – металлургия, в качестве “раскислителя” стали. Основным компонентом этого процесса является Si. Поэтому относительно низкое содержание этого элемента в $ФС_{гш}$ переводит его в разряд низкокачественного сырья. Однако опыты по частичной замене дорогостоящего электротермического ФС на $Фс_{гш}$ дали положительные результаты как по качеству продукции, так и по экономической эффективности. $ФС_{гш}$ может использоваться при изготовлении деталей аппаратуры, работающей в агрессивных химических средах. Чугун с содержанием Si 14-15 % по своей коррозионной стойкости в среде кислот и щелочей сравним со стеклом или эмалью, что объясняется образованием на поверхности деталей пленки SiO_2. Низкое содержания в ФС серы позволяет использовать его в материале обмазки сварочных электродов.

При обогащении полезных ископаемых в тяжелых средах в качестве утяжелителя применяют электротермический гранулированный ФС-15 с плотностью гранул 6600-7200 кг/м^3. Этим условиям вполне удовлетворяет $ФС_{гш}$, в связи с чем эта область его применения представляется весьма перспективной.

При сооружении АЭС применяют специальные особо тяжелые бетоны. В качестве наполнителя в них используются некоторые минералы, обладающие большой плотностью, железные опилки и другие подобные материалы. Требования к наполнителю – плотность больше 5000 – 6000 кг/м^3. Использование $ФС_{гш}$ в производстве тяжелых бетонов представляется заслуживающим внимания.

Проведены исследования, показавшие перспективность использования ФС из ЗШМ ТЭС в порошковой металлургии и производстве магнитомягких материалов.

Настоящее сообщение завершает общее описание некоторых ценных компонентов в ЗШМ угольных ТЭС. Более подробные сведения можно найти в работе [4]. Отметим в заключение, что извлечение из ЗШМ ФС (а также совместно с ним – магнетитовых микрошариков [2]), снижая содержание железа, улучшает технологические свойства остаточного материала во многих сферах использования [5, 7].

Золошлакотвалы угольных ТЭС являются типичными техногенными месторождениями. Образующее их минеральное сырье обладает рядом привлекательных для промышленного использования особенностей: минеральный материал находится на поверхности земли, измельчен и по составу близок к природным месторождениям, разработка которых вызывает протесты населения и местных органов власти. Однако, как и любые месторождения полезных ископаемых, эти техногенные месторождения отличаются друг от друга по минеральному и химическому составу, зависящему от качества и технологии сжигания углей. Поэтому разработке золошлакоотвалов должно предшествовать их геологическое изучение, в том числе опробование и химико-технологические испытания материала.

Только после этого могут быть обоснованы предложения по наиболее целесообразным направлениям их промышленного использования.

В изучении ФС в золошлаковых отходах угольных ТЭС активное участие принимал доктор геолого-минералогических наук, профессор С. Г. Парада. Автор пользуется случаем выразить ему за это искреннюю признательность.

Библиографический список

1. **Кизильштейн Л. Я**. Золоотвалы угольных ТЭС – техногенные месторождения ценных компонентов (Сообщение 1. Алюмосиликатные полые микросферы) // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. Вып. I(17). С. 242-251.

2. Кизильштейн Л. Я. Золоотвалы угольных ТЭС – техногенные местрождения ценных компонентов (Сообщение 2. Магнетитовые микрошарики) // Литология и геология горючих ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. Вып. II(18). С. 337-342.

3. **Кизильштейн Л. Я.** Оценка ресурсов некоторых ценных компонентов в золошлаковых отходах при пылеугольном сжигании антрацитов Донецкого бассейна // Химия твердого топлива. 2006. № 6. С. 75-82.

4. **Кизильштейн Л. Я., Дубов И. В., Шпицглуз А. Л., Парада С. Г.** Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995. 176 с.

5**. Лебедев В. В. Рубан В. А., Шпирт М. Я.** Комплексное использование улей. М.: Недра. 1980. 239 с.

6. **Резников М. И., Липов Ю. М.** Котельные установки электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.

7. **Шпирт М. Я.** Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых / под ред. Б. И. Ласкорина. М.: Недра, 1986. 255 с.

УДК 33.385:552.5

Н. Н. Шерстюк
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРЕДЕЛАХ ПОДМОСКОВНОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Подмосковный буроугольный бассейн за своё более чем 200-летнее существование неоднократно переживал кризисные явления, связанные с его эксплуатацией. Сложное геологическое строение и сравнительно низкие качественные показатели угольных пластов, а также неблагоприятные горно-технические условия их отработки не всегда способствовали динамичному его развитию. Как показывает история освоения бассейна, наиболее благоприятное и интенсивное его изучение и развитие приходится на периоды, связанные с техническими решениями в вопросах рационального извлечения и использования углей. Наглядным примером интенсификации геологоразведочных и добычных работ в пределах бассейна является открытие в 1915 году возможности пылевидного сжигания углей с помощью принудительной подачи воздуха, или внедрение в конце 50-х годов прошлого столетия механизированной отработки угольных пластов.

Глубокий структурный кризис в конце XX века, охвативший угольную промышленность Российской Федерации, вызвал крайне тяжелое положение горнодобывающего сектора и в Подмосковном угольном бассейне, где объем добычи угля в 2009 г. по сравнению с 1990 г. уменьшился в 15 раз. Основная причина – низкая эффективность добычных работ, обусловленная снижением производительности труда и высокими эксплуатационными затратами. Наиболее эффективным средством реанимации бассейна может являться комплексная отработка месторождений полезных ископаемых, которую следует рассматривать в двух направлениях: комплексная отработка месторождений территории Подмосковного бассейна и попутное комплексное извлечение и использование минерального сырья.

Комплексная отработка месторождений на территории Подмосковного бассейна предполагает совместную отработку как однопрофильных, так и разнопрофильных месторождений полезных ископаемых, территориально совмещённых в единый минерально-сырьевой узел, предполагающий возможность формирования единой производственно-хозяйственной базы, единой транспортной и энергетической сети, социальной инфраструктуры и др. Как показала практика, создание таких комплексов существенно повышает экономический потенциал, создаёт благоприятные предпосылки для вовлечения в хозяйственный оборот минерально-сырьевой потенциал других месторождений, даёт дополнительные возможности для разработки малых и средних месторождений, а также низко-

рентабельных, но экономически необходимых объектов. К сожалению, рыночные отношения не всегда благоприятно воздействуют на процесс формирования минерально-сырьевых комплексов. Сегодня главная и основная задача бизнеса в минерально-сырьевом комплексе, да и не только в минерально-сырьевом, – получение как можно большей прибыли без учёта будущих прогнозных ситуаций. Отсутствие комплексного подхода к освоению территории и извлечению минеральных ресурсов отметил Председатель Правительства РФ Путин В. В. на совещании по совершенствованию системы мониторинга и управления запасами 17.06.2009 г. По-видимому, комплексный подход к освоению территорий российскому бизнесу сегодня не по плечу. Поэтому выполнение такой важной задачи должно быть в основном возложено на государственный сектор экономики.

Проведённые геолого-промышленный анализ и геолого-экономическая оценка нераспределённого фонда недр угольных месторождений на территории Подмосковного бассейна позволили выделить два наиболее крупных района – Калужскую и Тульскую области, на площади которых расположены наиболее перспективные к отработке угольные объекты. На территории этих областей в основном преобладают месторождения неметаллических полезных ископаемых, многие из которых являются ценным минеральным сырьём, – соль, бентонитовые глины, формовочные пески, трепелы, фосфориты, известняки и др. [1, 2].

Анализ существующей минерально-сырьевой базы Калужской и Тульской областей, представленной главным образом нерудными и угольными месторождениями, позволил выделить три наиболее перспективных узла (см. рисунок) – Алексинский, Агеевский и Думиничский, представляющие собой компактное и сближенное расположение целой серии нерудных и угольных объектов.[*]

Алексинский минерально-сырьевой узел расположен в основном на территории Тульской области в пределах промышленно освоенной зоны на площади 1200-1400 км^2, с хорошо разветвлённой транспортной сетью железных и автомобильных дорог. На территории узла расположены Рюриковское, Казначеевское, Деевское 1 и 2, Варфоломеевское, Веригинское,

[*] Использованы следующие геологические отчеты:

- Гурина Н. И., Конова Л. П. О детальной разведке на участках №№ 13 – 16 Воротынского месторождения Перемышльского района Калужской области по состоянию разведанности на 1.01.1960 г. Калуга, 1960. 464 с.
- Гурина Н. И. Селезнёва Н. С. Петрова З. Д. Сводный отчёт по Середейскому буроугольному месторождению в Калужской области (по состоянию разведанности на 1 июля 1970 г.). Калуга, 1970. 589 с.
- Петров В. Г., Воронище Г. М., Деева Л. В. Князев Н. Д. Отчёт о детальной разведке Северной части Воротынского угольного месторождения в Калужской области. Калуга, 1980. 457 с.
- Петров В. Г., Рачков М. М., Петрова З. Д. Отчёт о детальной разведке Воротынского – 2 месторождения угля (поля шахт 3 и 4) в Бабинском районе Калужской области. Калуга, 1988. 543 с.

Схематическая карта полезных ископаемых Калужской и Тульской областей

Труфаново-Воскресенское крупные угольные месторождения с общими балансовыми запасами угля 500,26 млн т , что составляет 14,5 % от балансовых запасов бассейна. Из нерудных объектов на площади узла выделено 10 месторождений, представленных бентонитовыми глинами, каменной и поваренной солью, цементным сырьём и минеральными пигментами.

Месторождения бентонитовых глин включают 4 объекта с балансовыми запасами 57292 тыс. $м^3$, причём 96,3 % из них приходится на Борщевское и Пореченское месторождения с балансовыми запасами соответственно 41812 и 13396 тыс. $м^3$. Продуктивные горизонты представлены крупными по размерам пластообразными залежами выдержанной мощности 7-10 м. Палыгорскитовые глины Борщевского месторождения могут служить предметом экспорта.

Месторождения поваренной соли – Алексинское (1) и Обидимское (2) расположены в северной, северо-западной частях узла, вблизи Рюриковского буроугольного месторождения. Общие запасы поваренной соли по категории $A+B+C_1$ составляют 1322 тыс. т. Глубина залегания кровли соляного пласта порядка 800 м, общая мощность продуктивного горизонта около 35 м.

Месторождения минеральных пигментов – Зудненское (3), Лущихинское (4) и Хитровское (5) – расположены в пределах восточной окраины Алексинского узла на территории Калужской области. Общие запасы по этим трём сближенным месторождениям по категориям $A+B+C_1$ составляют 466 тыс. т. Наиболее крупным является Хитровское месторожде-

ние с запасами 204 тыс. т, продуктивная толща которого представлена пластообразным телом горизонтального залегания длиной до 600 м, шириной от 30 до 80 м, мощность полезной толщи от 1,5 до 6,5 м (ср. 4,8 м), глубина залегания кровли от 0,2 до 3,45 м.

Известняковые месторождения цементного и известковистого сырья представлены Алексинским (Фомичёвский участок) (6) и Восточно-Пятницким (7) объектами, расположенными на территории Тульской области вблизи Рюриковского месторождения. Общие запасы известняков на этих месторождениях составляют 35705 тыс. т, причем на Восточно-Пятницком месторождении их объём составляет 31070 тыс. т. Средняя мощность полезной толщи 30,0- 33,0 м.

Думиничский узел площадью порядка 500-600 км^2 протягивается в виде полосы шириной 10-20 км в субмеридиональном направлении в пределах Калужской области Сухиничского района. Территория узла в северной, центральной и южной частях пересекается тремя железнодорожными ветками и сетью автомобильных дорог. На площади узла расположены два крупных угольных месторождения – Середейское и Шлиповское и ряд месторождений нерудного сырья. В центральной части узла распространены в основном месторождения кварцевых и формовочных песков, из них наиболее крупными являются Будское (8), Дубровское (9) и Думиничское (10). На юге узла расположено Полюдовское месторождение трепела и Марьинско-Заводское (11) месторождение огнеупорных глин, а на севере – Матчино-Весское (12) месторождение трепела.

Думиничское и Дубровское месторождения формовочных песков с запасами 456 тыс. т и 78133 тыс. т соответственно расположены в непосредственной близости от г. Думиничи. Пески марки К0315Б и К02А и Б пригодны для производства формовочных смесей.

Матчино-Весское и Полюдовское месторождения трепелов – с балансовыми запасами 3021 тыс. т и 22229 тыс. т соответственно.

Агеевский узел площадью 1100 км^2 расположен на границе Тульской и Калужской областей, протягивается в виде полосы шириной 20 км в северо-западном направлении. На территории узла расположены два крупных угольных месторождения – Воротынское и Северо-Агеевское с балансовыми запасами угля 431,2 млн т. На юге выделенного геолого-промышленного узла компактно расположены три нерудных месторождения – Агеевское (13) бентонитовых глин (запасы 9824 тыс. м^3), Воробьёвское поваренной соли (14) (запасы по кат. А 941тыс. т) и Суворовское (15) огнеупорных глин с балансовыми запасами категории В+$С_1$ – 3846 тыс. т и $С_2$ –8768 тыс. т.

Формирование горнодобывающих предприятий в один промышленно-хозяйственный комплекс на базе выделенных выше минерально-сырьевых узлов и геолого-экономических районов, несомненно, позволит снизить себестоимость продукции, а следовательно, повысить рентабель-

ность и конкурентоспособность производства. Комплексное освоение территорий Подмосковного бассейна придаст мощный импульс для развития многих отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Выделение минерально-сырьевых узлов на площадях с наиболее перспективными к отработке угольными объектами позволяет определить стратегические направления освоения Подмосковного бассейна в современных условиях и расширить возможности рационального комплексного изучения и освоения территорий.

Попутное комплексное извлечение и использование минерального сырья является одним из важнейших направлений снижения затрат и повышения рентабельности добычных работ на угольных месторождениях. Безотходное использование ископаемых углей особенно выгодно государству со стратегической точки зрения, поскольку без дополнительных затрат увеличивается объем производства товарной и валовой продукции, снижаются издержки производства.

Комплексное использование углей бассейна требует более глубоких исследований и более детальных экономических расчётов.

Наиболее реальным на сегодня направлением является извлечение из отходов обогащения колчеданного концентрата и глин-отходов.

Извлечение колчеданного продукта. Извлекаемый из бурых углей Подмосковного бассейна колчеданный продукт может быть использован в качестве сырья для сернокислотного производства:

– для производства серной кислоты, при условии ограниченного содержания углерода;

– для получения сернистого газа при переработке марганцевых руд, при этом ограничений в содержании углерода нет;

– для производства серы.

При этом к качеству сырья предъявляются следующие требования:

– содержание серы общей должно быть не менее 40 %;

– количество углерода не более 8,5 %;

– суммарное количество углерода не более 8,5 %;

– суммарное количество меди, свинца и цинка не должно превышать 0,5 %;

– количество мышьяка не должно быть более 0,1 %.

В результате проведённых в 1969-1971 гг. геологоразведочных работ на буроугольных месторождениях бассейна установлено, что серный колчедан в естественном состоянии по своему химическому составу отвечает требованиям сернокислого производства. Подсчитанные запасы серного колчедана по категории C_1 по некоторым наиболее перспективным месторождениям приведены в таблице.

При среднем содержании колчедана в угле 1,2 % его объём в балансовых запасах угля в пределах бассейна составит около 40 млн т.

Запасы серного колчедана по угольным месторождениям Калужской области

Наименование месторождений	Запасы угля, тыс. т	Среднее содержание колчедана + 6 мм в угле, %	Среднее содержание серы в колчедане, %	Запасы колчедана, тыс. т	Доля запасов колчедана в запасах угля, %
1	2	3	4	5	6
Середейское	131399	3,8	41,3	4138	3,1
Северо-Агеевское	169443	3,3	42,5	6080	3,6
Калужское	41164	1,2	41,0	129	0,3
Воротынское (северная часть)	118332	1,4	45,0	1702	1,4
Воротынское 2	121959	1,4	45,2	1592	1,3
Рюриковское	77076			1298	1,7
Всего	582297			13641	2,2

Возможности промышленного извлечения колчедана из углей бассейна подтверждаются его извлечением в 70-х годах прошлого столетия на обогатительной фабрике при Кимовском разрезе комбината «Тулауголь», который направлял концентрат серного колчедана на Крымский завод по производству титана, где он использовался для получения серной кислоты, а также на Никопольский завод ферросплавов. В 80-е годы серный колчедан отгружался и на Уфалейский никелевый комбинат, где колчедан использовался для перевода никеля из силикатных минералов в сульфидные соединения с целью последующего его выделения в чистом виде. В 1985 г. на комбинат было отгружено около 7,4 тыс. т колчедана по цене 1 тонны 11,6 руб.

Глины-отходы углеобогащения представлены углистой глиной, загрязнённой углём (более 30 % углистого материала) и серным колчеданом. Минералогический состав сложный, в основном она состоит из каолинита, в меньшей степени из монтмориллонита и гидрослюд. При переобогащении отходов углеобогащения, т. е. снижении в них содержания серного колчедана, глина отходов может быть утилизирована. Опыт утилизации таких глин отходов в Подмосковном бассейне имеется. Так, в конце XX века обогатительная фабрика при Кимовском разрезе более двух десятков лет поставляла глины – отходы углеобогащения Рязанскому кирпичному заводу. В 1985 г. было отгружено 15 тыс. т глины по цене 0,9 руб. за 1 тонну с качеством: влажность 16,6 %, зольность 67,9 %, содержание серы 5,2 %. Использование глины в шихте стабилизирует обжиг, делает равномерной пористость кирпича, то есть повышает его качество. Кроме того, благодаря значительному количеству углистого материала в глине снижается расход топлива при обжиге кирпича.

Комплексное использование подмосковного угля в бассейне позволит не только снизить эксплуатационные и капитальные затраты при отработке угольных пластов бассейна, но и обеспечит:

– расширение минерально-сырьевого потенциала федерального округа;

– возможность строительства новых предприятий и создание дополнительных рабочих мест в географически и экономически благоприятном районе;

– улучшение санитарно-гигиенических и экологических условий в густонаселённом районе;

– уменьшение площадей, занимаемых отвалами и отходами горного и энергетического производств.

Библиографический список

1. **Геология** месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 2. Подмосковный бассейн и другие месторождения угля центральных и восточных областей европейской части РСФСР. М.: Госгеолиздат, 1962. 570 с.

2. **Подмосковный** угольный бассейн. М.: Недра, 1967. 240.

УДК 553.94 : 553,981

А. А. Хворостина
Благовещенский политехнический колледж

ПРИРОДНАЯ ГАЗОНОСНОСТЬ УГЛЕЙ ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Эльгинское каменноугольное месторождение расположено в юго-восточной части Токинского угленосного района Южно-Якутского каменноугольного бассейна в 415 км восточнее г. Нерюнгри. Это сверхкрупное месторождение – единственное такого ранга, открытое более чем за 30 последних лет. Несмотря на неблагоприятную экономическую ситуацию в стране, компания «Мечел», купившая право на разработку этого месторождения, «рвется» к Эльге. И осенью 2009 года возобновилась прокладка придорожной автодороги и собственно самой железнодорожной ветки протяженностью 320 км от ст. Улак – восточной ветки БАМ – до ст. Эльга.

Проектируемый способ добычи – открытый. Отсюда следует, что в принципе метаноносность углей, даже при ее больших величинах, опасности в процессе добычных работ для людей и производства почти не представляет. Однако объект настолько незауряден и интересен, что, несомненно, следует разобраться в особенностях его природной газоносности.

Общая площадь месторождения составляет 230 км^2, в том числе опоисковано 30 км^2 (юго-восточный участок). Детальная разведка выполнена на площади 62 км (северо-западный участок). Основная угленасыщенная часть разреза мощностью около 500 м приурочена к верхам нерюнгринской свиты (верхняя юра) и вскрытой части ундытканской свиты (нижний мел). Структурно месторождение представляет собой асимметричную брахисинклиналь, большая ось которой имеет СЗ простирание с погружением в ЮВ направлении. СВ крыло погружается к ЮЗ под углами 2-5°, а ЮЗ соответственно на СВ под углами 8-10 °. Структуре брахисинклинали на дневной поверхности соответствует хребет усложненной геоморфологической формы, т. е. имеет место «обращенный рельеф». При этом максимально поднятые точки хребта достигают абсолютной отметки +1241 м. Этой структурно-геоморфологической композиции сопутствует сплошная многолетняя мерзлота мощностью до 200 м, образующая газонепроницаемый «купол», существенно влияющий на распределение природных газов в угленосной толще [1, 2].

Промышленная угленосность связана с отложениями нерюнгринской и ундытканской свит. Здесь в стратиграфическом интервале около 500 м сконцентрировано более 20 пластов мощностью более 1 м. При этом 4 из них – $Н_{15}$, $Н_{16}$, $У_5$,$У_4$ – расположены вблизи границ между свитами и отнесены к числу мощных (среднепластовая мощность 4,7-9,8 м), 13 пластов – к числу средних по мощности (1,4-2,8 м). Строение пластов сложное, пласты относительно выдержанные.

Угли месторождения в среднем высокозольные (от 27,4 % чистого угля до 38,1 % угля с учетом засорения), труднообогатимые, марки Ж, малосернистые (0,18-0,34 %) и малофосфористые (0,001 -0,005 %). Теплотворная способность (Q_s^{daf}) достигает 36-37 МДж/кг для неокисленных углей и 32-34 МДж/кг для частично окисленных. Особо следует отметить технологические свойства углей. Относясь к марке Ж, они имеют особо высокую способность к разжижению и текучести при нагревании. В результате, включаясь в шихту с углями марки ОС, Т и окисленными марки К в количестве 25 %, обеспечивают получение качественного металлургического кокса.

По результатам детальной разведки запасы рассмотрены и утверждены ГЖЗ РФ и поставлены на баланс ВГФ РФ в 1997 г. в количестве 2,078 млрд т по категориям $В+С_1+С^2$, пригодным для открытой добычи. Вместе с запасами опоискованного ЮВ участка эта величина достигла 2,7 млрд т. Этот итог сопоставим с подсчетом запасов по результатам поисков на ме-

сторождении в 1981-1983 гг., выполненных Степановым В. Д. и Борзых С. Д. на основании карты выходов угольных пластов Эльгинского месторождения масштаба 1:25000, впервые составленной Хворостиной А. А. в 1982 г. Отклонение составило менее 20 %, т. е. подсчитанная величина запасов – 2,214 млрд т по категории $C_1 + C_2$. Следовательно, подсчитав запасы и сделав правильный вывод о ценности месторождения и ее перспективах после поисков, дальнейшие действия на месторождении приобрели, по сути, «механистический» характер последовательного сгущения плотности разведочной сети для получения запасов заданного соотношения категорий. Важным полученным результатом этапов предварительной и детальной разведки является изучение обогатимости и технологических свойств углей. Обогатимость оказалась трудной, что свидетельствует об уходе значительной части углей в промпродукт при получении концентрата. Второй важный вывод, который был уже ясен на поисковом этапе работ: угли марки Ж, как известно, сами кокса не дают. Для этого потребуются угли отощенных марок с других бассейнов.

Вопросы газоносности углей изучались попутно почти с самого начала работ на объекте. На стадии поисков работы по изучению газоносности не проводились, однако в процессе предварительной разведки путем отбора проб природного газа из суфляров, зафиксированных по трем поисковым скважинам №1048,1083,1034, были получены первые сведения, приведенные ниже (табл. 1). Для комплексного изучения углей во время поисково-оценочных работ (1981-1986 гг.), предварительной (1986-1989 гг.) и детальной разведки (1990-1996 гг.) были применены следующие методы изучения газоносности, ранее широко применявшиеся в Алдано-Чульманском районе бассейна и оправдавшие себя:

– изучение состава природного газа углей путем отбора проб углей в герметические стаканы (ГС) - для определения глубины поверхности метановой зоны;

– количественное определение природной метаноносности углей путем опробования пластов герметическими керногазонаборниками КА-61 и ГКН-76 ВНИГРИуголь.

Таблица 1

Состав газов суфлярных выделений из скважин, %

Номер скв.	Дата отбора	Проба	Состав газа в пробе (с воздухом)				Состав газа в пробе (без воздуха)		
			CO_2	O_2	CH_4	N_2	CO_2	CH_4	N_2
1048	11.03.88	1	0,6	13,0	10,2	76,2	1,6	27,1	71,3
		2	0,6	10,0	30,1	59,3	1,0	51,9	47,1
	10.06.89	3	–	20,2	0,3	79,5	–	10,0	90,0
1083	12.05.88	1	–	10,1	24,6	65,3	–	47,7	52,3
		2	–	7,0	28,8	64,2	–	43,3	56,7

Кроме того, было проведено изучение газодинамических параметров углевмещающих пород с помощью пластоиспытателя КИИ-65. В целом газоопробованием охвачено 43 скважины и 7 разведочных шахт. При этом опробовано 214 пластосечений, из которых отобрано 349 проб КГН и 136 проб ГС. Из них признаны достоверными 220 и 99. Наиболее детально опробованы КГН пласты $У_5$,$У_4$, $Н_{15}$, $Н_{16}$. Эти объемы позволяют считать приводимую ниже характеристику природной газоносности достаточно представительной. Исключив непредставительные пробы, получили около 3,5 представительных проб на 1 км^2, что является достаточно высоким показателем. Испытания вмещающих пород и углей комплексом КИИ-65 выполнены в 18 скважинах.

Полученные результаты химического состава природных газов, извлеченных из угольного керна керногазонаборников, позволяют дать следующую количественную оценку метаноносности, состава природных газов и газовой зональности [3-5].

В составе газов угленосной толщи установлено наличие следующих компонентов: метан, азот, углекислый газ, водород, следы сероводорода (табл. 2).

Таблица 2

Изменение содержания компонентов природных газов с ростом глубины отбора

Интервал глубин опробования, м	Содержание компонентов $\frac{\text{от – до}}{\text{ср.(число опред.)}}$, %			
	Метан	Углекислый газ	Азот	Водород
0-100	3,9 - 95,5 / 34,2(37)	0,2 - 64,3 / 12,9 (37)	1,9 - 95,9 / 57,6 (37)	0,3 - 5,8 / 2,3 (37)
100-200	7,0 - 97,3 / 66,7 (49)	0,5 - 20,5 / 6,0 (49)	1,2 - 34,3 / 29,2 (49)	0-1,6 / 0,03 (49)
200-300	32,0-95,8 / 78,3 (43)	0,4 - 23,8 / 6,0 (43)	0,2-44,2 / 14,7 (43)	0-4 / 1,1 (43)
300-400	27,0 - 98,9 / 81,4 (23)	0,2 - 11,2 / 3,4 (23)	0,9 - 37,2 / 12,7(23)	0 / 0(23)
400-500	64,4 - 96,8 / 87,2 (15)	0,7 - 7,9 / 4,0 (15)	1,4 - 30,0 / 8,8 (15)	0 / 0(15)

Метан присутствует во всех пробах угля, и его содержание колеблется в среднем от 34,2 % на глубинах до 100 м, до 87,1 % на глубине 400-500 м.

Тяжелые углеводороды, видимо, присутствуют в количествах, свойственных углям бассейна (тысячные доли %), но они при исследовании углей месторождения не определялись.

Водород встречается в большинстве проб, однако его содержание нестабильно, разброс показаний очень широк: от 0 до 5,8 % и даже более [3, 5] с полным его исчезновением на глубинах более 300 м. Однако, как и на других месторождениях бассейна, не удалось отделить природный водород от водорода, возникающего при лабораторной обработке проб.

Азот и углекислый газ содержатся в количествах, характерных для углей бассейна: первый в среднем от 57,6 (0-100 м) до 8,8 % (400-500 м); второй - в среднем от 12,9 (0-100 м) до 4,0 % (400-500 м).

Сероводород зафиксирован в количествах, измеряемых десятыми-сотыми долями процента.

Таким образом, природные газы месторождения представляют собой многокомпонентную смесь, содержание главной составляющей которой – метана - с глубиной изменяется достаточно закономерно в сторону увеличения его содержания.

Как упоминалось, зона полной деметанизации на месторождении отсутствует. Причиной этого является повсеместное развитие многолетней мерзлоты, препятствовавшей полной деметанизации приповерхностных горизонтов угленосной толщи [1]. Однако некоторые особенности в развитии зоны метановых газов на месторождении имеются. Так, в других бассейнах метановой зоне при содержании CH_4 70-80 %, соответствует метаноносность 5-6 $см^3$/гс.б.м. [2]. В Южно-Якутском бассейне эта величина равна 2-3 $см^3$/гс.б.м. На Эльгинском месторождении метановой зоне (метан 80-90 %) соответствует метаноносность 1,0-1,5 $см^3$/гс.б.м. Пробы представительны, расчеты правильные, такие пробы не единичны. Отсюда следует, что метановая зона появляется уже на глубине 150-200 м в поймах долин и увеличивается до 200-250 м на водоразделах. Но причина, конечно, не только в характере рельефа поверхности. Построение гипсометрической поверхности границы метановой зоны показало, что при брахисинклинальной структуре месторождения ему соответствует брахиантиклинальная структура поверхности метановой зоны. Объяснение этому явлению может быть следующим: граница метановой зоны близка, а местами и совпадает с нижней кромкой многолетней мерзлоты, имеющей на месторождении мощность до 150-200 м. Но это не единственная причина. Автор ранее высказывал предположение об интенсификации процессов деметанизации пластов угля путем миграции метана по пластам к их выходам на поверхность. Эта тенденция, невыразительная в Алдано-Чульманском районе, здесь на месторождении выявилась четко (табл. 3). Из таблицы видно, что на одной и той же глубине, по мере стратиграфического подъема от пласта к пласту, метаноносность падает. В плане площадь каждого вышележащего пласта по сравнению с предыдущим уменьшается, как «шагреневая кожа», тем самым приближая к выходу пласта точку опробования на приблизительно той же глубине отбора.

Таблица 3

Изменение содержания метана с ростом глубины отбора пробы

Интервал глубин, м	Содержание метана всм^3/г с.б.м.				
	$У_5$	$У_4$	$Н_{l2}$	$Н_{15}$	по месторождению
0-100	0,2 - 0,95 0,38 (7)	0,45 - 0,69 0,54 (4)	0,14-1,6 0,87 (2)	0,42 - 1,25 1,06 (5)	0,17 - 1,6 0,63 (18)
100-200	0,41 - 0,6 0,53 (5)	0,7 - 1,6 1,19 (5)	1,1 - 1,8 1,47 (7)	1,15 - 2,2 1,63 (10)	0,47 - 2,26 1,30 (27)
200-300	1,1 - 1,7 1,5 (3)	1,7 - 1,74 1,71 (3)	1,1 - 1,9 1,24 (6)	1,7 - 1,9 1,83 (3)	1,1 - 1,9 1,53 (15)
300-400	–	–	1,1 - 1,98 1,52 (7)	1,7 - 1,8 1,73 (3)	1,1 - 2,3 1,6 (10)
400-500	–	–	2,9	–	2,9

Наличие «мерзлотного шлема» на месторождении вместе с трещиноватостью углей и вмещающих пород явилось причиной наблюдавшихся на месторождении суфлярных выделений газов. В целом на месторождении зафиксированы суфляры в 21 скважине. Из некоторых взяты пробы (см. табл. 1), которые показали, что в составе свободно выделяющихся газов нет водорода. Основной же состав свободно выделившихся газов соответствует составу газов, извлекавшихся из угольных проб в лабораторных условиях.

Сложившаяся природная метаноносность углей месторождения невысока – на опробованных глубинах до 400 м она не превышает 3 см^3/гс.б.м. Однако в ее изменении с глубиной (см. табл. 3) наблюдается четкая закономерность: по мере увеличения глубины отбора проб метаноносность растет в среднем от 0,65 см^3/гс.б.м. на глубине 100 м, до 2,9 см^3/гс.б.м. на глубине 400 м. Такая метаноносность на месторождении опасности не представляет, особенно учитывая открытую систему отработки месторождения. Однако на этот вопрос следует взглянуть с другой стороны. В Кузбассе уже сейчас при добыче угля открытым способом начато попутное извлечение и использование угольного метана. Огромные запасы угля Эльгинского месторождения даже при приведенном выше относительно небольшом содержании метана содержат запасы метана порядка 5-6 млрд м.

Однако, насколько известно, вопрос попутного извлечения угольного метана при добычных работах на месторождении проектировщиками не рассматривался. Учитывая предполагаемые запасы метана в недрах месторождения, к этому вопросу следует возвратиться.

Библиографический список

1. **Газоносность** угольных бассейнов и месторождений СССР М.: Недра, 1980. Т. 3.

2. **Инструкция** по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М.: Недра,1977.

3. **Хворостина А. А., Радченко В. И.** Особенности газоносности Эльгинского месторождения Южно-Якутского каменноугольного бассейна // Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. С. 32-35.

4. **Хворостина А. А.** Водород в природных газах угольных пластов Южно-Якутского каменноугольного бассейна // Материалы конференции, апрель 1994. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1996. С. 32-42.

5. **Хворостина А. А**. Водород и тяжелые углеводороды в природных газах угольных пластов Южно-Якутского каменноугольного бассейна: Препринт. Якутск: Изд-во ЯГУ, 2004. 54 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ: РАБОТЫ Ю. А. ЖЕМЧУЖНИКОВА

КОММЕНТАРИИ

Перу Ю. А. Жемчужникова принадлежит «…более 186 работ» [3], многие из которых долгое время оставались в полном смысле этого слова настольными руководствами для нескольких поколений геологов-угольщиков. Помимо учебных и учебно-методических пособий, не представляет особого труда выделить два главных вектора в его исследованиях: это петрология углей и литология и фациальный анализ угленосных толщ. Хотя первое направление, пожалуй, пользовалось большей привязанностью Юрия Аполлоновича, редколлегия выпускаемого сборника, исходя из его целевого характера, все же сосредоточилась на втором. В содержательной статье [3] данный вектор получил название «Литологическое изучение угленосных толщ». В последующем, применительно к слоистости осадочных толщ, наследие Ю. А. Жемчужникова было детально освещено его коллегой и последователем Любовью Николаевной Ботвинкиной – как в статье [1], так и в предисловии к работе [4].

Дополнять перечисленные работы, написанные людьми, работавшими с Ю. А. Жемчужниковым и имевшими возможность во временно́м отдалении оценить его творчество, нет особой необходимости. Поэтому мы посчитали возможным осветить воспроизведением отмечаемую дату по-иному, а именно – прямым (репринтным) воспроизведением некоторых работ юбиляра. Их выбор для составителя вызвал определенные затруднения и в целом достаточно субъективен, во многом будучи определенным ограниченностью объема помещаемого материала. В то же время по поводу двух первых статей принципиальных сомнений не возникло. Во-первых, это совершенно пионерная в своей области статья о косой слоистости, на значимость которой указал сам Ю. А. Жемчужников в своей автобиографии (см. статью В. И. Копорулина в данном сборнике). По сути из данной статьи выросло глубокое понимание значимости текстурного анализа для генетических (фациальных) реконструкций, на чем базируется методология фациально-циклических исследований. Во-вторых, это сообщение Ю. А. Жемчужникова на Геологическом угольном совещании 1944 г., в котором им были определены основные методологические основы фациально-циклического анализа (ФЦА) и вброшено яркое высказывание о том, что геологу-исследователю надо **мыслить циклами** – тезис, который и сегодня некоторым видится полемичным. В последующие годы методика ФЦА, наиболее ярко реализованная в ставшей классической работе по среднему карбону Донбасса [8], многократно обсуждалась [5], в некоторых аспектах диверсифицировалась [9], в целом показав свою жизнеспособность для всего многообразия осадочных толщ [2], в том числе уже в нынешнем веке – для глубокозалегающих нефтегазоносных отложений [7].

Что же касается воспроизведения статей из «Литологического сборника», то их выбор может быть и оспорен. Действительно, в свой шестой, высокопродуктивный период работы, Юрий Аполлонович написал большое количество статей, имеющих методологическую направленность. Ряд из них публиковался в рамках неофициальных и конструктивных дискуссий с Н. Б. Вассоевичем и Г. А. Ивановым. Наш выбор именно приведенных публикаций продиктован как их своего рода пионерностью, по сути во многом предвосхитившей известную Всесоюзную литологическую дискуссию, завершившуюся на Совещании 1952 г. [6], так и ориентированностью сборника, где они напечатаны, на проблематику нефтяной геологии (!). Постоянный читатель нашего Межвузовского сборника легко найдет здесь аналогию с его переформатированием из чисто «угольного» формата в нефтегазоуглегеологический.

Обратим дополнительное внимание на то, что эти две краткие публикации являются рефератами докладов, прочитанных в конце 1945 - начале 1946 гг. «на заседаниях Литологического кружка при Нефтяном институте». Последний в это время являлся своего рода «вотчиной» Л. В. Пустовалова. Этот замечательный литолог, являвшийся организатором и вдохновителем выше упомянутой Литологической дискуссии, не может быть заподозрен в каком-либо пристрастии к генетическим (фациальным) реконструкциям. Тем не менее сборник увидел свет, и в этом заключается своеобразный колорит времени, которое, как следует из данных материалов и конечного решения Всесоюзного литологического совещания, не всегда приводило к однозначной победе борцов с «тлетворным влиянием Запада».

Непреходящая злободневность рассматриваемого вопроса (применимости – неприменимости актуализма) может быть проиллюстрирована развернутой цитатой из работы виднейшего отечественного литолога В. Т. Фролова. Полемизируя с однобокостью в навязывании принципов тектоники литосферных плит (ТЛП), он указывает на следующее.

«Актуализм и униформизм, неоднократно разоблаченные геологами всего мира, …. снова стали главным методом и средством познания геоэволюции Земли. *Актуализм по своему смыслу антиэволюционен, он ведет лишь к униформизму, что и демонстрирует ТЛП.* Всю длинную историю Земли она представляет *по современному шаблону, нового не жди.* Сверх меры употребленный актуализм ведет в тупик, который все заметнее у ТЛП. Здесь сказывается непонимание геологии как исторической науки и игнорирование ее основного метода – историко-геологического подхода, при котором актуализму отводится роль частного метода в мелких сферах геопроцессов и обстановок, более или менее космополитных и инвариантных, как физические, химические или динамические (механические) законы, например законы волновой деятельности моря, гравитационной седиментации, вулканических извержений и т. д. Но с усложнением агломера-

ций актуализм перестает «наводить» на правильное понимание, становится все более опасным и противопоказанным. Вероятна даже возможность введения какой-то меры использования актуализма, сверх которой исторические построения на его основе не должны рассматриваться как серьезные. Менее односторонние *сравнительно-литологический* (курсив наш. – *О. Р.*), сравнительно-геохимический и другие сравнительно-геологические методы, в которые входит и актуализм, методологически более строги, хотя и они не всегда надежны при встрече с совсем новыми объектами и обстановками» [10].

Возьмем на себя смелость полагать – очень взвешенно и осторожно – что в сегодняшней литологии не помешала бы новая волна противодействия **безудержному** распространению простейших методологических приемов, в основном «западного образца», априорно не подлежащих проверке (по модельному принципу) либо сознательно такой проверке не подвергаемых. Именно об этих проблемных вопросах прозорливо писал Ю. А. Жемчужников более полувека назад, и, по нашему мнению, эти тезисы заслуживают осмысления из сегодняшнего «далекá».

Наконец, укажем, что репринтное воспроизведение статей Ю. А. Жемчужникова сопровождается и неким антуражем, позволяющим лучше почувствовать дыхание прошлых лет. Это обложки соответствующих изданий; их содержания (оглавления), а также комментарии разного вида и объема.

Отв. редактор

Библиографический список

1. **Ботвинкина Л. Н.** Генетическое значение слоистых текстур и метода текстурного анализа // Угленосные формации и петрология углей. Л., 1985. С. 45-51 (ТР. ВСЕГЕИ, нов. сер. Т. 332).

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

3. **Ботвинкина Л. Н., Вальц И. Э., Гинзбург А. И.** Юрий Аполлонович Жемчужников (1885-1957) // Выдающиеся ученые Геологического комитета – ВСЕГЕИ. Л.: Наука, 1982. С. 151-174.

4. **Жемчужников Ю. А.** Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 72 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 86).

5. **Иванов Г. А., Иванов Н. В.** Литолого-фациальные методы // Методы формационного анализа угленосных толщ. М.: Недра, 1975. С. 30-73.

6. **Совещание** по осадочным породам. Доклады. М.: Изд-во АН СССР. Вып. 1, 1952. 317 с.; вып. 2, 1955. 264 с.

7. **Строение** и корреляция отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 227 с.

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

9. **Тимофеев П. П.** Эволюция угленосных формаций в истории Земли. М.: Наука, 2006. 204 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 557).

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

Annales de l'Institut des Mines à Leningrade. Vol. VII.

ЗАПИСКИ
ГОРНОГО ИНСТИТУТА

Том VII

СОДЕРЖАНИЕ

(Sommaire v. page suivante).

	СТРАН.	ЦЕНА ОТД. ОТТ. РУБ.
От редакции	1	—
Памяти Е. С. Федорова	1— 2	—
Геодезия и Маркшейдерское искусство.		
Н. Г. КЕЛЛЬ. — К вопросу о вычислении ошибок измерения базиса усовершенствованным прибором Иедерина	3— 12	0.30
И. М. БАХУРИН. — Этюды по теории наименьших квадратов	13— 25	
Геология.		
Н. Н. ЯКОВЛЕВ. — Различные объяснения двусторонней симметрии кораллов Rugosa	27— 33	1.70
Ю. А. ЖЕМЧУЖНИКОВ. — Тип косой слоистости, как критерий генезиса осадков	35— 69	
Д. В. НАЛИВКИН. — О геологическом строении Южного Урала	71— 95	
А. К. БОЛДЫРЕВ и И. Ф. ГРИГОРЬЕВ. — Картирование месторождений полезных ископаемых (с картой главнейших полиметалльных месторождений Русского Алтая)	97—136	
Механика.		
Л. Б. ЛЕВЕНСОН. — Теория дробления и ее применение к щековым дробилкам	137—185	0.70

ЛЕНИНГРАД • 1926

Записки Горного Института Т. VII. 1926.
Annales de l'Institut des Mines à Leningrade. T. VII. 1926.

ОТ РЕДАКЦИИ.

В день празднования своего 150-тилетнего юбилея Ленинградский Горный Институт получает возможность после девятилетнего перерыва выпускать вновь свой научный орган. Основанные покойным Е. С. Федоровым „Записки Горного Института" выходили десять лет под бессменной его редакцией с 1907 по 1917 год. За это время облик журнала вполне определился: в нем печатались только статьи научного содержания и по временам биографии и характеристики наиболее выдающихся умерших деятелей науки, причастных к Горному Институту.

В дальнейшем, несмотря на изменение внешней формы и на переход к непериодическому появлению в свет, „Записки" сохранят тот же характер в смысле содержания.

Цель „Записок" — дружное, совместное с другими подобными же органами, содействие развитию наук, связанных с техникой горного и горнозаводского дела и с сопредельными областями естествознания. Научные силы Ленинградского Горного Института будут служить основой деятельности нашего органа.

Независимо от сего, всем питомцам Ленинградского Горного Института и всем вообще деятелям, работающим в научных и научно-технических областях, близких к изложенной программе, „Записки" будут охотно предоставлять свои страницы для сотрудничества.

Будем надеяться, что в дальнейшем у нас будет реальная возможность, более или менее полно, осуществить это сотрудничество.

Будем помнить, что без науки невозможна техника, без техники невозможна жизнь.

Настоящая книжка „Записок" выпускается нами ко дню юбилея Горного Института. Издание ее осуществлено в $1^1/_2$ месяца лишь благодаря энергичной работе в этом направлении Научного Химико-Технического Издательства. Редакция считает приятным долгом выразить Издательству в лице заведующего проф. М. А. Блох и ученого секретаря Е. Д. Воловой свою признательность за большую помощь в этом деле.

Редакционная коллегия.

1 мая 1926 года.

Записки Горного Института. Т. VII. 1926.
Annales de l'Institut des Mines à Leningrade. T. VII. 1926.

Тип косой слоистости, как критерий генезиса осадков.

Ю. А. Жемчужников.

Le type de la stratification entrecroisée, comme caracteristique de l'origine des sediments

par G. Jemtschujnikoff.

1. Возникновение вопроса.

Производя летом 1921 г. по поручению Геологического Комитета геологические исследования в южной части Подмосковного угольного бассейна, я столкнулся с явлениями косой (косвенной или диагональной) слоистости [1]), развитой в некоторых хороших обнажениях угленосной песчано-глинистой толщи. Более или менее детальные наблюдения над формами и характером косой слоистости дали мне повод поставить перед собой вопрос, не могут ли они служить критерием для распознания генезиса этой толщи.

Вопрос о генезисе угленосных отложений Подмосковного бассейна до сих пор не являлся предметом специального изучения геологов. Но уже давно установился взгляд, что указанные отложения образовались на дне большого залива [2]) русского нижнекаменноугольного моря. Ближе к этому вопросу подходит М. Д. Залесский, на основании микроскопического изучения строения углей. Факт нахождения здесь углей исключительно сапропелевого типа, так называемых, „курных" и богхедов, образующихся обычно в условиях озерных бассейнов, заставляет названного ученого признать, что площадь Подмосковного

[1]) Насколько мне известно, до сих пор диагональная слоистость в угленосной толще не была констатирована в литературе по Подмосковному бассейну.

[2]) Карпинский. Горный журн. 1880. IV.

залива „представляла собой в эпоху отложения угленосной свиты... сильно заболоченную низину, покрытую массой мелких озер и лагун с пресной или солоноватой водой. Эти водоемы представляли собой наследие предшествовавшей эпохи, когда в этих местах царило море и отлагался известняк“ [1]). Озера незаметно переходили в топи, а эти последние в озера. В окрестных зарослях терялась граница между сушей и морем. Эта картина, строго говоря, относится к моменту отложения почвы угольных слоев, послуживших материалом для изучения; но так как залежи угля в Подмосковном бассейне находятся на различных горизонтах песчаной толщи, то таковое толкование с известным правом можно распространить и на всю ее толщину. Однако, в виду пестроты возможных физико-географических условий, господствующих на такой заболоченной низине, покрытой озерами, лагунами и топями, иногда и затопленной морем, возможно предполагать большое фациальное разнообразие осадков. Здесь могут быть мелководные песчаные отложения отмелей эпиконтинентального моря, лагунные осадки, отложения морских или озерных дельт, береговых дюн, речных или внезапных потоков, наконец, озерные (к которым относятся и отложения углей) и т. п., т. е. могут встретиться различные фации морских и континентальных отложений.

Мне казалось, что указание на то или иное происхождение песчаных осадков можно почерпнуть и из изучений косой слоистости, если возможно будет установить в ней своеобразные черты для каждого генетического типа осадков.

2. Общий характер угленосной толщи.

Прежде, чем перейти к описанию моих наблюдений, следует сказать несколько слов относительно некоторых общих, более или менее установленных прежними наблюдениями, особенностей песков угленосной толщи. Первое, что бросается в глаза при многократном наблюдении по всему бассейну—это полное отсутствие прослойков гравия, гальки и валунов, вообще весьма грубозернистого материала. В большинстве случаев размер зерен песка не превышает одного миллиметра, а чаще и десятых долей его.

Во-вторых—более мелкозернистые и более белые, лишенные железистых примесей пески залегают чаще в верхней части толщи, где она не смыта. В нижней части их сменяет свита более грубых и полосатых желто-красных песков, проникнутых водной окисью железа.

---

[1]) М. Д. Залесский. Очерк по вопросу образования угля. П. 1914. стр. 83.

В третьих—мощность всей песчаной толщи меняется даже на небольших расстояниях и исчисляется цифрами от 12 до 40 метров[1]). В известных (по скважинам) разрезах Епифанского уезда, где на угленосную толщу налегают известняки с Productus giganteus или пески рязанского горизонта, угленосные отложения не превышают 35 метров.

3. Описание обнажений с косой слоистостью.

Перехожу к наблюдениям этого года.

Обнажения №№ 11, 12 и 13—боковые левобережные вымоины оврага, начинающегося у д. Николаевки и впадающего у д. Грязновки. Глубина оврага около 26 метров.

№ 12—представляет следующий разрез под почвенным слоем (см. рис. 1).

1. Песок охристо-желтый . . . . . 1,5 м.
2. Песчаник желтый железистый с прослоями песка . 0,3 „
3. Песок-песчаник охристо-желтый с косой слоистостью 1,8 „
4. Песок более светлый с сильно выраженной косой слоистостью и поперечными прожилками из бурого глинистого песка, более . . . . . 8,0 „

Весь разрез около 12 метров

В характере косой слоистости могут быть отмечены следующие черты. 1) Косые слои чередуются с пачками слоев песка или песчаника с отчетливой горизонтальной слоистостью, выдержанными во всем разрезе. 2) Косые слои залегают сериями, в которых они параллельны между собой, но одна серия с известным направлением срезает другую с иным направлением падения слоев. 3) Косые слои обнаруживают вверху (у кровли из горизонтальных слоев) резкий контакт и несогласие, а книзу контакт не всегда ясен, так как мешают осыпи песка; в некоторых же случаях довольно резкий. 4) В общем, одно направление наклона является преобладающим. 5) Бурые прожилки не нарушают косой слоистости, что заставляет считать их происхождение вызванным последующим заполнением образовавшихся в песчанике трещин.

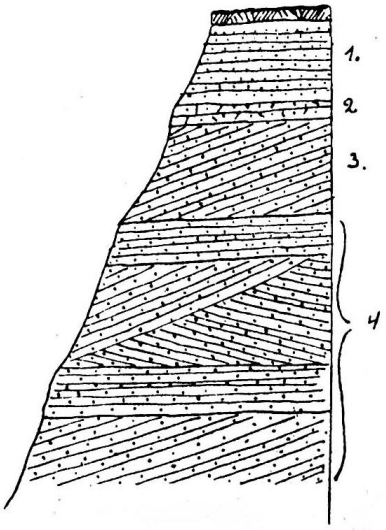


Рис. 1. Обн. N12

[1]) В пределах рудничной полосы.

№ 13. В соседнем небольшом отвершке наблюдается переслаивание охристых и розовато-лиловых песков с песчаниками. И те, и другие с отчетливой диагональной слоистостью, типичный вид которой изображен на рисунке (см. рис. 2). Здесь срезывающие горизонтальные слои всегда параллельны друг другу.

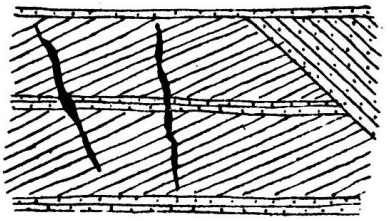


Рис. 2. Деталь обн. N13

№ 33. В соседнем овраге, в боковом отвершке при соединении его с предыдущим (см. рис. 3) имеем:

1. Почвенный суглинок . . . . . 0,25 м.
2. Бурый суглинок . . . . . 0,85 „
3. Песчаники красноватые, то более плотные, то более рыхлые, с косой слоистостью . . . . . 1,5 „
4. Пески желтовато-белые с косой слоистостью . . . . . 2,0 „
5. Пески охристо-желтые (косой слоистости не видно) . . . . . 3,0 „
6. Глина темно-серая (сизая) . . . . . 1,2 „

Вся толща 8,80 метра.

В косой слоистости наблюдаются следующие черты:

1) Угол наклона косых слоев до 15°. 2) Вполне горизонтальных слоев вообще нет. 3) Наклон в большинстве случаев в одну сторону, а различие в углах падения может быть объяснено различием в плоскостях разреза. 4) Косые слои небольшой мощности и прямоли-

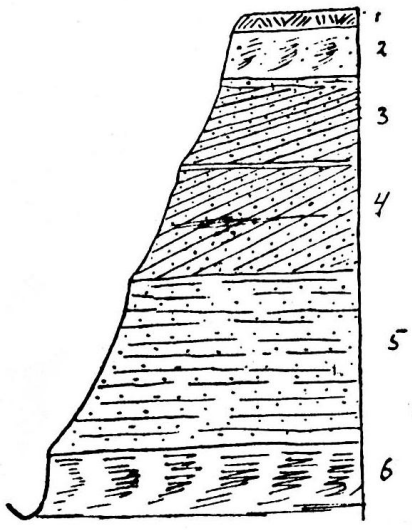


Рис. 3. Обн. N33

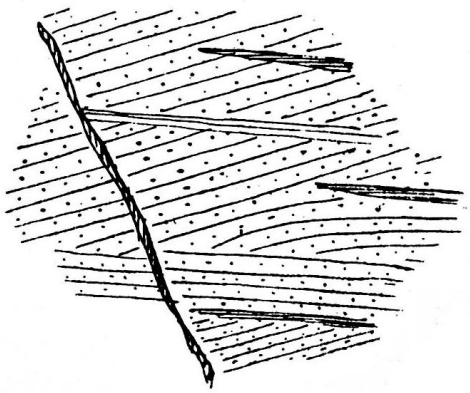


Рис. 4. Деталь обн. N33

нейны. 5) Поперечная трещина заполнена бурым сцементированным песком. 6) Имеются и прослои еще более сцементированного бурого песчаника, близкие к горизонтальным (см. рис. 4). 7) Только в одном месте мною зарисованы косые слои с перемежающимися параллельными горизонтально-пластующимися слоями (см. рис. 5).

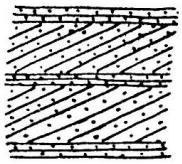


Рис. 5. Деталь обн. N 33

№ 65. Обнажение у р. Мокрой Таболы в 2-х верстах выше с. Бучалок. Левый берег.

Здесь в боковом отвершке виден следующий разрез (см. рис. 6).

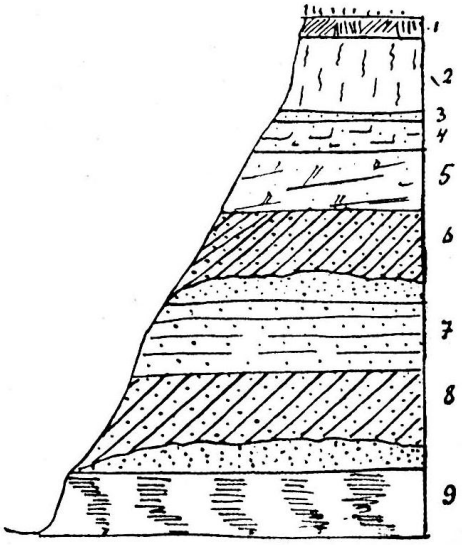


Рис. 6. Обн. N 65

1. Чернозем . . . . . 0,50 м.
2. Лессовидный суглинок с кротовинами и журавчиками . . . . . 0,75 „
3. Песчаник желтый рыхлый . . . . . 0,17 „
4. „ красно-бурый твердый . . . . 0,70 „
5. „ более светлый с темнобурыми полосами и отчетливой косой слоистостью . . . . . 1,40 „
6. Пески и песчаники желтые и белые . . 2,10 „
7. Песчаник красно-бурый . . . . . 1,70 „
8. Песчаники и пески желтые, светлые с косой слоистостью . . . . . 2,25 „
9. Глина углистая черная, более . . . . . 1,40 „

10,97 м.

Можно отметить еще некоторые особенности:

1) Наклон косых слоев около 45°, почти одинаковый в 6-м и 8-м слоях, и отдельные слои в каждой серии параллельны друг другу. 2) Наклон косых слоев в 5-м—весьма пологий, до 5°. 3) Контакт и несогласие между 5-м и 6-м, 7-м и 8-м резкие. 4) Горизонтальные слои 7-го состоят из более грубого материала, хотя на глаз эта разница почти незаметна, ибо весь песок сравнительно мелкий[1]). 5) Слоистость

[1]) Механический анализ этих песков показывает, что их зерна не превышают 0,3 m/m в диаметре,. а большинство зерен находится в пределах 0,1—0,2 m/m.

косых слоев заметна благодаря неодинаковой окраске их, но различия материала по величине зерен в последовательных прослойках не наблюдается. 6) Направление уклона слоев в разрезе в одну сторону. 7) Нижние части косых серий в 6-м и 8-м закрыты осыпью, так что контакта их с ниже-лежащими слоями не видно. 8) В видимой части обнажения наклонные слои строго прямолинейны.

В некоторых других случаях обнажения песчаных пород угленосной толщи не обнаруживают, однако, косой слоистости, иногда вовсе неслоисты, а иногда в них можно наметить более или менее мощные свиты песков, различимых, главным образом, по цвету.

4. Литература о косой слоистости.

Несмотря на то, что интересующее нас явление—косая слоистость наблюдается весьма часто, в литературе мы находим весьма немного более или менее достаточных его описаний. Обычно же геолог удовлетворяется констатированием факта диагональных слоев, изредка сопровождая его фотографией, а еще реже эскизом. Классификацией же типов косой слоистости занимались до сих пор, насколько мне известно, лишь два автора: А. Грабау (**17**, 295—6, **19**, 400—404, **20**, 701—706) в Америке и К. Андре (**2**, 382—397) в Германии. На самый вопрос, не может ли косая слоистость дать ключ для выяснения генезиса отложений, оба названные автора смотрят различно.

Грабау склонен выделять генетические типы косой слоистости, стремясь подвести под них разнообразие имеющихся фактов. При этом в 1907 г. он предложил различать два типа [1]), а в 1913 г. три основных типа косой слоистости, именно: дельтовый, тип потоков и эоловый. Первый, свойственный речным дельтам, по его мнению, характеризуется однообразным наклоном диагональных слоев в одной серии и, особенно, большой величиной угла этого наклона, а также присутствием горизонтальных слоев в кровле и почве косой серии.

Второй тип, наблюдающийся в отложениях периодических потоков, отличается однообразием косых слоев небольшой мощности (длина) в последовательных сериях, разделенных горизонтальными отложениями. Наконец, третий—эоловый тип, который является особенностью дюн и барханов, выделяется косой слоистостью, весьма изменчивой по углу и направлению наклона как в одних и тех же, так и в последовательных сериях, и обычным отсутствием разделяющих горизонтальных серий.

---

[1]) К сожалению, этой работы мне достать не удалось.

О косой слоистости прибрежно-морских и типично-речных отложений Грабау не упоминает.

Совершенно иначе подходит к этому вопросу Андре. Он справедливо указывает (2,394), что для выяснения характера косой слоистости необходимо принимать во внимание не только внешнюю форму ее, но также и целый ряд других свойств, а именно, максимальный угол наклона, направление наибольшего падения по отношению к странам света, величину зерен и форму компонентов, мощность и пр.

Однако, разбирая отдельные элементы косой слоистости, Андре констатирует, что ни угол наклона, ни любой из других перечисленных выше признаков в отдельности не может являться решающим для отнесения отложений к тому или иному типу, так как в каждом из них можно наблюдать значительные колебания этих величин. Отсюда автор переходит к отрицанию самой возможности для настоящего момента выделения генетических типов косой слоистости. Приводимая им классификация косой слоистости на: 1) простую косую, 2) диагональную и 3) перекрещивающуюся (kreuz-schichtung)—является чисто морфологической и вовсе не учитывает те элементы, которые Андре сам же считает существенными для характеристики явления.

5. Критика воззрений Андре и новая точка зрения.

Если бы косая слоистость в каждой фации определялась совершенно отличным самостоятельным фактором (волны, течения воды, ветра и пр.), то разграничение ее типов не представляло бы затруднений, и задача легко бы разрешалась экспериментальным путем. Но так как в образовании косой слоистости и материала косых слоев в море, в реке и в дельте могут принимать участие все эти факторы в разной мере, то эксперименты, выясняющие эффект того или другого фактора, могут иметь здесь лишь ограниченное значение,— именно, как некоторое наведение при изучении фактов. Из сказанного следует, что в интересующем нас явлении нельзя ждать открытия признаков абсолютно свойственных тому или иному фациальному типу отложений. Речь может итти только о большей или меньшей вероятности их проявления в различных типах, что приводит к статическому подходу к фактическому материалу.

Поэтому аргументация Андре мне кажется недостаточно убедительной. Несомненно, тот или иной угол наклона косых слоев, вообще говоря, не является присущим определенному типу косой слоистости, но отсюда отнюдь еще не следует отрицательного вывода Андре.

Ведь каждому типу отложений может соответствовать большая или меньшая вероятность известного максимального угла наклона и

вообще известная вероятность развития и степени проявления того или другого признака. При этом, если констатирование каждого из них в отдельности не может служить решающим доводом в пользу отнесения к данной группе отложений, то известная совокупность нескольких из этих свойств даст уже большую степень вероятности такого отнесения, в некоторых случаях граничащую с достоверностью.

Так, например, крутой угол наклона в 45° еще не решает вопроса о том, что данный осадок образовался в условиях дельтовых отложений, ибо крутой наклон, как увидим ниже, встречается, как правило, и в отложениях периодических потоков; но в связи с большой мощностью косой серии и наличностью более грубозернистых горизонтальных слоев в кровле ее — такое предположение приобретает весьма большую вероятность.

Таким образом, задача сводится к тому, чтобы выяснить, на какие свойства косой слоистости следует обращать внимание, т.-е. какие ее признаки являются руководящими. Затем необходимо объективным образом определить наиболее вероятные значения этих признаков для каждого генетического типа отложений, изучая их на осадках, происхождение которых точно известно по другим данным.

Тогда имея перед собой частный случай, мы можем убедиться, что из всех его признаков косой слоистости m свойств совпадает с одним типом, n с другим и т. д., при чем эти числа (разумеется только при равноценности признаков, а при разном их удельном весе можно ввести соответствующие коэффициенты) будут указывать относительную вероятность принадлежности к тому или иному типу [1]).

6. Руководящие признаки косой слоистости.

Некоторые из них упоминаются уже Андре, указывающего, как мы видели, на их значение для будущей классификации; другие отмечены в характеристике Грабау, третьи разбросаны в различных описаниях явления. Не останавливаясь подробно на аргументации в пользу каждого из свойств косой слоистости и сводя все воедино, я прихожу к тому перечню руководящих признаков, которые приведены в первом столбце прилагаемой таблицы (стр. 60—63). При этом считаю нужным отметить лишь следующее. Описания могут относиться как к наблюдениям в разрезе, так и к наблюдениям в плане. Вторые являются уже сопоставлениями первых. Наблюдения в разрезах могут касаться

---

[1]) Здесь мы имеем проявление закона вероятности одной общей причины, который состоит в том, что вероятность общей причины (генезиса) тем выше, чем больше количество совпадающих признаков явления.

или внешнего характера слоистости, элементом которой является отдельная серия первично-косых или первично-горизонтальных слоев, или внутренней текстуры отложения, т.-е. характера, формы и состава компонентов (зерен). Следует обращать также внимание на характер и сохранность окаменелостей, если таковые встречаются.

Таким образом, мы имеем здесь как бы анкету, которую должен заполнить геолог, имеющий дело с явлением косой слоистости, причем большинство наблюдений должны быть сделаны на месте в поле и дополнены изучением обдуманно и целесообразно взятых образцов пород [1]).

Обычно там, где описания сопровождаются фотографиями, уже не приводятся схематические рисунки косой слоистости от руки, что, по нашему мнению, является существенным упущением. Действительно, на фотографии часто нежные элементы слоистости бывают затемнены случайными светотенями рельефа обнажения. Поэтому эскиз (с показанием масштаба), сделанный наблюдателем хотя бы по фотографии или с натуры, поможет и лучше оттенить существенное в снимке, и легче оценить масштаб различных элементов явления.

7. Объективный и субъективный выбор значений руководящих признаков.

Когда мы будем иметь дело с фактическим материалом, собранным по единообразному плану, напр., по предложенному в настоящей статье, то это позволит разработать его чисто статистически, подойти к проявлению каждого признака с количественной стороны и установить таким образом, более или менее объективно (т.-е. количественно) вероятность тех или иных значений этих признаков для каждого типа отложений (напр., определенного угла наклона). Следовательно, только тогда впервые возникнет возможность создать объективную генетическую классификацию различных типов косой слоистости.

К сожалению, в существующей литературе о косой слоистости сколько-нибудь полных описаний почти не имеется, а существующие описания для каждого типа немногочисленны, неполны и разнородны, а потому и трудно сравнимы.

Таким образом, в настоящее время возможна лишь субъективная генетическая классификация косой слоистости, т.-е.

[1]) Как это сделается ясным из дальнейшего изложения, образцы песков следует брать из различных частей одного и того же слоя в косой серии и из соседних горизонтальных серий в кровле и почве косых слоев и вообще при всяком заметном изменении в величине и характере зерен песка.

основанная на субъективном выборе характерных черт отдельных типов. Этот выбор базируется не на обработке большого количества однородных наблюдений, в которых возможно проявление „закона больших чисел", а на фиксировании отличий, почерпнутых из описания наиболее характерных типичных случаев. Заранее учитывая все несовершенство подобного метода и предвидя в дальнейшем значительное видоизменение полученной таким образом схемы, я все же настаиваю на ее необходимости, как рабочей гипотезы, как первого приближения к разрешению поставленной задачи. Схема, которая приводится ниже в виде таблицы, является предварительной и при последующем накоплении точного фактического материала естественно преобразуется как в сторону дополнения, так, возможно, и в направлении ее упрощения.

В дальнейшем изложении я постараюсь эту схему обосновать на имеющихся и известных мне немногочисленных описаниях, принимая во внимание и общие соображения о характере действующих агентов, и опытные данные, касающиеся образования осадков.

8. Главнейшие типы осадков с косой слоистостью.

По имеющимся данным явление косой слоистости наблюдается, главнейше, в следующих типах осадков:

1) в эоловых отложениях (дюнах и барханах);
2) „ отложениях периодических потоков;
3) „ речных отложениях;
4) „ дельтовых „ ;
5) „ прибрежно-морских отложениях.

Кроме того, они встречаются в отложениях аллювиального выноса горных рек и ледникового выноса (флювио-гляциальных). Можно ли косую слоистость этих двух последних типов отложений выделить в самостоятельные типы или рассматривать первую, как разновидность слоистости дельт, а вторую, как частный случай слоистости речной— сейчас не представляется достаточно выясненным за недостатком соответственных наблюдений. Поэтому мы пока воздержимся от их характеристики и рассмотрим здесь только пять вышеприведенных типов отложений.

9. Эоловый тип.

На косую слоистость в современных дюнах давно уже было обращено внимание [1]), и в первое время самый факт нахождения

[1]) См., напр., Соколов, Н. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПБ. 1884.

косых слоев уже трактовался, как указание на эоловое происхождение осадка. Так, напр., Борнеман [1]) в 1885 г. приписывал такой генезис всей толще пестрого песчаника. В 1880 г. Бриар, описывая „перекрещивающуюся слоистость" (**7**, 586—588, stratification entrecroisée) аптских песков Samer в связи с наблюдением над дюнами Фландрии, ставит вопрос „не было ли сделано наблюдений", помогающих различить „осадочное происхождение" косой слоистости от эолового?

Бриар констатирует, что в дюнах косая слоистость является результатом наклонных и почти параллельных поверхностей, более или менее вогнутых, причем вогнутость всегда направлена кверху. Эти поверхности внезапно прерываются и как бы выщербляются другими налегающими слоями, идущими в ином направлении.

Косая слоистость присуща всей массе эоловых (дюнных) отложений, тогда как для других типов она составляет более или менее случайное явление.

Прослойки глин, гравия или торфа изредка могут быть в дюнах, как следы бывших прудов, что можно видеть в современных дюнах у Ньюпорта.

В последующей за докладом Бриара дискуссии Ван-ден-Брек (**7**,589) отмечает, как характерное отличие эоловых образований— постоянство величины зерен в одном слое, что и естественно, т. к. определенной силе ветра соответствует совершенно определенная величина приводимых в движение зерен.

Кроме того, древние дюны, как и современные, характеризуются своим особым положением по отношению к распространению морских, флювио-морских и континентальных отложений.

Он указывает также на обычное отсутствие органических остатков в дюнах; а если они, как редкое исключение, и встречаются, то по степени их сохранности можно отличить дюнные отложения от лагунных. В последних чаще и прослойки глин.

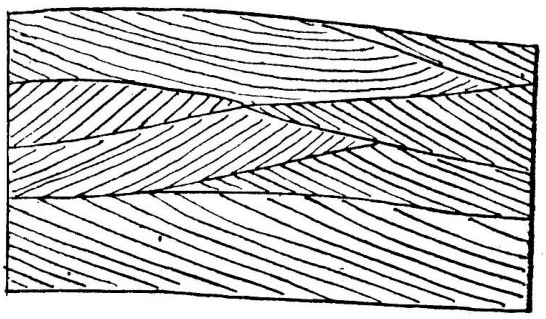


Рис. 7. Эоловый тип (по Грабау)

Францен (**13**,138—176), подробно анализируя косую слоистость пестрого песчаника и возражая против того утверждения, что он представляет из себя отложения дюн, отмечает

[1]) Bornemann, I. G, — Jahrb. d. k. Preuss. geol. Landesanstalt., 1885 p. 267.

две, по его мнению характерные особенности последних: во-первых, дюнная косая слоистость более неправильная, запутанная, чем другие ее типы; во-вторых, осадки эолового происхождения никогда не дают расчленения на отчетливые банки.

Много наблюдений над слоистостью дюн сделал Вальтер (29,519), который между прочим показал, что в результате последовательного срезывания и мигрирования дюн может получиться многоярусная антиклинальная или синклинальная структура (см. рис. 8).

Грабау (18,997-9), касаясь генезиса различных типов континентальных осадков, отмечает, кроме самой формы эоловой косой слоистости, еще некоторые признаки эоловых отложений: 1) чистоту материала, главным образом, кварца, 2) хорошую сортировку—зерна почти одинаковой величины и 3) их более или менее совершенную округленность.

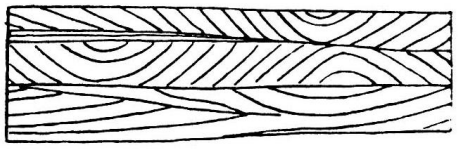


Рис. 8. Эоловый тип. Мигрирующие дюны. (по Вальтеру)

Huntington (23,214—216) опровергает иные объяснения происхождения белых песчаников каньона Kanab, кроме эолового, имея ввиду большую мощность отдельных серий косых слоев (до 50 футов), а также широкое распространение на тысячи квадратных миль. Этот масштаб явления не допускает, по его мнению, представления о речном или прибрежно-морском генезисе этих отложений в результате деятельности волн. Последнее допущение вело бы к предположению о 50 футовой глубине воды, на которую распространяется действие волн, передвигающих обширные и мощные толщи песка, а это мало вероятно.

Huntington обращает внимание на то, что здесь косые слои, гладко и резко срезанные при вершине, имеют наклон до 25°, а при приближении к основанию серии наклон постепенно уменьшается, и слои делаются касательными к плоскостям напластования нижележащих слоев. В тех случаях, когда такие пачки косых слоев разделяются как будто бы горизонтальными и параллельными слоями, при ближайшем рассмотрении оказывается, что они образованы нижними частями (касательными) косых слоев, срезанных новой серией. На это явление еще ранее было указано Девисом (10,8), описавшим эти интересные отложения с характерной косой слоистостью [1]).

---

[1]) Баррель (4,433—434), Грабау (20,705), а за ним Kayser (24,195), ошибочно приписывают это наблюдение Huntington'y. Однако, первое и вполне отчетливое указание на такой характер тех же слоев дает Девис. Но,

Huntington (**23**,216) сам не считает свое мнение об эоловом характере этих осадков окончательно доказанным и полагает, что вопрос нуждается в дополнительных исследованиях. Но если признать вероятным такое происхождение, то интересно отметить некоторые характерные черты слоистости белых песчаников, описанных Девисом и Huntington'ом. Они указывают на: 1) преобладание одного направления наклона слоев, 2) однородность и мелкозернистость слагающих их кварцевых зерен, 3) полное отсутствие волноприбойных знаков, 4) ровность и горизонтальность усекающих плоскостей.

Наконец Грабау в 1907 г. (**17**,295—296), в 1910 (**18**,997 — 999) и в 1913 г. (**20**,690 и 701—706) делает попытку суммировать признаки различных типов косой слоистости, Один из них—эоловый—характеризуется изменчивостью косых слоев по углу и направлению как в одной, так и в последовательных сериях. Другая особенность эоловой слоистости состоит в том, что она обнаруживается, главным образом, различной величиной зерен в последовательных слоях, в связи с изменением скорости ветра, которому дюна обязана своим происхождением.

В 1910 г. Kindle (**15**,225—230), полемизируя с Грабау, выставил возражение против возможности принимать косую слоистость („cross-bedding") и отсутствие ископаемых за непреложный и окончательный критерий континентальных отложений, признав эти признаки недостаточными, ибо косая слоистость одинаково свойственна как морским, так и неморским отложениям. Признавая справедливость высказанных американским ученым соображений по существу, нельзя не отметить, что выдвигание их против Грабау, до известной степени основано на недоразумении. Ибо ни Грабау, ни кто-либо другой из исследователей, рассматривающих косую слоистость в качестве генетического критерия осадочных образований, не считал доказательным самый факт наличия или отсутствия cross-bedding, но нахождение определенного типа ее. Однако, недостаточность фактического материала и неоднородность наблюдений являлись препятствием для его обобщения. Баррель в 1912 (**14**, с. 433), констатируя это обстоятельство, указал на необходимость более совершенной постановки сравнительного изучения различных типов косой слоистости, чем это делалось до сих пор. Этой постановки изучения мы уже касались несколько выше.

разумеется, могли быть указания на это и раньше. Девис, между прочим, подчеркивает правильность и параллельность слоев каждой серии, дает фотографии, но, к сожалению, не дает схемы косой слоистости.

Постараемся резюмировать отличительные черты эоловых отложений, поскольку они вытекают из наблюдений над слоистостью современных и ископаемых дюн.

A. По характеру косой слоистости эоловые пески отличаются:

1) широким распространением и обязательностью косой слоистости,

2) большим возможным масштабом (мощностью) как отдельных серий [1]) косых слоев, так и всей толщи,

3) отсутствием строго горизонтальных серий между группами косых слоев,

4) частым и неправильным срезыванием косых слоев одного направления другим направлением; вообще скорее неправильной и запутанной слоистостью,

5) разнообразием углов и направлений падения,

6) преобладанием пологих углов наклона, в особенности при основании (от 0° до 30°),

7) вогнутостью, а иногда и выпуклостью кверху косых слоев (мигрирующие дюны),

B. По характеру текстуры:

1) однообразием зерна в слое (совершенная сортировка),

2) разнообразием в различных слоях,

3) в общем тонкозернистостью,

4) чистотой материала и отсутствием рыхлых илистых частиц в общей массе,

5) округленностью и вообще хорошей шлифовкой зерен.

Таким образом эоловые отложения являются сравнительно хорошо изученными и дают ряд характерных и легко констатируемых отличий, раскрывающих генезис осадков.

10. Тип периодических потоков.

Развит, главным образом, в сухих и жарких странах с резким поверхностным рельефом.

Характер косой слоистости в отложениях этого типа был наблюдаем Гоббзом (**21**, 285—294) и принят Грабау, как один из главных типов косой слоистости. Его отличительные особенности заключаются в том, что между почти горизонтальными слоями мелкого песка залегают слои, наклоненные почти под одинаковым и относительно крутым углом к включающим его слоям. Следующие друг за

[1]) Вообще единицей при описании и изучении косой слоистости следует считать серию или пачку первично-косых (или первично-горизонтальных) слоев, т.е. группу слоев с б. или м. однородным направлением наклона.

другом диагональные слои более грубой и неоднородной текстуры имеют наклон в одном направлении, совпадающем с направлением течения. Несогласие заметно как в кровле, так и в почве косых слоев, отложение которых соответствует деятельности бурных периодических дождевых потоков, тогда как гораздо более тонкозернистые слои горизонтальных слоев отвечают периодам относительного покоя и, вероятно, имеют озерное происхождение. Эта структура описана Гоббзом из современных отложений периодических потоков Калабрии и из формации Guadix в Гранаде, происхождение которой обязано, повидимому, смене условий сухого и дождливого времени года в сухой (пустынной) области с резким рельефом.

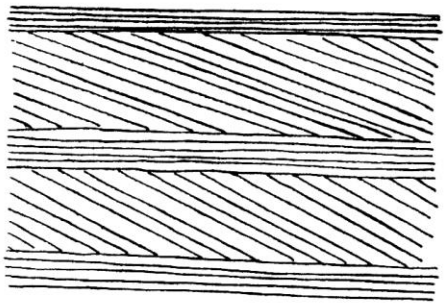


Рис. 9. Тип потоков (по Toddzy)

В Калабрии материал косых слоев более грубый, разнородный и включает валуны различного петрографического состава до 1 фута в диаметре. Горизонтальные слои выделяются по тонкому материалу, из которого они состоят [1]).

Таким образом, этот тип в чистом виде характеризуется следующими признаками:

1) многоэтажное чередование горизонтальных и наклонных слоев,

2) промежуточные горизонтальные слои строго параллельны в последовательных сериях и состоят из более тонкого и более однородного материала,

3) косые слои из более грубого и разнородного материала обычно ограниченной длины (не более 6 фут),

4) угол наклона зависит от грубости материала, но всегда относительно крутой (до 45°),

5) наклон последовательных слоев более или менее одинаков и

6) направлен в одну сторону.

11. Речной тип.

Если осадки отложились в русле реки, то главным агентом, производящим косую слоистость является изменение скорости течения (не непременно потеря скорости, как в дельте), отлагающего осадки на неровной поверхности дна. Для наших рек моментом наиболее рази-

[1]) Грабау (20. 701—706) почему-то не останавливается на отмеченной Гоббзом текстуре горизонтальных и наклонных слоев этого типа, что, однако, имеет весьма существенное значение для определения генезиса.

тельного изменения в скорости течения является период половодья, несущий мутные воды и обусловливающий усиленную эрозию и последующее отложение.

Для характеристики весьма разнообразной косой слоистости речных отложений—от грубых конгломератов горных и быстрых речек с сильным падением до тонкозернистых песчаных отмелей болотных, равнинных, часто меандрически изогнутых рек—мы воспользуемся описанием Франценa (**13**, 142—147), Барреля (**4**, 432 и др.) и характеристикой Траубриджа (**27**, 423—5). Здесь нас интересует лишь второй случай, типичный для равнинных рек, тогда как первый очевидно приближается по условиям к рассмотренному уже выше типу косой слоистости потоков.

Франценв 1892 году подробно описал любопытные песчаные отложения ледникового периода из окрестностей Мейнингена, несомненного речного происхождения, что явствует из связи с древними террасами речной долины. Залежи песка разделены на отдельные горизонтальные пачки (Lagen) правильно диагонально-слоистые. Слойки имеют в среднем 0,3—0,4 м. мощности. Некоторые из них быстро выклиниваются. Слоистость (Streifung) заметна по различию в величине зерен и по различию цвета. В описываемом месте направление слоистости во всех пачках идет правильно по течению реки, так что максимальный склон совпадает с направлением прежнего ложа реки, не превышая в среднем 23° и в отдельных случаях 30°.

„Каждый косой слой в верхней своей части начинается очень резко и круто, сохраняя свой наклон на большей части протяжения, но вблизи нижней поверхности делается все положе и постепенно переходит в горизонтальную поверхность (с. 145). Способ образования такой слоистости представляется совершенно ясным. Каждая волна увлекает за собой соответствующее ее живой силе количество песка и ила и, при движении сортируя материал по величине зерен, вновь оставляет его, как только живая сила уменьшается, при чем падающая масса при движении получает уклон, отвечающий углу естественного откоса материала и обусловленный величиной зерна".

„Гюмбель именно по этому назвал удачно диагональную слоистость „периклинальною слоистостью" (übergussschichtung)".

Такая правильность косой слоистости вызывается ненарушенным, спокойным течением вод, что конечно не является правилом. Препятствиями для правильного течения являются: отложения гальки и песчаные отмели в русле реки, сужения и расширения ложа, меандры' впадающие притоки и пр. Всякая новообразованная отмель песка или гальки обычно изменяет положение фарватера реки. Этим естественно вызываются частые перемещения уже отложившихся осад-

ков. Так происходят слои с выклинивающимися поверхностями и мульдообразные накопления песка внутри прежних песчаных образований, в которых отложенный песок может иметь иное направление слоистости. Как исключение, может произойти обратное течению реки направление уклона.

Прилагаемая Франценом фотография показывает меняющееся направление слоев в середине и на правой стороне ее, при одном преобладающем и соответствующем направлению потока наклоне в остальной части.

Описание Францена является одним из самых полных, и вместе с иллюстрациями оно дает отчетливое представление о типе.

Баррель (**4**, 432) указывает между прочим, что косая слоистость речных песков является в результате смывания и заполнения протоков и перемещения отмели вниз по течению; склоны косых слоев обыкновенно круты, от 15° до 30° градусов. Несмотря на значительные колебания все же имеется тенденция косых слоев падать в одном направлении. Часто подобная слоистость весьма прерывиста, что указывает на неравномерность течения. Мощность одной пачки косых слоев речного происхождения нормально ограничена немногими футами и в этом отношении отлична от косой слоистости, которая происходит в результате мигрирующих дюн.

Траубридж (**27**, 423) дает следующую характеристику флювиальных отложений.

1. Относительно тонкий материал, хотя некоторые аллювиальные выносы (fans) заключают большие валуны.
2. Текстурная разница большая (fans) или небольшая (floodplains).
3. Только грубая сортировка.
4. Линзы и карманы.
5. Распространение полосовое.
6. Плоскости напластования наклонены в одном общем направлении, хотя могут и слегка отклоняться от него.
7. Углы этого падения пологие, варьируют чаще всего до 18°.
8. Осадок утоняется равномерно по мощности в направлении расхождения падения.
9. Материал в литологическом отношении довольно разнообразный.
10. Обломки угловаты или слегка округлены.
11. Ископаемые редки и притом наземные формы.

„Линзовое и карманное сложение" прибавляет Траубридж (**27**), повидимому, исключительно свойственно речным отложениям.

Сводя вместе отмеченные особенности этого типа можно наметить наиболее существенные отличия от описанного Гоббзом по-

4*

токового типа косой слоистости, обязанного крайнему проявлению действия течения, как агента седиментации.

Во-первых, менее грубый, более обработанный водой и отсортированный материал, часто более однородный по величине, но менее однородный по происхождению компонентов.

Во-вторых, менее крутая и более правильная косая слоистость и отсутствие разделяющих промежуточных горизонтальных слоев и т. п.

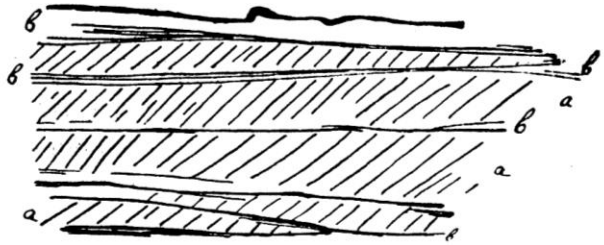


Рис. 10 Речной тип
а. - Слои битой ракуши и пр.
в. - Прослои глины.

Разумеется, речные отложения могут обнаруживать всевозможные переходы между обоими типами.

Хорошие рисунки косой слоистости отложений, обязанных деятельности текучих вод и дающих представление о типе, приводятся у Geikie Text-book of geology, p. 636—8, из которых я заимствую два (см. рис. 10 и 11).

12. Дельтовый тип.

Образование и строение дельт было изучено Креднером (1878 г., **8**), а в последнее время американскими учеными, главным образом, Баррелем (**4**,377—446) и Грабау (**19**,399—528) как над современными, так и над ископаемыми осадками.

Дельтовые отложения являются осадками текущей воды (реки) в массе стоячей воды (озера или моря). Дельта является победой речного отложения над разрушительною деятельностью приливов, волн и течений, и ее место и распространение определяется относительным значением противоположных процессов. Приливы, вообще говоря, препятствуют образованию дельт, которые поэтому легче образуются в озерах и внутренних морях, чем в океанах.

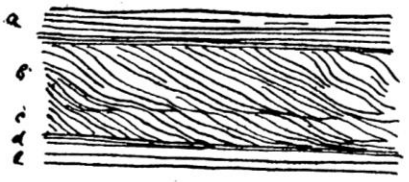


Рис. 11. Речной тип

Отложения дельт состоят из серии косых слоев, мощность которых может доходить до нескольких сотен футов, — и срезывающих их несогласно вверху горизонтальных слоев. Косые слои или fore-set beds отлагаются сильными, теряющими свою скорость, течениями на растущем фронте дельты при переходе в стоячую воду озера. Они срезываются

сверху горизонтальными слоями или „top-set beds“ из более грубого материала. Уклон последовательных косых слоев изменяется по направлению к внешнему краю дельты, а в каждом слое уменьшается от кровли к почве, переходя постепенно в горизонтальные или почти касательные к подлежащему горизонту „bottom-set beds“

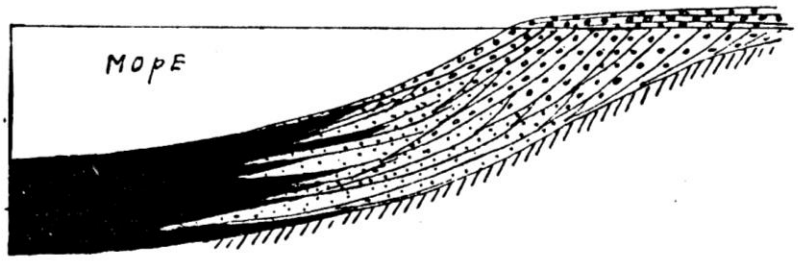


Рис 12. Разрез дельты (по Кайзеру)

(см. рис. 12 и 13), которые отличаются более тонкозернистым, чаще глинистым материалом. В каждом таком косом слое зерна грубее в верхних частях и постепенно уменьшаются книзу.

Если после отложения дельты уровень озера повышается, то может образоваться новая дельта и, следовательно, два яруса диагональных слоев, разделенных горизонтальными слоями. В этом случае отличие типа косой слоистости от потокового будет заключаться по форме в постепенном переходе к bottom-set beds, т.-е. вогнутости кверху слоев и отсутствии несогласия внизу, а в некоторых случаях (для больших дельт) и значительной мощностью диагональных серий, не наблюдающейся в отложениях потоков.

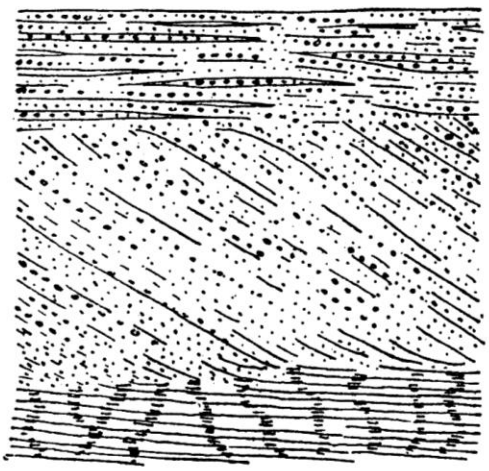


Рис. 13. Дельтовый тип (по Джильберту)

Другое отличие заключается в текстуре. В дельтовых отложениях текстура горизонтальных слоев кровли (top-set beds) грубее, а в потоках тоньше. В косых слоях разница крупности зерна на короткой длине их от кровли к почве во втором типе не успевает сказаться, тогда как в первом может быть прослежена. Кроме того, материал дельт в среднем гораздо более тонко-зернистый, более отсортирован-

ный и не содержит крупных валунов, которые обычны в отложениях потоков.

Таким образом, при более тщательном наблюдении в крайних формах эти два типа легко различимы.

Что касается формы зерен песка, то по указанию Барреля (4) этот признак сам по себе не может являться решающим для установления дельтового происхождения, ибо эти зерна раньше, чем попасть в русло реки, или после отложения могли подвергнуться действию волн или ветра. Таким образом, следует различать происхождение осадка от генезиса, составляющего его материала (зерен), как это показал Сорби еще в 80-х годах прошлого столетия. В общем все же наличность и большой масштаб эоловой обработки говорят скорее в пользу речного, а не морского происхождения, ибо чаще связываются с первым.

Большой интерес представляют многочисленные опыты Файоля (**12**, 1—544), направленные к выяснению условий седиментации в проточных бассейнах и в стоячей воде. Файоль доказал, что небольшой угленосный бассейн Комментри в Центральной Франции представляет из себя не что иное, как площадь дельтовых отложений реки каменноугольного времени. Для доказательства он сравнивал наблюдающуюся наклонную слоистость угленосной толщи с типом отложений, получающихся в опыте. Нас особенно интересует опыт № 17, который довольно близко воспроизводит условия отложения в дельтах, т.-е. отложения текучей воды в массе стоячей воды. В бассейн вместимостью около 500 куб. метров ($120 \times 4 \times 1$) с слегка наклонным дном впадает ручеек со скоростью истечения 40 литров в секунду. Ручеек несет различного размера зерна песка, ила, пирита и угля. В результате опыта по заполнении всего бассейна осадком Файоль констатирует следующее (**12**, 478):

(a) слоистость отчетливая и стоит в зависимости к скорости образования осадка;

(b) крупные зерна остаются обыкновенно в верхних частях осадка вместе с известной долей тонких частичек; эти последние преимущественно располагаются в нижней части отложения;

(c) осадки состоят из трех серий слоев:

1. верхняя серия (аллювиальная часть) с настолько пологим склоном, что его можно рассматривать, как горизонтальный.

2. промежуточная серия, со слоями различного наклона от 0 до 40°.

3. нижняя серия, со слоями почти горизонтальными.

Последняя состоит почти исключительно из мельчайших илистых частиц, выпадающих из взвешенного состояния. Напротив, аллювиальная часть слагается преимущественно из более грубых зерен (с. 473).

Таким образом, результаты экспериментального изучения Файоля приводят к тем же выводам, что и непосредственные наблюдения над дельтовыми осадками. Это позволяет считать отличительные черты дельтового типа косой слоистости довольно твердо установленными и с достаточной уверенностью пользоваться ими при анализе генезиса диагонально-слоистых ископаемых осадков.

Сводя все отмеченные признаки дельтовых отложений воедино, получим:

1) обычно большой вертикальный масштаб и распространенность явления;

2) наличие несогласия и горизонтальных слоев top-set на срезанных головах косых слоев (fore-set);

3) менее резкий переход в горизонтальные слои bottom-set;

4) угол наклона крутой и варьирует в зависимости от угла естественного откоса материала, уменьшающийся к внешнему краю дельты и идущий во всех направлениях, кроме обратного течению реки;

5) материал более грубый в горизонтальных слоях кровли и в верхних частях каждого косого слоя;

6) текстурная разница может быть довольно большая;

7) средняя грубость дельтового материала тоже может быть значительная, но зависит от источника и предварительной переработки исходного материала.

13. Морской тип косой слоистости.

Косая слоистость, обязанная своим происхождением воде, как было уже сказано, может иметь различный характер в зависимости от того, в каком водном бассейне она образовалась. От этого последнего зависит преобладание того или другого агента, принимающего участие в создании косых слоев.

В руслах рек течениям принадлежит преобладающая роль при образовании осадков, что находит наиболее отчетливое выражение в отложениях периодических, образованных после ливней, потоков.

Отложения дельт, как образованные в массе стоячей воды при замирании течения — носят переходный характер от речных к морским или озерным, отличаясь, однако, некоторыми своеобразными чертами, о которых было сказано выше.

Напротив, в прибрежной полосе моря действие волнения (прибоя) в общем случае имеет несравненно более значения, чем течения, хотя в некоторых случаях и в более глубоких зонах последние могут выступать на первый план в качестве седиментационного агента.

Морской тип косой слоистости был описан Госсле, Франценом, Джильбертом, Баррелем и некоторыми другими учеными.

Госсле (**16**, 76—83) в 1882 г. один из первых указал, что косая слоистость может явиться в результате не только деятельности ветра, реки или потока, но может свидетельствовать и о деятельности моря. При этом он различает условия, господствующие выше линии отлива и ниже этой линии. В первой зоне преобладающим агентом является еще ветер, дующий во время отлива и только отчасти—перенос волнами. Во второй — действуют волнение и течения, которые благодаря неровности дна содействуют образованию косых слоев. Последние, как это видно из приложенных им эскизов, отличаются: 1) быстрой и неправильной сменой направления косой слоистости, беспорядочной и не разделенной горизонтальными пачками слоев на серии, и 2) в общем пологими углами наклона косых слоев.

Франценен (**13**, 147—157) изучал диагональные слои [1]) в „пенистом известняке" триасовой толщи у Мейнингена. Здесь диагональная слоистость делается заметной благодаря некоторому различию в составных частях материала, слагающего Schaumkalk. Обыкновенно голубой безоолитовый известняк в виде тонких прослойков чередуется с пористым пенистым известняком, что сопровождается и различием в оттенках. Отдельные прослойки имеют толщину в 0,4 — 1,2 сантиметра. Направление слоистости меняется на коротких расстояниях, напр., 4 раза в одной пачке, на изображенном обнажении. Разделяющие отдельные серии слоев поверхности неясны. Как видно из чертежа, крутых углов здесь не наблюдалось. Мощность этих серий небольшая. (Крутые углы могут обусловливаться только вязкостью материала). По мнению Франценa голубые прослои известняка с горизонтальной слоистостью являются, очевидно, отложениями короткого периода, во время которого вода находится в состоянии относительного покоя.

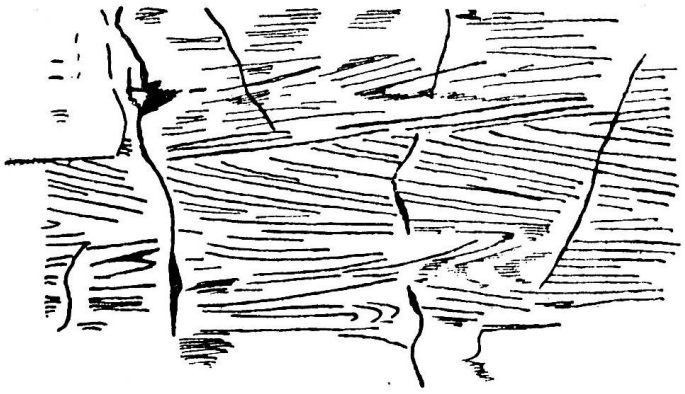


Рис. 14. Морской тип (по Франценену)

В пестром песчанике, которому Франценен в главной массе приписывает морское происхождение, он отмечает два основных

[1]) При изложении я придерживаюсь терминологии автора.

явления, подтверждающие, как будто, его мнение: 1) быструю смену направлений и 2) небольшую мощность отдельных серий косой слоистости.

Джильберт (**15**, 135—139) описал особый вид косой слоистости в Мединских песчаниках, где она встречается вместе с волноприбойными знаками. Джильберт ставит происхождение ее в связь с перемещением волноприбойных валиков песка под влиянием течения в Мединском море. Если направление этого течения находится под углом к направлению волнения, то происходит перемещение системы валиков (ripples).

Если скорость перемещения превосходит некоторый определенный предел, то происходит отложение осадка на одной стороне желобка между двумя соседними гребнями и эрозия на другой стороне. В этом случае получается две системы косых слоев. Одна происходит при отложении, и отдельные слойки (laminae) представляют последовательные положения вогнутых профилей волноприбойных знаков. Другая система создается эрозией, и их плоскости представляют перемещение профилей волноприбойных желобков вдоль известных направлений. Это, так наз., составная перекрещивающаяся слоистость (compound cross-bedding).

Если направление волнения изменяется, то новая серия косых слоев несогласно перекрывает прежнюю составную косую слоистость, давая новый тип—сложного несогласного перекрещивающегося напластования.

Однако, перекрещивающееся напластование далеко не всегда сопровождается волноприбойными знаками, и такой случай все же является редкостью. Общий же случай возникновения косой слоистости в море подробно трактуется Баррелем, особенно в его статье, посвященной древним дельтовым отложениям. Баррель констатирует, что многие морские песчаники обнаруживают диагональную структуру. То-же явление иногда сопутствует и известнякам (Kindle).

„Где волны движутся по мелкому дну и воздвигают отмели, говорит Баррель (**4**,428), там поперечный разрез обнаруживает линзы песчаника, верхняя поверхность коих выпукла кверху, с пологими склонами и диагонально-слоистой структурой. Напротив, каннеллирование (выдалбливание) течениями, подтачивает слои снизу и сбоку и дает кривые выпуклые книзу. Таким образом и течения образуют перемещающиеся отмели с выпуклыми верхними поверхностями в местах застоя. Склоны каналов и речных отмелей, однако, круче, а осадки застойных вод носят более местный и неправильный характер".

Баррель отмечает еще умеренную степень (масштаб) косой слоистости, как особенность морского типа. „Если косая слоистость

(4,430) в песчанике или известняке, считаемом за морской, развита в большом масштабе, то можно допустить, что она обязана своим возникновением действию ветра над материалом, покинутым морем или унесенным ветром вглубь страны". Грабау указывает на эоловые известняки у берегов Красного Моря, составленные из скорлупок морских фораминифер, унесенных на несколько миль внутрь страны (4,429).

Что касается самого наслоения, то Баррель отмечает противоположный характер морской и речной деятельности. „В морских отложениях более грубый материал переносится и отлагается в результате больших штормов; более тонкий материал прослоя указывает на меньшую силу деятельности. В речных условиях, напротив, более тонкозернистые осадки на площади потока образовались в результате действия воды большего течения" (4,432).

Некоторые указания о слоистости морских осадков прибрежной зоны (зоны большого волнения) мы находим у Траубриджа (27,432) В его перечислении признаков этих отложений, кроме наличия косой слоистости, упоминаются между прочим следующие интересные для нас: 1) плоскости наслоения падают во все стороны, но, главным образом, от берега, 2) угол наклона варьирует в зависимости от угла естественного откоса различных материалов, 3) материал довольно грубый [1]), 4) неоднородность частиц большая (от валунов до ила) [1]), 5) различные текстурные подразделения постепенно переходят одно в другое по горизонтальному и вертикальному направлению, 6) сортировка по размерам и отчасти по минералогическому составу, 7) крупные зерна несколько приплющены [2]), 8) мощность осадков значительно разнится на коротких расстояниях.

В общем, косая слоистость прибрежно морских отложений не носит ярко выраженной физиономии,—что, вероятно, зависит от недостаточной изученности этого явления,—и характеризуется, главным образом, отрицательными признаками, т. е. отсутствием характерных отличий, свойственных другим типам. Из положительных же особенностей можно подчеркнуть: 1) небольшой вертикальный масштаб косых серий, 2) частую смену направлений, 3) постепенный переход от более грубого материала к более тонкому в одном слое и 4) округленность и, главным образом, приплющенность окатанных элементов (галек).

Ниже приводится схема, на которой все вышеописанные отличительные признаки различных типов косой слоистости сведены в одну сравнительную таблицу с добавлением некоторых черт, хотя и не относящихся непосредственно к характеру напластования, но

[1]) Это, однако, далеко не может считаться правилом.

[2]) Следует, однако, заметить, что другие авторы (Гернес, Зюсс и др.), напротив, приписывают плоскую форму речным галькам, в отличие от морских.

имеющих отношение к рассматриваемой фации осадков (напр., наличие тех или иных окаменелостей и пр.).

14. Сравнение типов.

Просматривая нашу таблицу (стр. 60) нетрудно убедиться, что некоторые из этих генетических типов косой слоистости по своему строению или морфологии стоят ближе друг к другу, а другие дальше и в некоторых не типичных случаях с трудом различимы между собой. Так, дельтовый тип и тип периодических потоков—имеют общие существенные черты: 1) наличие промежуточных между косыми слоями горизонтально напластованных серий, 2) однообразный и притом часто крутой всегда правильный уклон косых слоев, почти прямолинейных. С морфологической стороны эта форма слоистости составляет первую группу видов косой слоистости.

В пределах ее две разновидности этого типа—дельтовый и потоковый—отличаются некоторыми особенностями в распространении, в мощности, в углах наклона, в текстуре и т. п.

В потоковых отложениях мощность отдельных серий обычно меньше, распространение скорее линейное, чем площадное, угол наклона круче, текстура грубее и разнообразнее, но материал более местного характера.

Материал горизонтальных слоев, соответствующий периодам относительного покоя, значительно тоньше и выделился, повидимому, из взвешенного состояния. Обратное наблюдается в дельтах, где горизонтальные слои, срезывающие косые серии, состоят из более грубого материала [1]) и знаменуют собой настоящую трансгрессию, благодаря которой косые слои подвергаются некоторой предварительной эрозии.

Однако, все эти различия в частных случаях могут затушевываться благодаря разнообразию исходного материала, смешанному действию различных агентов и колебаниям в масштабе отложения, создавая более сложную и пеструю картину.

Вторая группа заключает эоловый и морской виды косой слоистости. Она характеризуется отсутствием разграничивающих горизонтальных серий и частой сменой направлений и углов наклона косых слоев.

Переходным между обоими типами является тип речной косой слоистости, тоже по существу неправильный, но заключающий в себе тенденцию к одному направлению, т. е. несущий в себе очевидные признаки деятельности проточной воды.

---

[1]) Нижние горизонтальные слои (bottom-set beds), напротив, весьма тонкозернистые.

Признаки различных ти

I. Общие наблюдения в разрезе a. *Форма слоистости*	1. Эоловый	2. Тип потоков
1. Имеются ли кровля и почва из горизонтальных слоев	Вообще нет	Имеются
2. Параллельны ли косые слои в одной серии	Нет, расходящиеся	Строго параллельны
3. Прямолинейны ли они	Редко. Чаще вогнуты или выпуклы	Прямолинейны
4. Наблюдается ли резкое несогласие в кровле или в почве	Обычно в кровле	И в кровле, (с горизонт. серией)
5. Мощность отдельных серий (косых и горизонтальных)	Может быть весьма большой (до 100 метров)	Сравнительно небольшая (до 2 метр.)
6. Угол наклона косых слоев в разрезе и истинный, средний и максимальный	Преобладание пологих углов (0 — 5°) до более крутых (30°) с подветренной стороны	Обычно крутой (до 45°)
7. Направление наклона в разрезе и истинное, при различных — преобладающее	Изменчивое и часто запутанное	В одну сторону
8. Наличность знаков ряби (ripple-marks)	Часто сопутствует. Гребни несимметричны	Нет
9. Присутствие прослойков глин, их направление и мощность	Обычно нет	Могут быть
10. Присутствие окаменелостей, их характер и сохранность	Вообще нет. В редких случаях обтертые. Чаще наземные	Наземные
b. *Текстура и состав* 11. Чем определяется слоистость (различие в величине компонентов, цвете, уд. весе, минер. составе и пр.)	Различием в величине и уд. весе в последовательных слоях.	?
12. Сортировка	Совершенная	Только грубая
13. Изменение величины зерен в одном слое	Нет	Весьма значительное
14. Пределы текстурных различий (в толще)	Небольшие (от крупного до мелкого песка)	Значительные (от валунов до ила)
15. Средняя крупность зерна	Мелкозернистый песок	Скорее крупные компоненты

ПОВ КОСОЙ СЛОИСТОСТИ.

3. Речной	4. Дельтовый	5. Прибрежно-морской
Вообще нет	Имеются	Нет
Не обязательно	Более или менее параллельны	До известной степени
Часто прямолинейны, но не ровны	Прямолинейны вверху, вогнуты внизу	Разнообразны
и в почве (с косой серией)	Только в кровле	И в кровле, и в почве, но не резкое
Невелика (до 1 метра)	Скорее значительная (до нескольких десятков метр.)	Чаще небольшая (до 0,5 метра)
Варьирующий. Чаще 0°—20°	Часто 30° — 45°. Внутри дельты более крутое, по краям пологое	Разнообразный, скорее пологий (до 20°)
Преобладающее в одну сторону. Вообще в разные	В одну сторону	В разные стороны. Часто перистое (зигзагообразное)
Нет или весьма редки	Редки	Довольно часты. Чаще симметричны
Часто в виде линз и карманов	Часто в виде правильных прослойков	—
Редко пресноводные и наземные	Скорее пресноводные и наземные; иногда морские (солоноватоводные)	Морские
?	?	?
Скорее грубая	Скорее хорошая	Обычно хорошая
Может быть значительным	Постепенное довольно значительное	Постепенное. Скорее небольшое
Значительные (от валунов до ила)	Умеренные (от гальки-гравия до ила)	Разнообразные
Разнообразная. Скорее крупные компоненты	Средней грубости, часто тонкозернистые	Средняя

	1. Эоловый	2. Тип потоков
16. Различие в грубости материала косых слоев и в горизонтальных в кровле и в почве	—	Гориз. слои из более тонкого материала
17. Форма компонентов	Округленная; шлифованная	Угловатая
18. Минералогический состав	Обычно кварц.	Разнообразный. Местного происхождения
19. Степень чистоты основного материала	Весьма чистый	Н е
II. Наблюдение в плане		
20. Постоянство или эпизодичность самого явления	Весьма постоянное и обязательное	Частое
21. Колебания в направлениях наклона слоев	Большие	Небольшие (в одном направлении)
22. Колебания в мощности всей толщи	Большие и неопределенные	Значительные в две противоположные стороны
23. Распространение	Неправильной площадью	Линейное

Примечание. Вопросительные знаки означают недостаточную изученность

Эоловые отложения легко отличаются своим почти непременным присутствием косой слоистости и большим вертикальным масштабом отдельных серий, а также тонкозернистостью и чистотой материала, однородного по величине в одном слое и различающегося в соседних.

С другой стороны, морская косая слоистость, носящая на себе следы деятельности то волн, то морских течений, обладает несколько иными признаками. Именно, спорадичностью самого явления, ее меньшим масштабом, присутствием илистых частиц в песке, менее совершенной сортировкой и т. п.

Речная косая слоистость в случаях правильного потока приближается к 2-му типу (2-потоковый), но в случае различных нарушений его правильности в отмелях, водоворотах, меандрах, порогах и т. п. может дать комбинацию признаков, общих с морскими отложениями. Здесь для выяснения генезиса надо тщательно изучить текстурные особенности слоев и характер линз, пачек и т. п.

Продолжение.

3. Речной	4. Дельтовый	5. Прибрежно-морской
—	Гориз. слои из более грубого материала	—
Угловатая слегка округленная	Довольно округленная	Галька округленная, иногда приплющенная, зерна песка угловатые
Разнообразный. От отдаленных источников		Гл. обр. кварц и полевой шпат
чистый		Часто илистый
Редкое	Довольно постоянное (в небольших дельтах)	Иногда постоянное
Большие. Преобладание одного направления.	Во все стороны (кроме одной)	Большие (во все стороны)
Весьма значительные	Большие во все стороны, но постепенные	Большие на коротких расстояниях
Линейное	Ограниченная площадь	Площадное, вытянутое в одном направлении

вопроса.

15. Некоторые выводы в приложении к наблюдениям в Подмосковном бассейне.

Закончив экскурсию в область небогатой литературы по косой слоистости, обратимся снова к описанным мною обнажениям в угленосной толще Подмосковного угольного бассейна и начнем с обнажения № 65, как наиболее характерного.

Здесь мы отчетливо наблюдаем чередование косых и горизонтальных серий, что уже дает много вероятности отнесению слоев к отложениям дельт или периодических потоков. Сличая наше описание с последним из них, мы видим совпадение наблюдаемых признаков с последним типом в пунктах: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, т. е. в большинстве признаков, относящихся к форме слоистости. Не противоречит оно и особенностям формы косой слоистости дельтовых отложений, которые, однако, в типичных случаях отличаются большим вертикальным

масштабом отдельных серий (слой 5-й мог бы быть принят за аллювиальную часть дельты). За дельту мог бы говорить и несколько более грубый материал горизонтальных более сцементированных слоев песка-песчаника против более тонкозернистого песка косых слоев. В дельтах иногда переход косых слоев в нижние горизонтальные слои почвы совершается довольно быстро и создает впечатление несогласия в нижней части диагональной серии (как и в типе потоков). В нашем обнажении контакт диагональных серий с нижележащими скрыт осыпями песка, и потому остается нерешенным, соответствует ли этот контакт (пункт 4-й) потоковому или дельтовому типу.

С другой стороны, ввиду того, что вся масса песка довольно однородна и в общем мелкозерниста (зерна не превышают 0,5 мм. в диаметре), и текстура не дает решительных указаний в ту или иную сторону [1]), то несколько большая крупнозернистость горизонтальных слоев говорит скорей в пользу дельтового происхождения. Отсутствие других обнажений с косой слоистостью в ближайших окрестностях обн. № 65 не позволяет связать эти наблюдения с другими и с достаточным основанием категорически решить вопрос о том или другом генезисе этих отложений. Участие текущих вод здесь является все же несомненным и, следовательно, наличность условий континентальных, а не прибрежно-морских.

Это еще в большей степени относится к другим обнажениям с косой слоистостью: 12, 13 и 33. Во всех последних случаях мы имеем дело со сменой направлений наклона слоев, причем в разрезе № 33 слои направлены более или менее в одну сторону, в других же случаях мы встречаемся только с наличностью преобладающего направления. Горизонтальные слои в виде тонких прослоев, разделяющих косые серии может быть представляют из себя тоже косые слои, но другого направления, случайно обнаруженные по простиранию, возможность чего не исключается. Мы встречаемся здесь также с более глинистыми горизонтальными прослоями, свойственными речным отложениям. Все эти данные допускают наиболее вероятное толкование косой слоистости, как обязанной деятельности проточных вод, то нормальной речной, то периодической. Для более решительного отнесения ее к типу были бы необходимы более детальные и тщательные наблюдения на основе приложенной к настоящей статье программы, которая была продумана и выработана автором уже после полевых наблюдений.

---

[1]) Эта однородность и мелкозернистость свидетельствует о длительной предварительной переработке песков в условиях озерного или континентального режима. Дельты, если они здесь были, скорее относятся к рекам, впадающим в озера, чем в море. За это говорит и небольшой масштаб косых серий.

Таким образом основной вывод, который вытекает из наблюдений—это участие деятельности проточной воды, как седиментационного агента в некоторых местах развития угленосной толщи [1]).

16. Общие заключения.

Таким образом, попытка разобраться в фациальном характере угленосных отложений Подмосковного бассейна, с наблюдающейся иногда косой слоистостью, привела к необходимости пересмотра литературы о косой слоистости вообще и к установлению следующих положений:

1. Имеющиеся описания косой (или диагональной) слоистости неполны, неоднородны и немногочисленны и потому несравнимы между собою. Односложные же определения, вроде „косая", „косвенная", „диагональная", „перекрещивающаяся" слоистость, не сопровождаемые эскизами и рисунками, благодаря неразработанности терминологии,—очень мало говорят о характере явления (Ср. Андре стр. 397).

2. В общем можно наметить следующие пять фациальных типов отложений, в которых косая слоистость более или менее часто обнаруживается: 1) эоловый, 2) тип периодических (дождевых) потоков, 3) речной, 4) дельтовый, 5) прибрежно-морской.

3. Так как во всех этих случаях при образовании косых слоев, являются доминирующими различные агенты (или их комбинации), то естественно ожидать, что каждый из них несет своеобразные черты, отражающиеся на внешней форме, размерах и внутренней текстуре косослоистых отложений.

4. Наблюдение показывает, что каждый из признаков косой слоистости (напр., угол наклона слоев) варьирует в известных пределах для каждого типа, и потому в отдельности не является решающим доводом в пользу отнесения к тому или другому. Каждый из генетических типов может характеризоваться поэтому лишь определенной совокупностью наиболее вероятных значений признаков, относящихся к форме, характеру и текстуре слоистости.

5. Чтобы построить объективную характеристику различных типов необходимо иметь большое число полных и однородных описаний косой слоистости каждого вида, чего пока не имеется. Поэтому ближайшая задача состоит в систематическом накоплении

---

[1]) Факт прорезывания пласта угля речными отложениями каменноугольного же возраста был констатирован уже давно М. М. Пригоровским в шахте XVI Победенского рудника.

материала, для которого предполагается примерная программа[1]) руководящих признаков (см. таблицу—левый столбец, 23 пункта).

6. В настоящий момент возможно создать лишь субъективную рабочую характеристику, как первое приближение к поставленной задаче, на основании субъективного выбора наиболее вероятных значений руководящих признаков из изучения типичных (хотя и единичных) описаний в связи с общим соображением о характере действующих агентов (опыты и наблюдения над современными процессами).

7. На основании литературных материалов выводится такая характеристика для всех 5 типов и делается их сравнение в виде таблицы (стр. 60—63).

8. Прилагая полученные результаты к описанным в данной статье случаям косой слоистости делается вывод о дельтовом или потоковом в одном случае и о потоковом или нормальном речном типе отложений в других случаях в соответствующих пунктах, и во всяком случае об участии текучих вод в отложении некоторых частей угленосной толщи Подмосковного бассейна.

В заключение отмечу, что задачей настоящей работы является: 1) возбудить интерес и наметить программу для детальных и тщательных наблюдений над весьма своеобразными явлениями косой слоистости, 2) указать подход к их интерпретации (при настоящем состоянии наших знаний) и 3) прилагая эти общие соображения к наблюдаемым конкретным случаям, поставить вопрос о возможном выяснении генезиса угленосной толщи Подмосковного бассейна и вообще континентальных отложений при посредстве изучения характера напластования.

Поэтому на предлагаемую работу следует смотреть, как на предварительную попытку поставить интересующий нас вопрос и дать некоторую планомерную основу для накопления дальнейших наблюдений косой слоистости.

17. Главнейшая использованная литература.

1. Andrée, K. Über sedimentbildung am Meeresboden.—Geologische Rundschau, III, 1912, SS. 324—360; VII, 1916, SS. 123—170. Литература.

2. Andrée, K.—Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung.—Geologische Rundschau, VI, 1915, SS. 351—397. Литература.

---

[1]) Инструкция по наблюдениям над косой слоистостью напечатана в ст. Ю. А. Жемчужникова: „Типы косой слоистости осадочных образований и инструкция для ее изучения". „Известия Географического Института". 1922 г. № 4. с. 41—48.

3. Barrell, J.—Relative geological Importance of Continental, Littoral and Marine sedimentation.—Journal of Geology, v. XIV, 1906, pp. 336—354, 430—457, 524—568.

4. Barrell, J.—Criteria for the Recognition of Ancient Delta Deposits.—Bull. of Geol. Society of America, v. XXIII, 1912, pp. 377—446.

5. Barrell, J.—Relation between Climate and Terrestrial Deposits.—Journal of Geology, v. XVI, 1908, pp. 159—190, 255—295, 363—384.

6. Bornemann, J.—Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand-und Sandsteinbildungen im allgemeinen.—Jena. G. Fischer. 1889, SS. 10—15 „Diagonalschichtung".

7. Briart, A.—Sur la stratification entrecroisée.—Bull. de la Soc. Geol. de France, III serie, v. VIII, 1879—80, p. 586—588 и дискуссия: Соваж, Ван-Ден-Брек, Госсле, Дувийе, pp. 588—591.

8. Credner, G.—Die Deltas, ihre Morphologie, Geographische Verbreitung und Entstehungbedingungen.—Petterm. Geogr. Mitth., 1878, Ergänzungsheft № 56, pp. 1—74, 3 taf.

9. Dacké, E.—Grundlagen und Methoden der Paläeogeographie.—Jena, G. Fischer, 1915, SS. 1—500. Kreuzschichtung, SS. 193, 222, 226, 329, 337 и 339.

10. Davis, W.—An excursion to the Plateau Province of Utah and Arizona.—Bull. of Museum of Comparative Zoölogy, Geol. serie VI, v. XLII, 1903—5, № 1, pp. 1—50. „Cross-bedding", p. 8.

11. Dienemann, W.—Das oberhessische Buntsandsteingebiet. — Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt f. 1913, t. XXXIV, II (Berl. 1914), SS. 317—404, taf. 5. „Kreuzschichtung", SS. 343—347.

12. Fayol, H.—Etudes sur le terrain houiller de Commentry, St. Etienne. 1887. pp. 1—544. av. atlas.

13. Frantzen, W.—Untersuchungen über die Diagonalstructur verschiedener Schichten mit Rücksicht auf die Entstehung derselben im Buntsandstein.—Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt f. 1892, s. 138—176, taf. XI—XVI.

14. Geikie, A.—Text-book of geology, 1903, p. 636—638. „Crossbedding".

15. Gilbert, G. R.—Ripple-marks and Cross-bedding. — Bull. of Geol. Soc. of America, 1899, v. X, p. 135—139, pl. XIII, 5 fig.

16. Gosselet, A.—Sur l'origine de la stratification entrecroisée.—Annales de la Soc. geol. du Nord 1882, IX, p. 76—83.

17. Grabau, A.—Types of cross-bedding and their stratigraphical significance.—Sciènce, N. ser. v. XXV, 1907, p. 295—296.

18. Grabau, A.—Continental formations in the North American Palaeozoic.—Comptes Rendus du XI Congrès Geol. Intern., Stockholm, 1910, pp. 997—1003, 1913.

5*

19. Grabau, A.—Early Palaeozoic Delta Deposits of North America.—Bull. Geol. Soc. of America, v. XXIV, 1913 № 3, pp. 399—528, особенно стр. 400—404, рис. 1 и 2.

20. Grabau, A.—Principles of stratigraphy.—N. Y. 1913, pp. 1—1200. „Cross-bedding", pp. 701—706.

21. Hobbs, W.—Guadix formation of Granada, Spain.—Bull. of Geol. Soc. of. America, v. XVII, 1906, pp. 285—294; особенно с. 291.

22. Huntington, E.—Some Characteristics of the Glacial Period in non glaciated Regions.—Bull. Geol. Soc. America, v. XVIII, 1907, pp. 351—388, plt. 36—38, особенно с. 380—381.

23. Huntington, E. and Goldthwait.—The Hurricane Fault in the Toquerville District, Utah.—Bull. Mus. Comparat. Zoölogy Harv. Coll. v. XLII, 1904, pp. 199—260. „cross-bedding" pp. 214—216.

24. Kayser, Em.—Lehrbuch der Geologie, B. I, 1921 SS. 193 — 196. „Schrägschichtung".

25. Kindle, G.—Cross-bedding and Absence of Fossils, considered as Criteria of Continental Deposits.—American Journal of Science, v. XXXII, pp. 225—230.

26. Toula, Fr.—Über die Kongerien-Melanopsisschichten am Ostflusse des Eichkogels bei Mödling (Eine studie über Diagonalschichtung)—Vortrage der Ver. z. Verbreitung d. naturw. Kenntnisse in Wien. 1897, XXXVII, Heff 13. Wien.

27. Trowbridge, A.—A Classification of common sediments and some Criteria for identification of the various classes.—Journal of Geology, 1914, pp. 420—436.

28. Vaughan, Cornish.—On the Formation of the Sand Dunes.—The Geographical Journal, v. IX, 1897.

29. Walther, J.—Denudation in der Wüste.—Abhandl. d. Math. Phys. Classe d. k. Sachs. Gesel. d. Naturw. v. XVI, 1891, SS. 347—569.

30. Walther, J.—Einleitung in die Geologie, als historische Wissenchaft. Jena. 1893, 1056 s. Особенно с. 639—641.

Résumé.

L'observation des cas de stratification entrecroisée dans le bassin de Moscou permet à l'auteur de poser la question, si la stratification de ce genre peut caractériser les conditions de l'origine des sédiments.

D'après les descriptions, assez rares dans les publications, la stratification entrecroisée se rencontre: 1) dans les dépôts éoliens, 2) dans ceux des courants périodiques, 3) fluviaux, 4) dans ceux des deltas et 5) dans les sédiments marins littoraux.

L'auteur établit les caractères de cette stratification, au nombre de plus de 20, qui ne sont pas les mêmes dans tous les cas. Chacun d'eux pris séparément (la valeur de pendage des couches par ex.) est insuffisant pour déterminer le type des sédiments, étant donné que, dans tous les cinq cas, on a plusieurs agents de sédimentation (vague, courant, vent etc.). Ce n'est que l'ensemble de ces caractères qui détermine l'origine probable des sédiments donnés:

1. Le type éolien se caractérise par une série entrecroisée à puissance importante, à faible inclinaison des couches tournant leur concavité vers le ciel, et composée de petits grains de quartz arrondis et de même taille.

2. Le type des courants périodiques se caractérise par l'alternance des couches horizontales et inclinées à fort pendage et à composition hétérogène.

3. Le type fluvial; à faible pendage assez régulier, se caractérise par une composition hétèrogéne.

4. Le type des deltas se rapproche partiellement de celui des courants périodiques, par les forts pendages et la surface inférieure rasée, mais s'en distingue par le passage progressif aux couches horizontales sous-jacentes.

5. Le type marin littoral est moins prononcé, à stratification entrecroisée de petites dimensions, à pendage variable.

Ce travail se présente comme le premier essai d'une étude de la stratification entrecroisée. Ce n'est qu'après toute une série de descriptions systématiques des cas de stratification qu'on pourra établir définitivement les différents types.

Н 71

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

[illegible]

ТРУДЫ
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ВЫП. 90. УГОЛЬНАЯ СЕРИЯ (№ 2)

МАТЕРИАЛЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО УГОЛЬНОГО СОВЕЩАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Для служебного пользования

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ВЫП. 90. УГОЛЬНАЯ СЕРИЯ (№ 2). 1947

Гл. редактор акад. *П. И. Степанов* Отв. редактор *В. С. Яблоков*

Министерство Культуры СССР Библиотека Свердловского горного института им. В. В. Вахрушева

И-71

304975

Академик П. И. СТЕПАНОВ и В. С. ЯБЛОКОВ

ЗАДАЧИ И ИТОГИ СОВЕЩАНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Многочисленные исследовательские, геолого-съемочные и разведочные работы, проводимые на угольных месторождениях Союза ССР, постоянно накопляют интересные и важные в научном и практическом отношениях материалы.

До войны ВСЕГЕИ и Комитет по делам геологии неоднократно организовывали обсуждение итогов работ по отдельным районам и бассейнам, но эти обсуждения касались, главным образом, вопросов разведанности месторождений и оценки их запасов.

Во время войны, в грозные дни января 1942 г. в г. Свердловске состоялось общее собрание Отделения геолого-географических наук АН СССР, посвященное, главным образом, вопросам геологии угольных месторождений Урала, Караганды и Кузбасса и выработке мероприятий по их использованию. Сделанные на собрании доклады и резолюции напечатаны в Известиях АН, серия геологическая, № 1—2, 1942 г.

По возвращении геологов в Москву выявилась необходимость подвести итог нашим работам, проведенным за последние годы перед войной и во время Отечественной войны.

Инициатива отдела геологии угля Института геологических наук АН СССР была поддержана Отделением геолого-географических наук, и по решению Президиума Академии Наук был намечен созыв Геологического угольного совещания, совместно с Главуглеразведкой Наркомугля СССР и Комитетом по делам Геологии при СНК СССР.

При определении программы Совещания было признано целесообразным главное внимание обратить на вопросы изучения угольных месторождений и не затрагивать вопросов, связанных с методикой, разведкой и оценкой месторождений, определением конкретных планов и направлений разведочных работ. Эти вопросы должны разрешаться в организациях, планирующих и ведущих разведки (Госплан, Наркомуголь, Комитет по делам геологии).

Совещание состоялось в Москве 10—17 апреля 1944 г. и проходило под руководством академика П. И. Степанова.

На совещании было заслушано до 40 докладов, разделяющихся по трем основным группам.

1. Методика и опыт детального изучения угленосных толщ и угольных пластов.

1963 53.94

2. Итоги изучения угленосных бассейнов, качественная характеристика углей и закономерности распределения коксующихся углей в отдельных бассейнах.

3. Опыт и методика составления карт прогноза углей, обзорных регистрационных, углепромышленных и геолого-углехимических карт.

Главное внимание на совещании было уделено вопросам литологического изучения угленосных толщ.

По этим вопросам интересные доклады, основанные на богатом фактическом материале, были сделаны: Ю. А. Жемчужниковым «Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методика их изучения», Г. Ф. Крашенинниковым «Проблема циклов в угленосных толщах», Ц. Л. Гольдштейн «Выделение генетических типов как основа литогенетического метода (на примере Буреинского бассейна)», Т. Н. Давыдовой «Литогенетический метод установления обстановок образования угленосных отложений на примере Буреинского бассейна», Н. С. Городецкой «Сравнительный анализ результатов литогенетического изучения Буреинского, Челябинского и Кизеловского бассейнов», П. В. Васильевым «Методика изучения немых угленосных толщ на примере Кизеловского каменноугольного района», А. Э. Ульмер «Стратиграфия и история накопления нижнекаменноугольных отложений Подмосковной котловины», Г. А. Ивановым «Принципы детального литологического расчленения угольных отложений и рациональной индексации угольных пластов», Е. П. Брунс «Опыт литологического изучения угленосных отложений Средней Азии».

Еще в процессе работ выявились различные методические подходы и различное толкование причин, обусловливающих те или иные особенности строения угленосных толщ.

Одна группа исследователей главное внимание уделяет изучению отдельных типов осадков, стремясь расшифровать их фациальную природу и, изучив последовательность и распределение в пространстве отдельных фациальных типов пород, подойти к восстановлению физико-географических условий образования углей, не придавая существенного значения в процессе работ геотектоническому фактору (Крашенинников, Давыдова, Городецкая, Гольдштейн). Другая методика основана на представлении о геотектонических колебаниях как основном факторе, управляющем накоплением осадков (Жемчужников, Перепечина, Шехунов, Иванов, Васильев, Ульмер).

Доклады и оживленный обмен мнений по ним показали, что итоги проведенных работ дают большой материал для разрешения основных вопросов образования угленосных толщ и ряда общих вопросов изучения осадочных пород. Полученные данные позволяют значительно точнее вести геолого-разведочные работы и с большей уверенностью устанавливать характеристики отдельных угленосных площадей.

Совещание признало, что оба направления в изучении угленосных отложений являются плодотворными и заслуживающими дальнейшего развития. Необходим, однако, постоянный взаимный учет достижений каждой группы исследователей, ибо одностороннее развитие каждого метода в отдельности может привести к ошибочным заключениям. Дальнейшие работы по литологическому изучению угленосных бассейнов должны, без сомнения, позволить (особенно после проведенной дискуссии) установить, с одной стороны, общее понимание различных вопросов, а с другой, уточнить методику исследования применительно к различным генетическим типам бассейнов.

Неоднократно отмечалась необходимость при изучении угленосных толщ более детально изучать геохимическую обстановку и проводить тщательный анализ минеральных ассоциаций в породах угленосной тол-

щи. Успешный опыт таких работ имеется в Подмосковном и Печорском бассейнах.

В ряде докладов (С. Н. Наумовой «Классификация угольных пластов и методика их изучения», И. Э. Вальц «Петрографический состав кизеловских углей и влияние его на коксующие свойства и обогатимость», Н. Г. Титова «Особенности превращения гумуса при образовании бурых и каменных углей», А. Н. Криштофовича «Новые методы изучения изменения угольного вещества») были освещены вопросы, связанные с петрографическим и химическим изучением угольных пластов, различных типов углей и угольного вещества.

Доклады показали несомненные успехи в деле изучения углей. От изучения отдельных петрографических типов углей мы перешли к изучению угольного пласта в целом, как определенного геологического тела, такого же, как пласты других пород. Обычным стало употребление по отношению к угольному пласту таких терминов, как «стратиграфия пласта», «фациальные изменения», «цикличность» и пр. Далеко ушло и химическое изучение типов углей, позволяющее достаточно точно восстанавливать процесс превращений угольного вещества и предсказывать технологические свойства углей. Однако взаимная увязка геологических, углепетрографических и химических характеристик угольного пласта еще явно недостаточна. Комплексность изучения угольного пласта должна быть более глубокой и постоянной. Литология, тщательно изучающая все детали пород угленосных толщ, должна еще более тщательно изучать породы, непосредственно подстилающие и покрывающие угольные пласты, и сопоставлять результаты с данными углепетрографов и химиков, устанавливающих закономерности строения самих угольных пластов.

Классификация угольных пластов должна также основываться на комплексной их характеристике: геологической, углепетрографической, ботанической и химической. Опыт классификации, предложенный С. Н. Наумовой, является несомненно весьма интересным, но требующим значительной разработки.

При обсуждении литологических и углепетрографических докладов неоднократно отмечалась настоятельная необходимость использовать во время изучения угленосных толщ и угольных пластов опыт изучения современных разнообразных дельтовых, озерных и болотных осадков и торфяников.

Надо внимательней относиться к установлению новой терминологии. Необходимость введения новых понятий и терминов при развитии нового типа исследований ясна. Однако вся научная терминология должна быть строго выдержана по содержанию и словообразованию. Например, вызывают законное недоумение предлагаемые П. В. Васильевым термины «метахронные и синхронные фации», как противоречащие самому понятию «фация». Требуют уточнения термины «макро-, мезо- и микрофации» и др.

По итогам изучения угленосных бассейнов и качества углей был заслушан ряд докладов.

Большой интерес представляют доклады о Печорском угленосном бассейне: К. Г. Войновского-Кригера «Некоторые вопросы структуры Печорского угленосного бассейна», Г. А. Иванова «Угленосность северо-восточной части Печорского бассейна» и А. П. Ротая «Новые данные по угленосности южной части Печорского бассейна», осветившие геологическое строение и угленосность этого богатого угольного района.

В докладах Г. Ф. Крашенинникова «Угольные месторождения внутренней зоны Уральской геосинклинали» и А. З. Широкова «Угленакопление в геосинклиналях и на платформах» освещались вопросы накоп-

ления угленосных толщ в Донбассе и на громадной территории между Донбассом и Уралом.

Доклады А. И. Егорова «Условия карбонового накопления в северо-восточном Казахстане», А. А. Гапеева «Схема классификации углей Карагандинского каменноугольного бассейна», А. И. Упорова «Распределение коксующихся углей в Карагандинском бассейне» вскрыли ряд закономерностей в распределении и качественной характеристике угольных богатств нашей «третьей угольной базы» Караганды и громадных пространств Казахстана.

Итоги геологического изучения Кузбасса, метаморфизм углей и перспективы поисков коксующихся углей были освещены в докладах В. И. Яворского, В. В. Станова и И. И. Аммосова.

Оживленный обмен мнений, развернувшийся по этой группе докладов, был сосредоточен, главным образом, вокруг вопросов метаморфизма (причины, закономерность) и классификации углей. Изучение качественной характеристики углей, несмотря на громадный накопленный фактический материал, все еще сильно отстает от геологической изученности угольных месторождений. Давно уже стоит вопрос о создании единой геолого-промышленной генетической классификации углей, в которой были бы отражены, наряду с генетическими данными, степень метаморфизма, коксуемость, зольность, обогатимость и пр. Задача несомненно не простая, но требующая скорейшего разрешения, так как от этого в значительной мере зависит правильность оценки перспектив отдельных угольных районов.

Попытки создания новых классификаций имеются,— например, классификация углей, доложенная Н. М. Караваевым на XVII Международном геологическом конгрессе в 1937 г., работы группы А. А. Гапеева по Карагандинскому бассейну, доложенные на настоящем совещании, и др. Совещание пришло к выводу, что выработка классификации углей является первоочередной задачей геологов, химиков и углепетрографов.

Громадное значение для правильной характеристики угольных районов и шахтных участков, особенно в сложных тектонических районах с многочисленными пластами угля, имеет установление закономерностей метаморфизма углей еще в период разведки участка. В этой связи совещание отметило необходимость, наряду с тщательным углепетрографическим, физическим и химическим изучением образцов керна и шлама угля, изучать физические свойства (плотность, пористость и др.) вмещающих пород. Изменения свойств вмещающих пород дают ценные сведения для прогноза качества угля.

Комплексное изучение должно проводиться по одной методике. Предпринятое Главуглеразведкой Наркомугля составление и печатание ряда методических инструкций по опробованию угольных месторождений, определению метаморфизма углей и пр. необходимо продолжать, а также установить единую методику химического изучения угля, проводимого при поисковой и детальной разведке.

Большое значение для познания генезиса угля и правильного использования его в народном хозяйстве имеет изучение золы углей. Необходимо организовать систематическое изучение золы, особенно в районах с большой добычей угля.

Подлежат дальнейшему развитию также работы, устанавливающие связь между геологическим строением, качеством углей, метаморфизмом и газоносностью месторождений. В настоящее время при разведке новых участков характеристика газоносности почти не дается. Между тем опыт работ Института геологических наук и Института горного дела Академии Наук позволяет утверждать, что эта важная для промышлен-

ности характеристика новых участков может быть получена при разведке.

Наконец, по третьему разделу совещания — методика составления различных карт прогноза углей — были заслушаны доклады: А. К. Матвеева «Основные закономерности распределения углей в СССР и теоретические обоснования закономерности изменения их свойств», М. М. Пригоровского «Карта фактического и возможного распространения углей СССР», масштаб 1 : 2 500 000,— М. П. Бурцева. «Районные обзорные и регистрационные карты угольных месторождений», А. Э. Ульмер «Углепромышленная карта Подмосковного бассейна», И. И. Аммосова «Содержание и методика составления геолого-углехимических карт».

Совещание отметило большую ценность проводимых работ. Признано необходимым выработать систему и перечень различных типов карт прогноза и геолого-экономических карт, взаимно увязанных и уточняющих характеристики угольных богатств отдельных районов и страны в целом. Неразрешенным остался вопрос о единой методике составления геолого-углехимических карт. Разнообразие понятий, вкладываемое в этот термин, с одной стороны, отсутствие вполне законченной работы по какому-либо бассейну, с другой, наконец, возражение против самого термина «геолого-углехимическая карта» привели совещание к выводу о необходимости обсудить этот вопрос специально, ознакомившись предварительно с итогами работ Наркомугля по составлению геолого-углехимической карты Донбасса.

На совещании были заслушаны информационные доклады об основных научно-исследовательских работах по геологии угольных месторождений, проводимых Геологическим институтом Академии Наук (академик П. И. Степанов), Комитетом по делам геологии (А. К. Матвеев), Главуглеразведкой Наркомугля (С. А. Скробов), Воркутстроем (К. Г. Войновский-Кригер), Всесоюзным углехимическим институтом Наркомчермета (проф. Клопотов).

Специальный доклад, посвященный Донбассу, «Перспективы Большого Донбасса в свете задач восстановительного периода», был сделан академиком П. И. Степановым.

В работе совещания ежедневно принимало участие 50—70 человек из различных организаций, как-то: Геологический институт Академии Наук, Институт горючих ископаемых АН, Институт горного дела АН, СОПС АН, Главуглеразведка Наркомугля, Московское геолого-маркшейдерское бюро НКУ, Московский горный институт, Комитет по делам геологии при СНК СССР, Всесоюзный углехимический институт НКЧМ, Воркутстрой, Интастрой, ряд геолого-разведочных трестов Наркомугля и геологических управлений Комитета по делам геологии.

Участники совещания неоднократно отмечали своевременность созыва Совещания и большое положительное значение произведенного обмена мнений по методике изучения угольных бассейнов и угольных пластов. Ввиду недостаточного освещения в геологической литературе результатов научно-исследовательских работ по отдельным бассейнам (что отрицательно отражается на темпах и результатах как исследовательских, так и разведочных работ) совещание признало необходимым срочное издание заслушанных докладов.

Для обмена опытом изучения геологии угольных месторождений, угольных пластов и методики работ признано необходимым ежегодно созывать совещания работников учреждений, занимающихся изучением угля. Совещание одобрило предложение академика П. И. Степанова и мероприятия, проводимые по организации специального института геологии угля и нефти.

Ниже печатаются материалы, заслушанные на совещании.

По различным причинам нельзя было подготовить к печати полные тексты всех докладов. Часть докладов печатается в виде тезисов. По нескольким докладам (С. Н. Наумова, Е. П. Брунс, М. П. Бурцев) авторы не представили необходимого текста.

Так же неравномерно печатаются и графические приложения.

В оживленных вопросах и прениях, сопровождавших доклады, кроме уже перечисленных докладчиков приняли участие: Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, В. П. Батурин, Л. М. Сапожников, А. Г. Вологдин, Л. М. Бурина, Б. П. Епифанов, Н. П. Херасков, Р. М. Пистряк, Е. Ф. Чиркова, Е. А. Перепечина, Б. В. Аминев, А. И. Кравцов, Г. И. Бушинский, Н. С. Шорыгина, В. С. Яблоков, А. Т. Донабедов, О. И. Егорова, И. Ю. Лапкин, В. И. Розов, Е. И. Зайцева.

К сожалению, поместить в сборнике выступления в прениях, вопросы и ответы на них не удалось, так как это значительно увеличило бы объем сборника. Весь этот материал имеется в стенограммах, в Институте геологических наук АН и в Главуглеразведке Наркомугля. Тем не менее, несмотря на эти недостатки, печатаемый материал достаточно полно отражает большую работу, проведенную Совещанием, и мы уверены, что он поможет успешному разрешению ряда вопросов угольной геологии.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ВЫП. 90. УГОЛЬНАЯ СЕРИЯ (№ 2) 1947

Гл. редактор акад. *П. И. Степанов* Отв. редактор *В. С. Яблоков*

Ю. А. ЖЕМЧУЖНИКОВ

ЦИКЛИЧНОСТЬ СТРОЕНИЯ УГЛЕНОСНЫХ ТОЛЩ, ПЕРИОДИЧНОСТЬ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Каждая научная область на известной ступени своего развития неизменно переживает момент перехода от обилия накопленных и несвязанных между собой наблюдений к стройной и всеохватывающей концепции. В последней каждый ранее известный факт через установление новых закономерностей получает свое место в общей системе. Бесформенное нагромождение наблюдений упрощается, и здание науки начинает сводиться к небольшому числу основных истин, по отношению к которым все остальное — только следствия.

В области угольной геологии, в части, касающейся вещества углей, такой переворот произошел недавно в результате разработки микроскопического метода изучения углей и развития углепетрографии. Сейчас то же самое совершается на наших глазах в литологии угленосных толщ и в связанных с нею вопросах.

Еще недавно и вплоть до самого последнего времени в работах по геологии угленосных отложений можно было прочесть, что их «разрезы представляют собой «пестрое», «утомительное», а главное—«беспорядочное» чередование песчаников, глинистых и песчано-глинистых сланцев с углями и углистыми сланцами». В этой бесформенной и однообразной картине тонули индивидуальные черты и генетические особенности строения толщ каждого угольного бассейна и каждой свиты в отдельности.

Изучение разрезов сводилось к регистрации якобы случайного чередования пород, вмещающих пласты угля.

Робкие попытки наметить некоторые факты повторяемости литологических комплексов в западноевропейских угольных бассейнах принадлежали Кукуку и Шмидту [1], но они не сделались основной развернутой теорией.

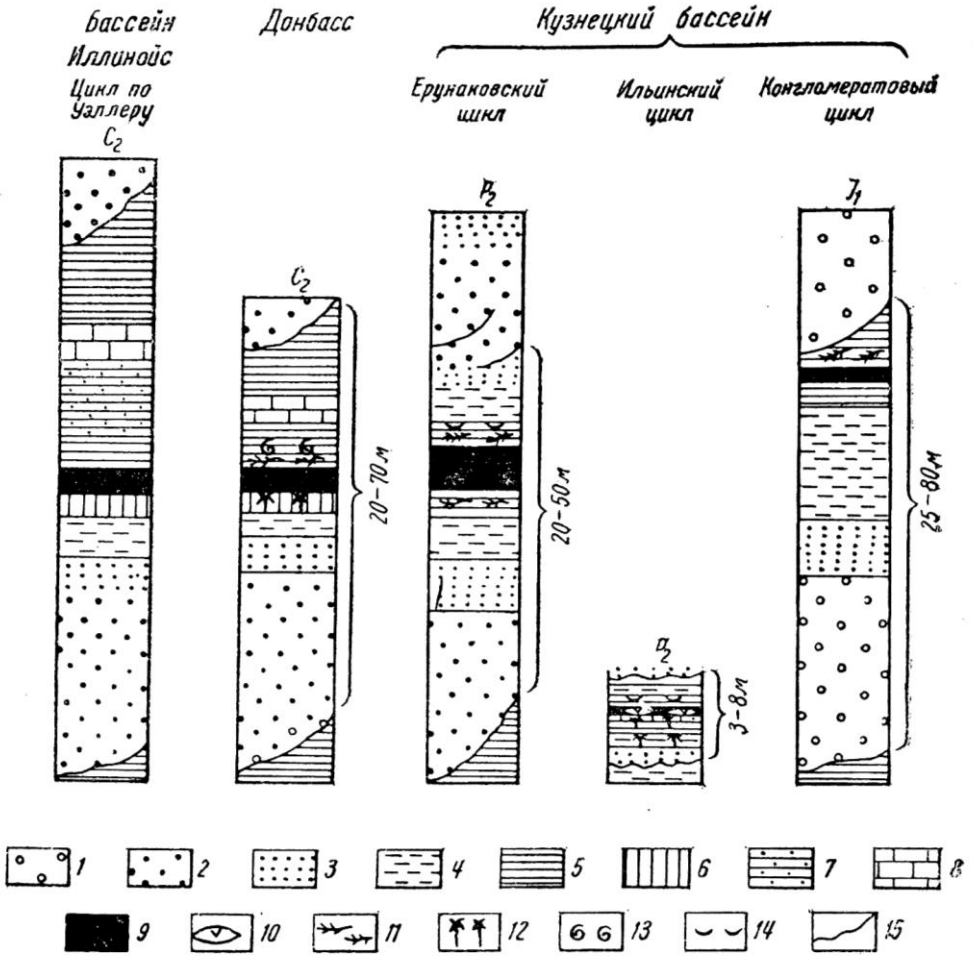
У нас закономерная смена известняков с угольными пластами и другими породами отмечалась в работах академика П. И. Степанова, Б. Ф. Мефферта и других исследователей Донецкого бассейна. Акад. Б. И. Чернышевым и Н. А. Ефимовым была констатирована определенная последовательность в смене фауны в кровле угольных пластов Дон-

[1] Согласно любезному указанию М. М. Тетяева, еще более определенно связывал повторяемость комплексов в бельгийских угленосных отложениях с перемещением береговой линии геолог Lahest в начале 1900-х годов.

басса, но все эти интересные данные не были обобщены и увязаны в общей системе.

В 1930 г. американские геологи во главе с Уэллером (Weller, 1930) выступили с концепцией «циклической седиментации», т. е. с идеей периодичности и колебательного характера осадконакопления в паралических бассейнах США.

Эта идея дала ключ к разгадке многих непонятных дотоле явлений и по-новому поставила многие старые вопросы.



Фиг. 1. Схема строения циклов различного типа и возраста.

1. Конгломерат. *2.* Песчаник крупно- и среднезернистый. *3.* Песчаник мелкозернистый. *4.* Песчано-глинистый сланец (алевролит). *5.* Глинистый сланец слоистый (аргиллит слоистый). *6.* Аргиллит неслоистый («кучерявчик»). *7.* Известково-глинистый сланец. *8.* Известняк. *9.* Уголь. *10.* Углисто-известковая порода («угольная почка»). *11.* Растительные остатки. *12.* Корневые остатки (вертик.) *13.* Морская фауна. *14.* Солоноватоводная и пресноводная фауна. *15.* Размывы.

В чем же состоит суть этой теории? Мы изложим ее в том виде, как она была обоснована Уэллером (1930), не входя в подробности, а затем покажем ее дальнейшее развитие у советских геологов в исследованиях, главным образом литологического направления.

Сущность теории Уэллера и других заключается в следующем. В чередовании пород угленосной толщи бассейна Иллинойс (и соседних) наблюдаются известная правильность и повторяемость. Это позволяет разделить угленосные осадки на ряд заключающих угольные

пласты комплексов, сложенных в нижней (подугольной) своей части континентальными, а в верхней (надугольной) части морскими отложениями. Явление можно иллюстрировать примерами, изображенными на фиг. 1.

Такие комплексы морских и континентальных осадков Уэллер называет циклами. Эту цикличность автор связывает с поднятиями и опусканиями суши, причем каждому циклу соответствует по одному опусканию и поднятию. Последнее и является причиной часто встречающегося размыва в основании циклов. Перед образованием угля наступает, согласно Уэллеру, период продолжительного покоя с развитием слабо дренированного профиля выветривания. Этот момент представлен так называемой «подстилающей глиной» и сопровождается распространением торфяных болот.

Кроме представления о смене континентальных и морских отложений в каждом цикле, существенное место в концепции Уэллера занимает вопрос о размывах и местных «несогласиях», с которыми почти каждый новый цикл ложится на размытые верхи нижележащего цикла. Это происходит в случаях, когда основание цикла представлено континентальными песчаниками.

Континентальный характер этих базальных песчаников цикла Уэллер доказывает отсутствием в них морской фауны, наличием линз и поясков галек, грубых растительных остатков, а главным образом — эрозионным, т. е. континентальным, характером размыва на их нижней границе. Такой характер размыва обоснован наиболее обстоятельно и доказывается следующими фактами:

1) песчаники эти среднезернистые или крупнозернистые, обычно резко обрезают подстилающие слои, иногда по волнистой линии; постепенные переходы между ними, как правило, отсутствуют;

2) в отдельных случаях наблюдается полное срезание некоторых членов предыдущего цикла, например известняков или углей, и залегание на различных слоях его, причем глубина размыва достигает иногда 20—30 м;

3) узкий и иногда крутой профиль поперечного сечения этих вымоин и разветвленность сети таких каналообразных углублений, прослеженных в американских бассейнах, не согласуется с образованием их в море подводными течениями; в последнем случае они были бы шире, положе и скорее параллельны друг другу, чем ветвисты, как речные русла с притоками;

4) подобные размывы наблюдаются только на одной стадии цикла и бывают приурочены к основанию континентальных песчаников; морские размывы могли бы проявляться в любой части их, но там они не наблюдаются.

Все это убедительно доказывает эрозионный, т. е. речной, характер размыва и связывает воедино местные размывы, перерывы в отложениях, обычное срезывание верхних слоев нижележащего цикла и континентальной (речной) характер самих базальных песчаников.

Не останавливаясь здесь на спорных воззрениях Уэллера на «подстилающую глину», как на верхний слой профиля выветривания, и на не совсем ясных тектонических представлениях (в деталях), мы резюмируем то новое и существенное, что дала теория «циклической седиментации». Она показала, что:

1) чередование пород в угленосных толщах отнюдь не беспорядочное, а, напротив, вполне закономерное;

2) вследствие известной повторяемости разрезы угленосных толщ можно подразделить на отдельные сходные комплексы (циклы),

обозримые по масштабу (20—50) и ограниченные по «набору» фаций и пород (обычно не более 10);

3) внутри каждого цикла породы чередуются с известной закономерностью снизу вверх: континентальные осадки — уголь — морские отложения;

4) контролирующим фактором цикличности служат поднятия и опускания, т. е. геотектоника, обусловливающая и перерывы (размывы) в отложениях.

В этих положениях заключается основной смысл новой теории осадконакопления угленосных толщ. Хотя она как будто была ограничена приложением к паралическим бассейнам карбонового возраста, но ею был дан идейный толчок и для более широких обобщений. Поиски закономерностей начались повсюду.

Несколько позднее американских работ — с 1932 по 1935 г. в Боровичском угольном районе начались исследования группы литологов (Е. П. Брунс, Н. Н. Форш и др.) под руководством покойного С. Ф. Малявкина. И вскоре перед ними обнаружились явления периодической, хотя и не абсолютной повторяемости отдельных звеньев нижнекарбоновых угленосных отложений, при все увеличивающемся кверху (к тульским и алексинским слоям) удельном весе морских осадков в разрезе. С теорией Уэллера советские литологи тогда еще подробно не были знакомы.

К сожалению, работы Боровичской группы задержались оформлением и были частично опубликованы значительно позднее (1935—1940 гг.). Однако они дают, особенно в работах Е. П. Брунс (1939), дальнейшее развитие идей циклического осадконакопления.

Сущность боровичских исследований сводится к следующему. Угленосная толща и вышележащие переходные слои можно разделить на небольшое число циклов, причем каждый новый верхний цикл по составу является все более морским и, наконец, переходит в алексинские известняки. Каждый цикл начинается с более или менее мощных песчаников, по фациальному составу относящихся к речным отложениям русел, с явными следами поступательной динамики среды, т. е. течений, и с залеганием в размытом ложе.

Смена фаций кверху происходит в закономерном порядке к более тонкозернистым отложениям застойных водоемов со слабой динамикой среды. Сюда относится и почва углей с аппендиксами стигмарий. В кровле угля развиты морские отложения с фауной, а в более верхних циклах и известняки. Обратный переход к более грубозернистым породам и прибрежным фациям обнаруживается иногда в верхних укороченных частях циклов, но обычно последние бывают смыты. Поэтому авторы делят цикл не на морскую и континентальную, а на трансгрессивную и регрессивную части. Трансгрессивная часть цикла начинается с его основания и заканчивается выше угольного пласта. Отложения речных осадков в русле перекрываются другими и сохраняются в разрезе лишь при опускании суши, т. е. в условиях трансгрессии, наступания моря и приближения береговой линии.

В боровичских работах наметилось:

1) сочетание идеи повторяемости (цикличности) с представлением о поступательном изменении циклов в геологической истории;

2) более углубленный анализ фаций (особенно речных) с учетом слоистости, гранулометрических различий, растительного материала и других литологических признаков;

3) разделение цикла на трансгрессивную и регрессивную части; последняя обычно сокращенная или вовсе смытая;

4) уточненные представления о размытом рельефе речного ложа соответственного цикла и морфологии осадков, полученные на основе детальнейшей сети буровых скважин.

В 1935 г. в своем курсе «Общая геология каустобиолитов» я излагал теорию Уэллера и выражал мнение, что угленосная толща Донецкого бассейна имеет такие же циклы и такие же закономерности строения, как и американские. Работами А. Н. Гейслера и А. А. Малявкина (1936), а также П. Ф. Ли в Донецком бассейне это было подтверждено. Литологически был доказан континентальный характер многих песчаников и наличие размывов внутри толщи.

В дальнейшем (1937—1939 гг.) цикличность была доказана в южном крыле Подмосковного бассейна (Ульмер), в Кизеловском (П. В. Васильев), в Карагандинском (Г. А. Иванов, П. Ф. Ли) бассейнах. Но все это были угленосные отложения каменноугольного возраста, в большинстве случаев паралические или близкие к ним. Правда, несколько позже в работах Г. Ф. Крашенинникова отмечается «ритмичность» отложений в Челябинском бассейне (рэт).

Опубликованный Е. О. Погребицким разрез нижнеюрских угленосных отложений Кок Янгака (Средняя Азия) с его четырьмя «свитами» позволяет видеть в этих свитах не что иное, как настоящие циклы. Каждая свита начинается резко мощными конгломератами в несколько десятков метров и венчается менее мощными тонкозернистыми породами с 1—2 рабочими пластами угля. Мощность этих циклов достигает 100 м. Но циклический смысл такого строения стал понятен только после работ в Кузнецком бассейне.

С 1938 по 1940 г. ведутся литологические исследования в Кузнецком бассейне Ю. А. Жемчужниковым и Е. П. Брунс, уже ранее установившей цикличность в Боровичском районе. Эти детальные работы захватили отдельные отрезки балахонской, безугольной (кузнецкой), ильинской, ерунаковской и конгломератовой (юрской) свит и подсвит. В результате исследования представление о цикличности строения угленосных толщ еще более углублялось и расширялось. Изучение этих пермских и юрских осадков показало, наряду с универсальностью циклического осадконакопления, и широкое разнообразие циклов и фаций в них для Кузнецкого бассейна. Наряду с некоторым сходством их строения в различных свитах (и подсвитах) выяснились и их индивидуальные и типичные особенности, позволяющие установить принадлежность части разреза к той или иной свите. Иллюстрируем эти положения на примере ильинской и ерунаковской подсвит, кольчугинской свиты пермского возраста и конгломератовой свиты юрского возраста. Что касается балахонской свиты, более сложной по составу, то она не внесет ничего особенно нового, а циклы безугольных отложений кузнецкой подсвиты несколько расплывчаты и потому не столь характерны.

Циклы ерунаковской (или верхней продуктивной) подсвиты отличаются, как правило, значительной мощностью (в среднем до 30 м) при достаточно большой мощности песчаников основания циклов. Эти песчаники имеют все характерные признаки русловых отложений: разнозернистость, грубую косую слоистость преимущественно одного направления, сложение из косолежащих линз, местами грубые обломки стеблей в виде ядер с обугленной периферией, пояски галек (сидеритовых и др.).

Как видно из фиг. 1, выше идут более тонкозернистые песчаники и алевролиты с горизонтальным наслоением — пойменные отложения. Последние переходы в еще более тонкозернистые осадки с возрастающим обилием растительных остатков. Над угольным пластом лежат аргиллиты и алевролиты, обычно явственно слоистые и нередко заключающие фауну пелеципод и остракод. Пелециподы, напоминающие пресновод-

ных, относятся разными исследователями то к пресноводным, то к солоноватоводным формам. В верхней части циклов обычно начинается переход к более грубозернистым, т. е. песчанистым, породам. Появляются следы размыва и грубопесчанистое основание нового цикла. Пласты угля здесь почти все рабочей мощности, обычно от 1 до 2 м. Уголь блестящий, однородный.

Совсем иначе выглядит нормальный цикл ильинской подсвиты. В подавляющем большинстве случаев это циклы малого масштаба (2—8 м) с тонким переслаиванием пород и с тонкими пропластками углей нерабочей мощности (5—20 см). Эти угли часто замещаются полностью или частично углисто-известковистой породой конкреционного происхождения. В основании циклов обычно лежат мелкозернистые светлорозоватые песчаники (до 1—2 м) с волнистой слоистостью, образующейся в условиях мелководного бассейна. При приближении к тонкому угольному пропластку породы делаются все более тонкозернистыми и постепенно приобретают признаки мелких застойных водоемов (отсутствие слоистости, хорошую сохранность растительных остатков, илистость и пр.). Под пропластком угля на одном или на нескольких горизонтах, в алевролитах или песчаниках, нередко можно наблюдать вертикальные или косостоящие корневидные остатки. Над углем обычно залегают слоистые аргиллиты (или уплотненные глины) с растительными остатками и с фауной пелеципод и остракод такого же общего габитуса, как и в ерунаковской подсвите. Цикл завершается регрессивной частью, почти так же развитой, как и трансгрессивная, с постепенным увеличением крупности зерна вплоть до мелкозернистого песчаника, подобного вышеописанному, с волнистой слоистостью. Иногда он лежит «трансгрессивно» на значительно более тонкозернистой породе. Размывы здесь не так интенсивны.

Таким образом, не только масштаб циклов, но и характер и весь набор фаций в т и п и ч н о м ильинском цикле отличен от ерунаковского. Отсутствуют, как правило, речные и вообще чисто наземные фации, кроме угля, а преобладают водно-прибрежные фации мелководья открытого бассейна и замкнутых водоемов.

Еще более характерно это отсутствие наземных фаций, в том числе углей, в безугольной свите юга Кузбасса, где мы видим исключительно бассейновые фации и притом не самые прибрежные.

Совсем особняком стоят циклы конгломератовой (юрской) свиты на юге бассейна. Они на 50—75% состоят из конгломератов, частью из песчаников, и только в небольшой доле из тонкозернистых пород. Надугольная часть такого цикла, достигающего иногда 50—80 м мощности, очень небольшая и быстро срезывается конгломератовым основанием вышележащего цикла. Пласт угля до 1—1.5 м мощности слагается растительным детритом, без крупных стеблевых остатков (витрена). Он образуется, повидимому, в каких-то болотно-озерных условиях, и возможно, что озерные фации залегают в кровле пластов. Детальный фациальный анализ, именно изучение сохранности растительных остатков, слоистости и прочих литологических признаков, привел нас к выводу об отсутствии здесь фаций открытого бассейна, сообщающегося с морем, и наличии фаций исключительно наземных. Конгломераты и подчиненные им песчаники носят черты пролювиально-аллювиальные, т. е. отложений конусов выноса речных межгорных долин. В верхней части цикла преобладают мелкоозерные фации, не связанные непосредственно с морским базисом эрозии, влияющим, однако, на них косвенно. Возможно, что цикличность здесь связана с поднятиями в области сноса.

Таким образом, юрские циклы очень далеки от пермских и каменноугольных по многим признакам, и все же явление ц и к л и ч н о с т и

и ряд ее закономерностей сохраняют в них свою силу. Это позволяет говорить о типизации циклов и о том, что циклы отражают характерные особенности представляемых ими свит и других стратиграфических подразделений.

Работами в Кузбассе было расширено самое содержание понятия цикличности на ряд специальных вопросов, которые рассматривались вне всякой связи с циклами. Так, Е. П. Брунс на основании детальнейших наблюдений в ильинской подсвите и в других установила «цикличность» и в смене растительных остатков. Дальше от угля, особенно в речных фациях оснований циклов, растительные остатки встречаются исключительно в виде грубых обломков стеблевых частей или в виде детрита, т. е. в явно аллохтонной форме. Этому отвечает и плохая сохранность. В промежуточных алевролитах растительное вещество наблюдается только в виде детрита. К почве и к кровле угольного пласта количество растительных остатков увеличивается, а сохранность заметно улучшается. Очевидно, это связано с сокращением переноса в фациях, непосредственно граничащих с фацией углеобразования.

Эти наблюдения по-новому ставят вопрос об автохтонии углей, которая вытекает из вполне определенного места угольного пласта в цикле и из того, что уголь образуется по границе застойных водоемов со слабой динамикой среды. Растительные остатки далеко переноситься не могли, что, конечно, не исключает возможности некоторого перемыва и передвижек растительного материала внутри площади углеобразования.

По-новому может быть поставлен и вопрос об угленосности отдельных свит, горизонтов и участков в связи с характером и масштабом циклов, наличием определенных фаций и т. п., что заслуживает специальной трактовки.

Отмечу только, что имеющиеся данные как будто говорят в пользу того, что для появления пластов угля рабочей мощности благоприятной предпосылкой является наличие мощных циклов (десятки метров) с чисто наземными фациями в основании. Преобладание «бассейновых» фаций, напротив, является признаком понижения угленосности и даже ведет к полному исчезновению углей.

Слоистость, тяжелые минералы и пр. — все это подчиняется циклическим колебаниям помимо общего поступательного изменения, которое ощущается от свиты к свите.

Таким образом, литологические работы в Кузбассе продвинули вперед теорию циклического осадконакопления, показав, что:

1) цикличность присуща не только карбоновым, но и пермским и юрским толщам, т. е. вообще свойственна всем геологическим эпохам и связана не только с паралическими, но и с лимническими бассейнами (юра);

2) циклы по своему масштабу и «набору» фаций весьма разнообразны, и их типы характеризуют отдельные части угленосных толщ, свиты, подсвиты, горизонты и т. д.; отсюда возникает проблема типизации циклов;

3) еще более углубился фациальный анализ;

4) расширилось самое представление о цикличности, как охватывающее все признаки осадков.

В 1942—1943 гг. мне пришлось снова заняться уже сплошными разрезами кузнецкой и ильинской подсвит в Кузнецком бассейне. Изучение велось с целевым назначением — дать подробное стратиграфическое расчленение свит литологическими методами.

Резюмируя вкратце основные достижения в этом направлении, отметим, что:

а) цикличность позволяет расчленять свиты (подсвиты) на горизонты, отличающиеся масштабом или характером циклов;

б) применяя статистический подход и оперируя со средней мощностью циклов, слоев, отдельных пород и углей, оказалось возможным провести рациональную границу между подсвитами (ильинской и ерунаковской); резче всего эта граница выявляется по среднему масштабу циклов и по угленосности.

В развитии теории циклического осадконакопления еще многое надлежит сделать и прежде всего осуществить прослеживание циклов по простиранию и др. Тем не менее уже сейчас можно констатировать, что и в уже достигнутом до сего времени значение этой теории достаточно велико. Ее значимость выходит далеко за пределы угленосных толщ, а в них самих далеко за границы карбоновых паралических бассейнов и первоначальных формулировок. Действительно, юрские циклы Кузнецкого бассейна и одновозрастные циклы ферганских угольных месторождений имеют много сходного, но и те и другие весьма отличны от пермских толщ Кузбасса и тем более от каменноугольных толщ Донбасса и Иллинойса. Напротив, циклы этих последних, столь удаленных друг от друга отложений одного геологического возраста опять-таки имеют много общего. Выявляется возрастное единство и типизация циклов по геологическим эпохам на больших площадях. Это придает теории цикличности в современном ее виде более общее значение.

Разделение угольного цикла на морские и континентальные отложения оказалось также лишь частной закономерностью, справедливой для карбона и, может быть, отчасти для перми, но не отвечающей большинству юрских бассейнов. В последних чаще всего циклы состоят из одних континентальных фаций, удаленных от морского берега [1]. Цикличность осадков, следовательно, существует и в лимнических бассейнах.

Это расширенное толкование цикличности — первое следствие развитой теории.

Второе следствие заключается в ее полном соответствии новейшим течениям в геотектонике. Накопление цикла в 30—80 м или десятка циклов в 3—8 м нельзя объяснить иначе как периодическими опусканиями с последующей компенсацией осадками. Накопление всей мощной толщи несомненно связано с общим опусканием суши, т. е. перемещением береговой линии, обусловившим и смену фаций. Напротив, «несогласия» и континентальные размывы на границе двух циклов только и могут быть поняты как следствие периодического поднятия. Таким образом, цикличность строения угленосных толщ тесно связана с колебательными движениями в земной коре [2]. Цикличность отражает колебательный ритм движения и общее опускание в определенной части земной коры. Аксель Борн в докладе на Вашингтонском международном геологическом конгрессе в 1933 г. подсчитал даже, что один американский цикл отвечает длительности около 400 000 лет, что указывает и на продолжительность одного полного колебания.

Не менее важным третьим следствием развития теории является тот вклад, который дает теория цикличности в общую теорию осадконакопления. На основании ее сейчас становится наглядным представление о «неполноте геологической летописи» не только в угленосных, но и всяких, в том числе и в морских, толщах, обычно на практике не принимавшейся во внимание. Сохранившиеся части циклов (чаще всего без регрессивной части и с размытыми верхами трансгрессивной) — только

[1] Ср. последние исследования Е. П. Брунс в Фергане.

[2] М. М. Тетяев. Основы геотектоники. 2-е изд. 1941, гл. 8.

остатки всего осадкообразования, отвечающего каждому колебанию. Осадконакопление — это суммарный результат образования осадка и его размыва в момент поднятия. Следовательно, осадки в разрезе соответствуют обычно только некоторой части времени опускания и отражают лишь небольшую долю времени каждого колебания. Цикличности строения угленосных толщ отвечает периодичность [1] и прерывистость осадконакопления в каждой точке. Но это не противоречит непрерывности осадкообразования на поверхности земли в целом.

Четвертое следствие развития теории — это возникновение естественного вопроса, не является ли значение ее закономерностей более универсальным, чем только приложение ее к случаю угленосных толщ. Если они связаны с тектоническим режимом земной коры, т. е. с всеобщим явлением, то такое предположение становится весьма правдоподобным. И действительно, недавние замечательные исследования Н. Б. Вассоевича в кавказском флише показали «ритмичность» отложения морских третичных флишевых толщ. А. В. Хабаков установил такую же ритмичность в пермских флишоидных толщах Урала. Н. Н. Форш обнаружил «цикличность» в отложениях татарского яруса (пермь — триас) и Е. П. Брунс в таврической толще Крыма (триас — лейас). Фребольд, а затем Бринкманн давно обнаружили цикличность некоторых морских мезозойских отложений с фауной. Элиас доказал то же самое и в пермских морских слоях Big blue в США. Этот перечень можно было бы продолжать и дальше и констатировать, что повторяемость аналогичных комплексов, т. е. «цикличность» и «ритмичность», свойственны не только угленосным, флишевым, морским, но и вообще всевозможным фациям, если их начать изучать с такой точки зрения.

Новые исследования, несомненно, докажут еще большую универсальность этого явления.

Пятое следствие касается угленосных толщ, но может быть распространено и на другие осадки. Фациальный анализ угленосных отложений с неопровержимостью доказывает, что они и даже их мелкие части — циклы, состоят всегда из нескольких фаций, иногда широкого диапазона. Следовательно, угленосная толща — полифациальное накопление, и ее неправильно называть фацией. Скорее ее можно причислить к формациям и говорить об угленосной формации как о своеобразном комплексе генетически связанных друг с другом фаций, наподобие флишевой или молассовой формации.

Следует подчеркнуть, что обрисованное выше литологическое исследование показало и разнофациальность самого угленосного пласта (ср. карбон — юра) как промежуточного слоя между кровлей и почвой. В Донбассе — это фация приморских лагун. В палеозое Кузбасса — это фация приустьевых застойных заболоченных водоемов, по окраинам крупного спресненного бассейна, соединяющегося с морем. В юрских отложениях Кузнецкого бассейна — это болотно-озерные отложения межгорной долины и т. д.

---

[1] «Периодичность осадконакопления» в смысле циклической седиментации не следует смешивать с таким же термином и «законом», установленными проф. Л. В. Пустоваловым (1939), хотя они отнюдь не противоречат, а скорее дополняют друг друга. Закономерность Л. В. Пустовалова связывается им с диастрофическими циклами, с большими эпохами складчатости и с крупными (порядка целых эр) промежуточными циклами эрозии. Разбираемая здесь периодичность — явление гораздо более мелкого масштаба; она связывается с многочисленными в каждом периоде колебательными эпирогеническими движениями. Эти две закономерности находятся в таких же взаимоотношениях, как колебательная форма тектогенеза и складчатая. Накладываясь одна на другую и подкрепляя друг друга, они подтверждают периодический характер осадконакопления в геологической истории.

Одним словом, существуют у г о л ь н ы е ф а ц и и, а не одна угольная фация. Они меняются от одной эпохи углеобразования к другой. И здесь господствует не абсолютная повторяемость, а поступательное движение.

Что касается набора фаций в угольном цикле, то он также не остается одинаковым на протяжении геологической истории, а изменяется от эпохи к эпохе. Если сейчас мы стремимся подметить нечто общее, то с дальнейшим углублением нашего знания будут выявлены все возрастные и индивидуальные различия, зависящие от изменения обстановки.

Наконец, ш е с т о е следствие — и это может быть самое главное — новые представления дают и новый метод исследования угленосных толщ. Строго говоря, только на основе теории периодического осадконакопления стало впервые возможно подлинное научное познание угленосных отложений. До сих пор оно сводилось к регистрации случайного чередования песчано-глинистых пород. Теперь оно становится освещенным руководящей идеей прослеживания закономерной смены пород в отдельных литологических единицах — циклах и в разрезе.

Сущность циклической седиментации как метода исследования заключается в тесном сочетании принципа цикличности с фациальным анализом. Последний в элементарном виде применялся и раньше. Но могущественный стимул развития в угольной геологии ему дан только разделением на циклы и прослеживанием фациальных изменений внутри цикла. Цикличность без углубленного фациального анализа — лишь формальный механистический прием. Анализ фаций без цикличности — как вышивка без канвы — лишен направляющего стержня. Только сочетание этих двух принципов делает усилия плодотворными и ведет к развитию каждого в отдельности.

Детальное рассмотрение методики литологического изучения угленосных толщ на основе теории цикличности заслуживает специальной статьи. Здесь уместно только в самом конспективном виде наметить основные ее особенности, не вдаваясь в подробности. Последнее облегчается тем, что все они логически вытекают из теоретических представлений и из указанных выше двух основных принципов.

1. Изучаемая толща или ее отдельные части при рекогносцировке разбиваются на ряд комплексов; эти последние на еще более мелкие литологические единицы до циклов первого (минимального) порядка включительно.

2. Среди них выделяются типичные отрезки разреза или отдельные типичные циклы, которые подвергаются особо тщательному и подробному изучению.

3. Изучение типичных циклов и циклов вообще является отправным пунктом для сравнительной характеристики отдельных стратиграфических подразделений и для прослеживания изменений в толще от одной свиты к другой.

4. Для определения кластических пород применяется более дробная и уточненная классификация по гранулометрическому составу, чем это практиковалось раньше при разведочных работах.

5. При изучении осадков и пород определяется не только литологический, но и ф а ц и а л ь н ы й характер каждого слоя.

6. Угли и углистые породы изучаются петрографически, и при этом делаются фациальные выводы. Последние увязываются с результатами изучения вмещающих уголь пород.

7. Особенно важными для фациальной характеристики признаками являются: гранулометрический состав, слоистость, растительные и животные остатки, включения, контакты между слоями и т. п.

8. Для фациального анализа используются не только каждый литологический признак в отдельности, но и их сочетание в каждом слое, а также направление их изменений от слоя к слою.

9. С точки зрения подвижности среды отложения осадков угленосные фации подразделяются прежде всего на три группы: 1) фации текучих вод, 2) фации открытых бассейнов (с волнением или, реже, с течением) и 3) фации застойных водоемов (например болот или зарастающих озер). Затем они подвергаются дальнейшему расчленению.

10. Для тщательно отбираемых флоры и фауны описываются экологические условия залегания и сохранения ископаемых остатков.

11. Обращается особое внимание на возможность количественного изучения отдельных признаков, для чего ряд величин подвергается измерению и материал обрабатывается статистически (мощности циклов и слоев, углы наклона косых слоев, размеры и направления знаков ряби и т. п.).

Изучать все литологические и палеонтологические изменения внутри цикла в зависимости от положения в цикле и от цикла к циклу, сравнивать циклы между собой, уметь увидеть в изменении циклов поступательный ход развития, мыслить циклами — вот элементы нового методического подхода.

Его применение еще только начинается, его развертывание находится еще впереди.

30495

Таким образом, теория циклического осадконакопления — это не только эффективный способ восприятия и охвата многообразных фактов в единой общей концепции, но и новый острый метод познания угленосных толщ, открывающий широкие перспективы.

Подведем итоги. Что дала теория циклического осадконакопления в ее современном виде?

1. Отчетливое представление о том, что чередование пород в угленосной толще не беспорядочно, а вполне закономерно.

2. Эта закономерность состоит, во-первых, в многократной повторяемости аналогичных, но не тождественных комплексов (циклов) и, во-вторых, в определенной последовательности пород (фаций) в самих циклах.

3. Угольный пласт в этой последовательности занимает вполне определенное место, отвечающее фации максимального развития автохтонной растительности.

4. Угленосная толща и каждая ее элементарная единица — цикл — состоят из целого комплекса соседних и генетически связанных друг с другом фаций.

Вся толща и цикл являются поэтому не моно-, а полифациальными образованиями, в силу чего следует говорить об угленосной формации как совокупности различных фаций.

5. Указанные закономерности и смена фаций в разрезе связаны с опусканиями и поднятиями, т. е. с колебательным тектогенезом.

6. Этот последний различно проявлялся во времени и пространстве, чем определяются сходства и различия в масштабе и характере циклов разных угольных бассейнов, в наборе фаций, в мощности угольных пластов и других звеньев цикла и т. п. В особенностях циклов выражается поступательный ход геологической истории и индивидуальный облик углеобразовательных эпох и провинций.

7. Накопление осадков в каждой точке совершается обычно с перерывами, с размывом и является, таким образом, процессом прерывистым и периодическим.

Министерство
Свердловского
горного института
им. В.В. ВАХРУШЕВА

8. Это явление, как связанное с колебательными движениями, оказывается гораздо более универсальным, чем принято думать. Оно наблюдается во многих надугленосных фациях и формациях, в частности в морских, и несомненно ляжет в основу будущей единой теории осадконакопления.

9. Теория циклической седиментации дает исходный пункт и решительный толчок для новых достижений, частных приложений и широких обобщений в угольной геологии, имеющих большое теоретическое и практическое значение.

10. Наконец, теория эта коренным образом преобразует всю методику исследования угленосных толщ, сильно раздвигая границы их познания и открывая этим широкие перспективы для новых завоеваний.

После сравнительно короткого, но плодотворного прошлого и обнадеживающего настоящего эта теория и новый метод имеют все шансы на блестящее развитие в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

Брунс Е. П. Основные черты строения и условий образования песчано-глинистой угленосной толщи Ленинградской области. Сборник Ленингр. геол. упр. № 3, 1939.

Брунс Е. П. Косая слоистость в песках нижнего карбона Боровичского района. Сб. «Косая слоистость и ее геологическая интерпретация». Тр. ВИМС, 1940, вып. 163.

Брунс Е. П. О литологических исследованиях кольчугинской свиты Кузбасса. Автореферат. Сов. геол., 1940, № 4.

Гейслер А. Н. и Малявкин А. А. Литологическое изучение угленосных отложений Донецкого бассейна. Фонды ВСЕГЕИ, 1936.

Жемчужников Ю. А., Брунс Е. П. и Грачева О. Ф. Литологическое изучение угольных пластов и вмещающих пород как единого генетического комплекса в Кузбассе. Фонды ВСЕГЕИ, 1940.

Жемчужников Ю. А. и Брунс Е. П. Тезисы докладов. Изд. Томск. техн. инст. к юбилейной сессии его в 1940 г., Томск.

Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, т. I, М.—Л., 1939.

Ульмер А. Э. К вопросу о генезисе осадков нижнего карбона Сталиногорско-Донского района. Пробл. сов. геол., 1938, № 2.

Weller J. M. Cyclical sedimentation of the Pennsylvanian period and its significance. Journ. of Geol., 1930, 38, № 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Акад. П. И. Степанов и В. С. Яблоков. Задачи и итоги совещания по геологии угольных месторождений 1

Ю. А. Жемчужников. Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения 7

Г. А. Иванов. О циклическом строении угленосных отложений Воркутского месторождения 19

Г. Ф. Крашенинников. Проблема циклов в угленосных толщах 21

Т. Н. Давыдова и П. Л. Гольдштейн. Выделение генетических типов отложений как основа литогенетических исследований угленосных толщ . . 28

Н. С. Городецкая. Сравнительный анализ результатов литогенетического изучения Буреинского, Челябинского и Кизеловского бассейнов 45

П. В. Васильев. Методика изучения немых угленосных толщ на примере Кизеловского каменноугольного района 53

А. Э. Ульмер. Стратиграфия и история накопления нижнекаменноугольных отложений Подмосковной котловины (Анализ строения осадков циклов накопления и его практическое применение) 70

Г. А. Иванов. Принципы детального литологического расчленения угленосных отложений и рациональной индексации угольных пластов 74

Г. Ф. Крашенинников. Угольные месторождения внутренней зоны Уральской геосинклинали 76

А. З. Широков. Угленакопление в геосинклиналях и на платформах 88

К. Г. Войновский-Кригер. Некоторые вопросы структуры Печорского угленосного бассейна 103

Г. А. Иванов. Угленосность северо-восточной части Печорского бассейна (тезисы) 108

А. П. Ротай. Новые данные по угленосности южной части Печорского бассейна 111

А. И. Егоров. Условия карбонового угленакопления северо-восточного Казахстана (тезисы) 134

А. Н. Криштофович. Новые методы изучения изменения угольного вещества (стенограмма) 139

И. Э. Вальц. Петрографический состав кизеловских углей и влияние его на коксующие свойства и обогатимость (тезисы) 145

Н. Г. Титов. Особенности превращения гумуса при образовании бурых и каменных углей (тезисы) 147

Б. И. Кустов и Г. Л. Кушев. Угли Казахстана, их качество и классификация 149

А. А. Гапеев. Схема классификации углей Карагандинского каменноугольного бассейна (тезисы) 168

В. К. Упоров. Распределение коксующихся углей в Карагандинском бассейне (тезисы) 170

А. А. Любер. Углепетрографические основы для определения состава и распределения коксовых углей в Карагандинском бассейне (тезисы) 173

В. И. Яворский. Геология Кузнецкого бассейна 175

В. В. Станов. Метаморфизм углей Кузнецкого бассейна 185

М. М. Пригоровский. Карта фактического и предполагаемого распространения углей СССР 195

А. К. Матвеев. Основные закономерности распространения углей в СССР и теоретические обоснования закономерностей изменения их свойств 202

И. И. Аммосов. Содержание и методика составления геолого-углехимических карт 213

Акад. П. И. Степанов. Большой Донбасс в свете задач восстановительного периода 225

Решения Геологического угольного совещания 227

Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета Академии Наук СССР

РИСО АН СССР № 2629. А-11066. Тип. заказ № 2721. Формат бум. 70×108. Печ. л. 15+2 вклейки. Уч.-издат. 22.5. Тираж 1500.

2-я типография. Издательства Академии Наук СССР, Москва, Шубинский пер., д. 10

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СБОРНИК

I

ГОСТОПТЕХИЗДАТ
1948

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книжка представляет собой первый сборник[1] докладов, прочитанных на общих собраниях Литологического кружка Всесоюзного нефтяного научно-исследовательского геолого-разведочного института. С ноября 1945 г. по май 1946 г. состоялось 9 заседаний, на которых было сделано 22 доклада и кратких сообщений. В настоящем сборнике печатаются только те доклады, которые были оформлены к 1 мая 1946 г.[2]

Мысль о создании Литологического кружка именно в Нефтяном институте является весьма естественной. Нефтяная геология более чем какая-нибудь другая отрасль учения о полезных ископаемых нуждается в литологических исследованиях. Не только в научно-исследовательском институте, но и в производственных нефтяных трестах имеются литологические лаборатории. А тяга к литологическим методам, к фациальному анализу, к палеогеографическим построениям не чужда почти каждому нефтяному геологу по самому существу его работы. Поэтому идея организации кружка нашла живой отклик в Нефтяном институте. Кружок избрал президиум в составе председателя — Ю. А. Жемчужникова, заместителя председателя — Н. Б. Вассоевича и ученого секретаря — А. С. Корженевской.

При выработке программы можно было идти двумя путями: 1) начинать с конкретных и частных литологических методик и результатов исследований или 2) поставить на обсуждение ряд общих принципиальных вопросов, касающихся учения об осадочных породах.

Литологический кружок пошел по второму пути вследствие несомненной тяги к пересмотру теоретических положений.

Докладчик Д. В. Дробышев на первом заседании кружка поставил ряд вопросов о связи литологии и палеогеографии с нефтяной геологией, что определяет в значительной мере степень и профиль литологического кружка. Некоторые из поставленных проблем нашли частичное, но более детальное освещение в других докладах.

Среди вопросов, нашедших отражение в докладах кружка, выделяется проблема фаций. Этот вопрос был освещен непосредственно в 6 докладах: Б. П. Марковского, Д. В. Наливкина, Л. Б. Рухина,

---

[1] Второй сборник готовится к печати. *Ред.*

[2] К сожалению, не был представлен интересный доклад Д. В. Наливкина «О фациях».

Н. Б. Вассоевича, В. К. Василенко и Ю. А. Жемчужникова. Косвенно же он был затронут и в докладах А. В. Хабакова о палеогеографических методах, Р. Ф. Геккера о палеоэкологии и в сообщениях, касающихся принципа актуализма. Таким образом, весь этот сборник идет под знаком изучения фаций. Да это и не мудрено. Фации — это основа основ всей современной литологии.

Фациальный анализ для угольной и нефтяной геологии представляет наиболее актуальную задачу. Не меньшее значение имеет он и в палеогеографии, которая с каждым днем приобретает все большее практическое значение для разрешения ряда весьма ответственных геологических заданий. Этим определяется палеогеографическое устремление кружка, которое пока еще не нашло полного отражения в его тематике, но, несомненно, выявится в будущем.

За последние 10—12 лет фациальный анализ в нашей стране сильно двинулся вперед благодаря многочисленным работам в ряде областей и особенно в угольной и нефтяной геологии (флиш). Имеющиеся сводки Д. В. Наливкина, относящиеся к 30 годам, Твенгофела (английское издание 1932 г.) и даже сравнительно новый курс Л. В. Пустовалова (1940 г.) — естественно не могли отразить всех новейших достижений. Отсюда понятно стремление пересмотреть не только фациальные закономерности, но даже и самые определения фации, которые обнаружили большую пестроту. Критическому историческому обзору таких определений посвящен доклад Н. Б. Вассоевича. Автор стремится упорядочить разросшееся применение термина фация и вносит ряд новых терминологических предложений.

Весьма конструктивным явился доклад Б. П. Марковского. На основе критики других определений он содержал свое определение фации, как совокупности физико-географических условий образования осадка.

Д. В. Наливкин в своем сообщении повторил определения современной и «ископаемой» фации, данные им в «Учении о фациях» и дополнил это предложением объединять группы фаций в сервию, группу сервий в топархию, а комплекс топархий в формацию. Эти более широкие группы Д. В. Наливкин понимал в географическом аспекте как лежащие рядом друг с другом.

В. К. Василенко противопоставляет фации как различные особенности пород, наблюдающиеся одновременно и рядом, — сукцессиям, которые проявляются во времени и находятся в разрезе друг над другом.

Л. Б. Рухин, говоря, в сущности, о целой — разнородной — группе фаций («песчаные фации»), провел очень интересную мысль, что в геосинклинальных, платформенных и переходных областях они закономерно сменяют друг друга. Этот вывод требует, однако, более широкого фактического обоснования. Во всяком случае делается очевидным, что уже назрела необходимость объединения фаций в парагенетические группы и искать причины этого парагенезиса в каких-то более общих геологических условиях, например, в геотектонических.

Идея цикличности и ритмичности отложений, все чаще появляющаяся у различных авторов, также отвечает этой назревшей потребности. В сообщении Ю. А. Жемчужникова была сделана попытка уточнить некоторые понятия, близкие к понятию о фации, но не тождественные с ним и разграничить их. Это было выполнено на основе схемы того логического процесса отвлечения, каким идет литолог в своей практической работе. На современном этапе наших знаний лучше всего включать в определение фации и генетические признаки, и генетическое толкование вместе.

В докладе Р. Ф. Геккера показаны на ряде конкретных примеров тонкие способы распознавания условий и обстановок прошлого при помощи наблюдений над условиями захоронения фаунистических остатков (биостратономия и палеоэкология). Это — ажурная работа литолога, умозаключающего о связи среды и включающего его биоценоза или танатоценоза, несомненно должна найти широкое применение в нефтяной геологии. Это скорее метод будущего, чем настоящего, требующий еще пропаганды, методического оформления и усилий для внедрения.

Интересный доклад А. В. Хабакова о динамической палеогеографии бил как нельзя более в точку современных тенденций в учении об осадочных породах. Он показал, что имеющиеся попытки при помощи «числа и меры» вывести палеогеографические закономерности, имеют весьма обнадеживающий характер. Эти попытки опираются, главным образом, на массовые наблюдения и измерения отдельных литологических признаков. Подобными методами возможно раскрыть не только статику, но и динамику палеогеографических явлений. Эти методы должны сделаться не только желательными для нефтяной геологии, но они должны войти в повседневную практику геологов нефтяных месторождений.

Доклад Е. П. Брунс, правда, на материале угольных месторождений, дает прекрасную картину того, что может дать в основе литологическое, по сути дела комплексно-геологическое, по устремлению — палеогеографическое исследование. Статья Е. П. Брунс, сопровождаемая прекрасными иллюстрациями, дает очень много материала для размышления по вопросам генезиса и палеогеографии континентальных толщ.

Кроме фаций и палеогеографических методов, следующим по важности затронутых вопросов является проблема актуализма. Ей было посвящено пять докладов, включая два экспериментальных. В выступлении Ю. А. Жемчужникова намечены принципиальные ограничения для безоговорочного перенесения наблюдений настоящего для объяснения прошлого. Но вместе с тем подчеркнуто, что эти рамки нисколько не опорочивают метод актуализма, а напротив, содействуют его развитию, необходимость которого назрела

Помимо чисто теоретических рассуждений о самом принципе актуализма, на заседаниях кружка были сделаны сообщения о лабораторных экспериментах в области осадкообразования. Это — доклады А. А. Вейхера, И. И. Ратковского и Н. Г. Чочиа. В первом — результаты опытов осаждения песков трактуются математически и делается ряд генетических выводов. Во втором — являю-

щимся лишь первым кратким сообщением о произведенных экспериментах в сосуде — намечается еще ряд сообщений, освещающих другие стороны осадкообразования. Эта область исследования — воспроизведение природных процессов в лаборатории — должна приобрести большое значение для нефтяной геологии и для литологии в будущем. Должны быть созданы целые лаборатории подобного типа с широкой и продуманной программой опытов. Здесь, мне думается, заключается важный элемент прогресса литологии.

Несколько особняком стоит доклад **А. Б.** Вистелиуса, напечатанный в данном сборнике. Он указывает на возможности обнаружения математическим путем таких закономерностей, которые простым визуальным способом не выявляются. Это касается скрытой ритмичности какого-нибудь порядка и других свойств осадочных толщ, ранее изученных автором. Вообще применение математики, начиная с простой статистики, в литологии должно быть очень плодотворным и эта новая еще тенденция ее может быть всецело поддержана. Геологами-нефтяниками собран огромный материал, требующий обработки и в этом направлении. Создание при ВНИГРИ особой лаборатории математической обработки данных — естественный этап на этом пути.

В сообщении Е. В. Рухиной, представляющем критический реферат некоторых глав книги Кернера-Марилауна «Палеогеография», трактуются ошибки актуалистического метода, которых надо избегать. Возможные ошибки нужно всегда иметь в виду, но не следует принимать чересчур скептической точки зрения немецкого автора, что и указывается референтом.

Одно заседание кружка было целиком посвящено памяти безвременно умершего талантливого петрографа-осадочника В. П. Батурина. Значение его работ для нефтяной геологии освещено в докладе Д. В. Дробышева.

Несмотря на различные оттенки во мнениях, а иногда и явные разногласия, все статьи сборника вместе взятые, однако, обладают некоторыми общими чертами.

Первая объединяющая их черта — стремление поставить обсуждение животрепещущих проблем современной литологии (и геологии) на принципиальную основу, увязать их с общим современным геологическим мировоззрением. Эта особенность отвечает назревшей потребности в широких геологических кругах пересмотреть свои теоретические позиции, перетряхнуть основные спорные вопросы геологии.

Отсюда вытекает и вторая общая черта — склонность к логическому развитию понятий и отход от довлеющего эмпиризма, свойственного описательным геологическим работам. Принципиально тематический подход явно преобладает здесь над региональным.

Третья объединяющая черта — это искание новых путей и новых методов в науке, отсутствие страха перед новыми идеями и подходами и перед высказыванием собственного мнения, хотя бы и несовпадающего с общепризнанным. Эта замечательная черта в творческой работе советских геологов несомненно найдет свое от-

ражение и в последующих докладах на заседаниях Литологического кружка.

Как бы ни были различны высказывания отдельных авторов по разбираемым вопросам, но в совокупности они дадут достаточную пищу для размышления и для выработки собственных взглядов по вопросам о фациях, об актуализме, палеогеографии и т. д. В этом значение данного сборника, представляющего только первый шаг на выбранном пути.

Задумываясь о переживаемом советской геологией этапе, приходишь невольно к заключению, что ближайшее будущее регионального изучения нашей страны в освоенных ее частях тесно свяжется с палеогеографическими методами. Скорее всего именно палеогеографические карты лягут в основу прогнозов не только для нефти и угля, но и для многих других полезных ископаемых.

Но каковы должны быть эти карты? Что на них можно и должно показать? Какова методика их составления? Вот круг вопросов, который у нас, в сущности, еще не ставился или только начинает ставиться, несмотря на широкую практику «палеогеографических очерков» почти в каждом геологическом отчете.

Принципы и методы палеогеографии как науки, находящейся сейчас в периоде своего становления, — вот актуальная тематика ближайшего будущего. Литология заинтересована в этом постольку, поскольку так называемая «петрография осадочных пород» среди 12—15 методов палеогеографии все же играет доминирующую роль. Для нефтяной геологии палеогеография, основанная на фациальном анализе и синтезе, — актуальнейший метод работы.

Ю. А. Жемчужников

Ю. А. Жемчужников

ЧТО ТАКОЕ ФАЦИЯ

1. Общие соображения. Фация для литологии — слишком важный термин, чтобы не пожалеть умственных усилий на ее определение. Определить что-либо — значит ограничить. Определяя термин, мы тем самым отграничиваем его от других, родственных и близких, но не тождественных с ним. В этом главная цель определения понятия фации, как и всякого другого научного термина. На другую важную цель указал А. Н. Криштофович в недавно вышедшей статье. Это — полное взаимопонимание в науке, возможность говорить на одном общем языке.

Наконец, третья цель определения и уточнения термина состоит в экономии времени и места при описаниях. Этим достигается краткость в изложении.

Таким образом, необходимость точного определения понятия фации вытекает из требований четкости, краткости и единства понимания.

Как же следует подойти к раскрытию содержания понятия фация? Некоторые склонны выводить его из буквального перевода этого латинского слова, образующего термин. Например, геология с такой филологической точки зрения была, есть и будет — наукой о земле, а география — землеописанием.

Другие исходят из того значения, которое придавал этому слову первый автор, предложивший его хотя бы более ста лет тому назад. Они придают главное значение приоритету. Филологические принципы неприемлемы, однако, потому что, оставаясь постоянными при движении науки вперед, они ограничивают возможности ее развития и создают впечатление неподвижности науки во времени.

Принцип приоритета также не удовлетворяет нас. Он вкладывает развитие научных идей и представлений в прокрустово ложе застывших понятий, определяемых состоянием знаний в давно минувшее время.

Между тем, понятие, вернее его содержание, должно естественно расти вместе с ростом науки и культуры, тогда как терминология не может и не должна полностью обновляться с каждым поколением.

Уже Грессли не совсем так формулировал понятие о фации, как его современник Прево, а наши представления о фациях за 100 лет ушли далеко вперед в связи с общим прогрессом геологии.

Современное понимание фаций не может не учесть новые методы, новые факты и новые идеи нашего времени. Однако это понимание не должно быть неопределенным, расплывчатым по-

строенным на сравнениях и аналогиях, которые ничего не объясняют. Но вместе с тем в современное понятие фаций следует вложить настолько широкий смысл, чтобы в него уложилось фактическое разнообразие материала, к которому оно законно прилагается в научной практике.

К чему правильно применяется слово фация? К отложениям, к осадкам. Недаром Грессли имел в виду terrain, т. е. осадочные отложения, а Прево различное происхождение их. Мы говорим о глубоководных, мелководных, наземных и ледниковых отложениях как о различных фациях. При этом подразумеваются о с а д к и, которые образовались при соответственных условиях. Правда, в нашей речи нередко проскальзывают такие выражения, как мелководные песчаники, глубоководные известняки или ледниковые тиллиты. Но это лишь метафорические выражения. Они никого не вводят в заблуждение. Каждый геолог понимает, что речь идет о тех песках, из которых произошли эти песчаники, или об известковом иле, который в дальнейшем сцементировался в каменистый известняк. Поэтому такие метафоры не ведут практически к разному пониманию. Говорится так именно для краткости.

Другое дело, когда просто упоминают «фацию песчаника». Это слишком широкая группа фаций иногда очень различного генезиса. Песчаники могут быть эолового, речного, дельтового, озерного, ледникового и мелководно-морского происхождения, т. е. могут принадлежать к самым разнообразным фациям. Следовательно, они никак не могут уместиться в о д н о й ф а ц и и. Такой единой фации просто не существует.

Подобные выражения опираются обыкновенно на неудачные определения фации даже не самыми основателями этого понятия Грессли и Прево, а Огом в его известном курсе геологии. Ог под именем фации подразумевает «совокупность литологических и палеонтологических особенностей слоя в определенном месте». Это определение далеко отходит как от первоначального смысла, так и от современного подхода к фации.

Прево и Грессли, несомненно, как это прекрасно обрисовал в своем докладе Н. Б. Вассоевич, вкладывали генетический смысл в свое понятие, как и мы. Но сто лет назад эта конкретная связь между особенностями отложения и их генезисом, т. е. условиями образования осадков, была гораздо менее ясна, чем во многих случаях теперь. Поэтому упор делался на петрографические и палеонтологические особенности, а не на физико-географическую среду, на которую они указывают. Сейчас положение значительно изменилось, а формальное определение Ога тянет нас назад в догресслевский период.

Чтобы разобраться в этих, иногда, на первый взгляд, тонких отличиях в определении, следует графически представить на таблице логическую связь различных соприкасающихся с фацией понятий и разграничить их. Для этого необходимо сопоставить их в д и н а м и к е у м с т в е н н о г о п р о ц е с с а у с т а н о в л е н и я ф а ц и и по природному материалу, каковой дают горные породы, пласты, циклы, свиты и толщи отложений.

2. Ход фациального исследования. Когда геолог или литолог в полевой обстановке подходит к обнажению, то перед ним открывается часть какой-нибудь с в и т ы или толщи пород. Эту свиту он разлагает на ряд повторяющихся в общих чертах комплексов или циклов, что облегчает освоение разреза (фиг. 1). В ц и к л а х, отделенных друг от друга нередко явлениями размыва, литолог выделяет отдельные п л а с т ы (или как чаще говорят — слои), более или менее ясно отличающиеся от соседних по вещественному составу (например, уголь, известняк) или соединенные друг с другом постепенными переходами (аргиллит — алевролит — песчаник).

Вот эти-то пласты породы, выделяемые нами при постепенном переходе с некоторой условностью, и являются той единицей, которая подлежит фациальному рассмотрению.

Чтобы охарактеризовать выделенный пласт, литолог определяет его принадлежность к той или иной г о р н о й п о р о д е, для чего берет от него типичный штуф или образец. Однако, строго говоря, пласт неоднороден по всей своей толщине и изменчив также по своему протяжению.

Таким образом, понятие пласта значительно шире, чем одна порода, которая его характеризует в с р е д н е м. Иными словами, пласт и порода — не одно и то же. Также не совпадает понятие о породе и об ее с т р у к т у р е, что нередко, как увидим ниже, смешивается.

Разумеется, между горной породой со всеми ее особенностями и ф а ц и е й осадка существует не менее глубокое, хотя и не всегда ощущаемое различие.

Вот почему следует разобраться и уточнить все эти родственные, но не одинаковые понятия, нередко употребляющиеся как синонимы: пласт, порода, ее структура и фация и некоторые промежуточные термины.

3. Пласт и горная порода. Пласт, например угольный, будучи не совсем однороден по своей мощности, может заключать и небольшие прослойки другой горной породы или более загрязненные минеральным веществом пропластки того же угля. Да и сам уголь может несколько меняться по виду и характеру. При переходе к соседним пластам данный пласт и кверху и книзу испытывает некоторое изменение, которое должно быть учтено.

Когда мы определяем породу по образцу или шлифам, мы представляем себе нечто вполне однородное. Пласт же породы — это реальное геологическое тело, явно неоднородное, по меньшей мере от середины к периферии. Таким образом, переходя от пласта к породе или даже к нескольким породам, литолог двигается по пути отвлечения и упрощения действительности. Это — путь а н а л и з а. Анализ продолжается и когда мы от породы переходим к описанию и перечислению отдельных п р и з н а к о в породы, число которых, как бы ни было велико, однако, всегда ограничено.

Признаки породы можно разделить на две категории. Первая охватывает те из них, которые были свойственны первоначальному осадку. Вторая заключает в себе те вторичные особенности, кото-

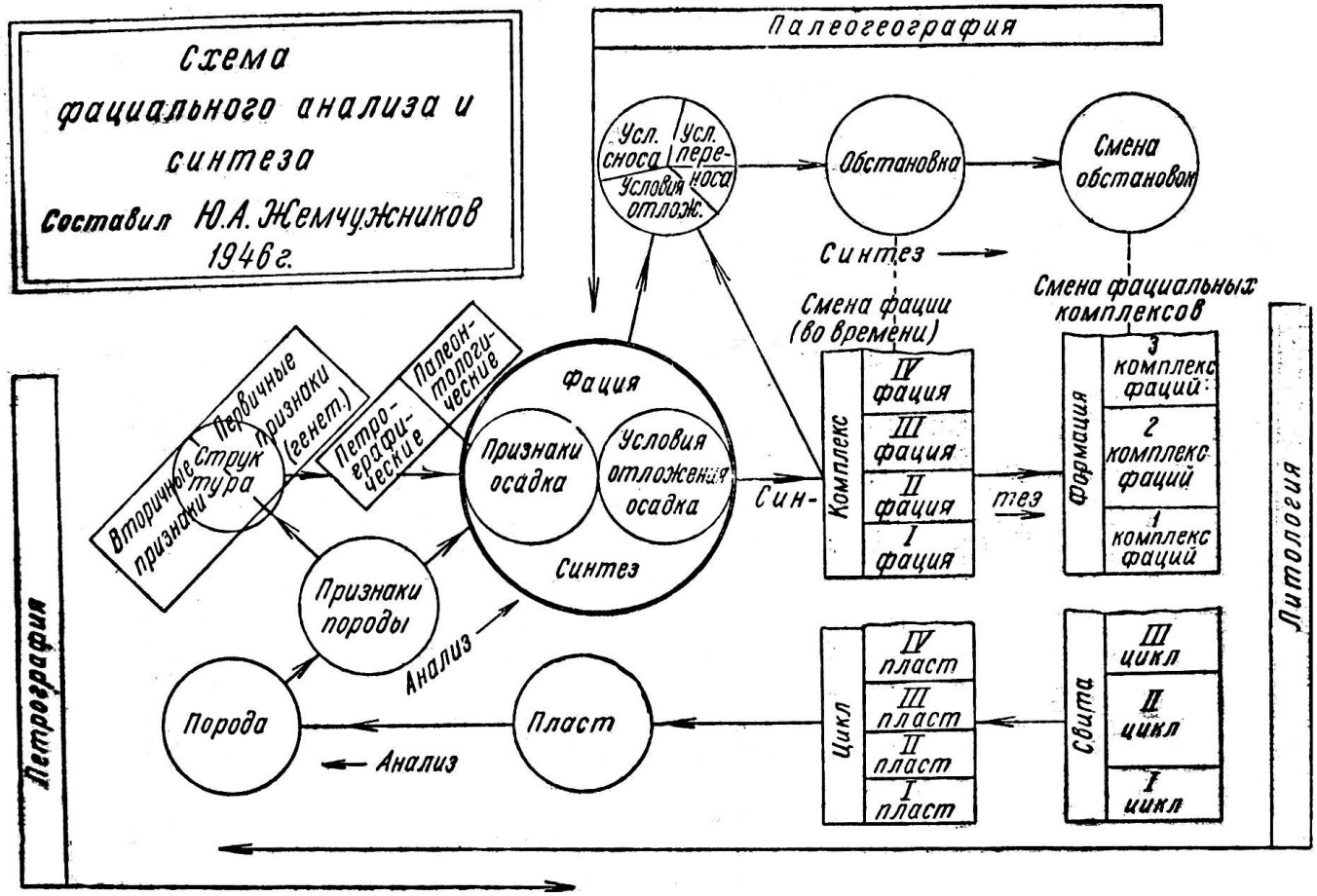


Схема
фациального анализа и
синтеза
Составил Ю.А. Жемчужников
1946 г.
Палеогеография
Усл. сноса
Усл. перено-са
Условий отложж.
Обстановка
Смена обстановок
Синтез
Смена фации (во времени)
Смена фациальных комплексов
Фация
Признаки осадка
Условия отложения осадка
Синтез
Вторичные признаки
Струк тура
Первичные признаки (генет.)
Петро-графи-ческие
Палеон-тологи-ческие
Анализ
Признаки породы
Порода
Пласт
Анализ
Син-
Комплекс
IV фация
III фация
II фация
I фация
тез
Формация
3 комплекс фаций
2 комплекс фаций
1 комплекс фаций
Цикл
IV пласт
III пласт
II пласт
I пласт
Свита
III цикл
II цикл
I цикл
Литология
Петрография

рые возникли в осадочной породе в течение длительного периода диагенеза и начальных стадий метаморфизма. [1]

Таким образом, в процессе изучения литолог определяет, с одной стороны, первично-генетические, а с другой — вторично-диагенетические признаки или отдельные свойства породы.

Но все эти признаки можно сгруппировать и по другому принципу. Одни из них являются чисто петрографическими, другие, относящиеся к ископаемым остаткам, — палеонтологическими. Это разделение признаков особенно существенное значение имеет для генетического ряда их (т. е. первичных).

4. Порода и структура. Для обломочных пород обычно не совсем отчетливо проводится разграничение между породой и структурой. Мы не замечаем, что часто, желая говорить о породе, в сущности, упоминаем только о структуре. Например, обычные подразделения пород на конгломераты, песчаники и алевриты отражают, главным образом, структурные различия. Здесь подчеркиваются конгломератовая (галечная), песчаниковая и алевритовая структуры, т. е. крупность зерна. Границы между этими породами зависят лишь от принятых гранулометрических пределов и только. Это и естественно, так как первое и основное подразделение обломочных пород производится на основании структурных различий.

Однако, содержание понятия п о р о д а шире. В него должны входить и другие признаки, например, текстурные (слоистость), вещественные (минералогический и химический состав), органические и неорганические включения и т. п. Вообще говоря, порода включает все литологические признаки, доступные современным методам изучения до микроскопических включительно. То, что мы при описании пород ограничиваемся часто выборочным комплексом наиболее существенных или отличительных признаков не меняет сути дела.

Горная порода — это совокупность всех разнообразных первичных и вторичных ее признаков. Структура только часть их. Например, песчаник или, что то же, «песчаниковая структура» (зерна сцементированной породы от 0,1 до 1,0 *мм*) — это только групповое структурное понятие.

Это еще не порода, а тем более — не фация. Песчаник может быть аркозовым, глауконитовым, известковистым, косослоистым с растительным детритом и т. п. В литологическом смысле мелкозернистый песчаник с волнистой слоистостью — это совсем другая порода, чем среднезернистый косослоистый песчаник с крупными обломками окаменелых или обугленных стволов и пр. Они будут принадлежать и к различным фациям.

5. Порода и фация. Как выше было указано, путем анализа и отвлечения среди признаков породы можно выделить ряд г е н е т и ч е с к и х признаков, указывающих на происхождение породы, точнее на генезис того первоначального осадка, из которого сформировалась осадочная порода. Это собственно признаки самого осадка

[1] Под начальной стадией метаморфизма мы здесь подразумеваем ту степень изменения осадочной породы, которая еще не делает ее метаморфической породой.

(например, слоистость, растительные и животные остатки и т. п.). Совокупность этих особенностей, в той или иной мере расшифрованных, и составляет фацию. Каждый из генетических признаков свидетельствует о каких-нибудь условиях осадкообразования. Вместе взятые они говорят о среде в области отложения.

Таким образом, задачей фациального анализа является выделение генетических признаков и отдельных условий среды. Задача фациального синтеза — на основании этих данных дать возможно более полное представление о среде отложения.

Этот логический путь имеет дело с фацией и ее элементами. Генетические признаки это фациальные признаки — это материал для восстановления условий и в то же время материализированное воплощение этих условий. Сами предполагаемые условия — это элементы фациального представления. Общее же представление о фации, дающее общую картину генезиса — это уже синтез. Он нередко не полон, схематичен, часто спорен, обычно не всегда вообще возможен. Поэтому считать фацией только этот более или менее вероятный и всегда несколько субъективный синтез на настоящей стадии наших знаний было бы неправильным, недостаточно реальным.

Также и отдельные условия, выводимые из соответствующих фактов наблюдения, допускают не однозначные толкования особенностей среды. Поэтому считать, что в понятие фации входят только эти условия, а не самые особенности, это значит относить фацию только к мнениям, а не к фактам. Нужно не отрывать материал от его реконструкции. Следует под фацией подразумевать и фациальные признаки, наблюдаемые в породе и условия, которым они, по мнению автора, соответствуют, и общую картину образования осадка, если для восстановления ее имеется достаточно данных.

Можно говорить о мелководных морских песчаниках, о русловых песчаниках, об эоловых песчаниках и т. д., как о различных фациях, а в некоторых случаях констатировать фацию с рядом признаков, толкование которых неясно: например, фация тонких песчаников и алевритов горизонтально- и тонкослоистых, чисто кварцевых, иногда илистых, местами с растительным детритом. Часто можно подозревать по соседним слоям, что это фация паводков или пойменных осадков. Но иногда без площадного изучения быть уверенным нельзя. В определение такой фации следует ввести и характерные фациальные признаки.

Определение Грессли, упрощенное в формулировке Ога, как будто позволяет говорить о петрографических и палеонтологических фациях: например, о песчаных, глинистых, карбонатных или брахиоподовых, коралловых и т. д. Во множественном числе это допустимо, если иметь в виду широкую группу фаций, объединенных одним каким-нибудь признаком. Но петрографический критерий менее всего подходит к индивидуальной фации, если понимать ее генетически. Генезис песчаных отложений может быть самый разнообразный. Следовательно, определение «песчаная

фация» настолько генетически расплывчато, что теряет всякий смысл, кроме противопоставления, например, карбонатной фации того же возраста или горизонта. Грессли в чисто описательном определении и указывал на такое противопоставление, как на резон для введения понятия фации. Но это не значит, что возможно сейчас считать фацией не совокупность реальных особенностей данных отложений, а лишь ее отличие от соседних. С указанной точки зрения, если данный горизонт выражен петрографически и палеонтологически единообразно на всем протяжении, то он не представляет никаких фаций. Такое представление далеко от реальности и совершенно бесплодно.

6. «Ископаемая» фация. Из всего нашего рассуждения вытекает, что мы все время имеем в виду «ископаемую», а не «современную» фацию. Кстати, об этих прилагательных. Само собой разумеется, что «ископаемая» фация — такая же метафора, как и «ископаемое» животное. Фация — это не пласт и не порода, которые можно пощупать и взять в руки, а некоторое представление, которое также не может быть ископаемым, как и живой организм прошлых геологических эпох, подлежащий изучению. Ископаемыми могут быть лишь остатки животного, кости, раковины и прочие «окаменелости». Но окаменелости — это лишь материал палеонтологии, а не ее содержание и не ее цель. Но как метафора употребление термина «ископаемая фация» вполне допустимо и не вызывает недоразумений. Подчеркнуть предмет обсуждения весьма уместно, так как нередко геологи исходят из представлений, связанных с современными фациями или обстановками, а это действительно может привести к недоразумениям. Так, акад. Д. В. Наливкин на прошлом докладе возвращался к своим старым чисто географическим ландшафтным определениям и предложил термины для групп фаций также по пространственному, т. е. географическому, а не геологическому принципу. Поэтому целесообразно несколько остановиться на различии современной и ископаемой фаций.

Географическая фация представляет собой часть современного ландшафта, заключающего все его элементы и, в частности, рельеф. Для ископаемых отложений само понятие ландшафта теряет свою определенность. Некоторые существенные его элементы, например рельеф, исчезают в пласте породы. Действительно, погребенный рельеф в толще пород встречается лишь как особый частный и весьма редкий случай. Он скорее может наблюдаться в платформенных, чем в геосинклинальных областях. Если же погребенный рельеф имеется, то необходимо ясно отдавать себе отчет в том, что он ни по масштабу, ни по характеру не отвечает в точности действительному рельефу прошлого. Нигде километровых гор в рельефах прошлого мы не видим и не можем видеть по сущности образования пластов (Барелл). То же самое можно сказать о береговой линии. Береговая линия, запечатленная в породе, это совсем не то, что современная в масштабе человеческой жизни неподвижная береговая линия. Берег фиксируется в осадках отдельным пластом, распространение которого по площади (в условиях

движения береговой линии) может быть довольно широко. Это скорее площадь, полоса, чем линия, это предел распространения береговой фации. Горы в отложениях могут быть выражены более или менее мощными пролювиальными брекчиями и переработанными конгломератами. Их положение не соответствует местоположению бывших гор. И так далее.

Одним словом, в пластах породы мы имеем только косвенные указания на бывший рельеф и другие элементы ландшафта. Они делаются подвижными, динамическими, заменяясь суммарным результатом движения. Поэтому «ископаемая» фация, которую мы относим к пласту, не является ландшафтом, не тождественна «современной» фации, если под ней понимать элемент ландшафта. (Так же, как время не тождественно пространству, а изменение во времени — смене в пространстве). Но она может фиксировать и отражать в ряде признаков, петрографических и палеонтологических, некоторые условия седиментации.

Таким образом, под фацией мы подразумеваем совокупность признаков осадка и условий их образования. Отметим здесь для памяти, что осадка и условий мы непосредственно не видим. Фациальность же, по всему ходу нашей мысли, может быть отнесена только к осадку. Поэтому, с нашей точки зрения, она не может быть приложена к отсутствию осадка («фация размыва» Б. П. Марковского).

7. Фация и обстановка. Изучение парагенетических толщ и их циклов (например, флиша, моласс, угленосных толщ и пр.) показало, что в одинаковых фациях (например, русловых и пр.) возникают различия в зависимости не только от области отложения осадка, но и от условий области сноса, т. е. вообще говоря, от обстановки в более широком смысле регионального ландшафта.

Фация отвечает каждому пласту или его части. Циклу соответствует комплекс фаций, а свите или толще — формация как чередование комплексов фаций. Эти представления получаются уже в порядке синтеза и позволяют открыть ряд новых закономерностей, не заключающихся в каждой отдельной фации.

В частности, если мы разберем одну фацию, то извлекаем, главным образом, особенности, характеризующие область отложения, например динамики среды. Когда мы имеем фации для всего цикла, то улавливаем и признаки области сноса и промежуточной области транспортировки. Так, участие мощных конгломератов или брекчий определенного типа в цикле может говорить о близости разрушающихся гор, о межгорной долине и пр. Напротив, отсутствие грубообломочных осадков в циклах дает указание на пенепленизированную равнину, отдаленную от области сноса, на усиленное и, может быть, многократное переотложение осадков и тому подобные условия.

Таким образом, сопоставление фаций в их чередовании, сравнение комплексов фаций освещают нам не только условия, царящие в области отложения, но и уясняют до известной степени всю обстановку ландшафта.

Одни и те же фации (например, речного русла) в различных

обстановках выглядят иначе и представлены различными породами при общности некоторых литологических признаков.[1] Свиты и толщи пластов и формации могут обнаруживать неоднократную смену обстановок. Соответствие всех этих понятий показано в правой части схемы фациального анализа и синтеза.

В них можно видеть связи в ряду: цикл — комплекс фаций — обстановка или в ряду: свиты — формация — смена обстановок.

8. Различные направления в изучении фаций. На этой же таблице видны различные подходы или направления изучения. Нижний и средний ряды справа отвечают в общем литологическому изучению. В их комплексе выявляется собственно литологический аспект. В нем второй ряд ближе соответствует фациальному анализу и синтезу в литологическом смысле.

Левая часть таблицы — порода — структура и петрографические признаки породы, — указывает на петрографический этап или аспект изучения. Он является естественным звеном литологического комплекса.

Наконец, верхний ряд: условия сноса, переноса и отложения — обстановка — смена обстановок, — подчеркивает палеогеографический подход. При его форсировании литологические вопросы перерастают в палеогеографические.

В центре всего стоит понятие о фации, которое, с моей точки зрения, является литологическим, или седиментологическим понятием, т. е. относящимся к осадку. В зависимости от характера материала, степени его изученности в разных направлениях фациальное содержание приобретает то более петрографический или палеонтологический, то более палеогеографический оттенок. Если мы охватываем изучением комплексы фаций (циклы), то можем подойти к пониманию целой обстановки. Имея ряд разрезов параллельных, вертикальных или горизонтальных, мы получим более палеогеографическое представление о фациях, т. е. об их конфигурации в трех измерениях. Я бы сказал, что фации в палеогеографии приобретают более пространственный, телесный характер.

Но это не значит, что фация сама по себе — палеогеографический термин. Как характеристика осадка, представляемого горной породой, это всегда литологическое понятие, хотя оно с успехом может применяться и развиваться в палеогеографии. Иногда говорят, что фация — г е о л о г и ч е с к о е понятие. Этим хотят подчеркнуть его историко-геологический смысл. Но ведь все литологические термины вообще являются в то же время и геологическими, так что одно не противоречит другому, если под литологией не понимать просто петрографию осадочных пород.

Но неправильно считать, что фация — геологическое тело. Это значит смешивать материал исследования с его результатом.

---

[1] Этот вопрос хорошо разобран в работе Т. Н. Давыдовой и Ц. Л. Гольдштейн о буреинском угольном бассейне. См. Труды ИГН АН СССР, вып. 90, 1947.

Ю. А. Жемчужников

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ АКТУАЛИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА В ЛИТОЛОГИИ

Принцип актуализма, как и каждая теоретическая концепция, имеет свою историю. Творцом ее является Ляйель (1830 г.). Но он имел ближайших предшественников в лице фон-Гоффа и Геттона. Установки Ляйеля в дальнейшем развивались и находили новые формулировки, но дошли в мало измененном виде до настоящего времени.

Подходя к вопросу исторически, нужно с особой силой подчеркнуть, что в свое время в разгар фантастических представлений, господствовавших в геологии, книга Ляйеля с ее реалистическими методами рассуждения, исходя из ныне действующих сил и процессов, действительно «внесла здравый смысл в геологию» (Энгельс). Еще раньше, в конце XVIII века, тот же метод выдвигался гениальным М. В. Ломоносовым.

Последствием был не только широкий отход большинства геологов от катастрофических воззрений, до того решительно господствовавших в европейской науке, но и возбуждение интереса к современным геологическим явлениям, сильно возросшего в середине XIX века. Однако, к концу прошлого столетия усилившееся внимание к стратиграфической и региональной геологии значительно оттеснило интерес к вопросам общей геологии.

В той мере, какой заслуживало бы изучение современных геологических процессов, это внимание не возвращалось к ним и до настоящего времени ни в Европе, ни в Америке. Этим объясняется недостаток ссылок на новые и точные исследования такого рода последних десятилетий в учебных курсах по общей геологии.

Актуализм, как живая геологическая практика, замер. Знамя и вера в него остались. Таково было положение дел до начала 30-х годов нашего века, когда появилась статья Эриха Кайзера: «Принцип актуализма в геологии», которая вызвала ряд откликов и несмотря на ограничительное толкование оживила интерес к самому принципу. Впрочем, на практике работ она едва ли отразилась.

В настоящее время, и именно в нашей стране, поставить снова вопрос о принципе актуализма вполне своевременно и актуально. Но не как академический вопрос о значении и жизненности ляйелевских принципов в геологии, а как необходимость широкого развития конкретных работ в направлении актуализма, о принципиальных основах, а следовательно, и о границах и условиях применения самого метода.

Ближе всего я буду касаться применимости актуалистического метода для осадконакопления. В связи с этим мне придется рассмотреть два вопроса: один об условиях и границах применения метода изучения современных осадков, другой — об его актуальности.

Начнем с первого. В чем состоит «основное положение» или самый «принцип» актуализма? Его можно сформулировать так, что в прежние геологические эпохи действовали в природе те же самые геологические силы, которые действуют и сейчас, притом с той же самой степенью интенсивности, как думал сначала Ляйель, и как уже не думаем мы теперь. Поэтому почерпнутые из наблюдения современных процессов выводы возможно переносить на прошлое, учитывая, что, действуя в громадные промежутки геологического времени, даже медленные процессы могут привести к большим результатам. Наблюдения настоящего являются ключем к объяснению прошлого.

Если рассматривать принцип актуализма не как «закон» или хотя бы «правило», которому следует природа, а как метод исследования, пределы применимости которого требуется уточнить, то он должен быть сформулирован конкретно в приложении к данной области геологии. По отношению к учению о происхождении осадочных пород (которое мы в дальнейшем будем называть седиментологией), актуалистический метод гласит примерно следующее: изучение современных осадков и процесса их образования может объяснить происхождение аналогичных осадков ископаемых. Поэтому изыскание современных аналогов осадочных пород геологического прошлого является как будто краеугольным камнем практического использования принципа актуализма в седиментологии.

Уже сам Ляйель, а за ним и другие ученые (например Неймайр) указывали на возможные ограничения и ошибки при пользовании методом. Кернер фон Марилаун (1934) в обширной сводке «Палеогеография» указывает на ряд таких ограничений, вытекающих из наличия так называемых «вымерших» фаций (медистые песчаники, писчий мел).

Против слишком примитивного переноса современных условий происхождения на ископаемые аналоги лауреат сталинской премии Л. В. Пустовалов выступал (1), исходя из выдвинутой им концепции периодичности осадкообразования в связи с крупными диастрофическими циклами. Этого вопроса я коснусь дальше.

Если с общегеологической или даже с еще более широкой точки зрения взглянуть на сущность актуалистического принципа, то его ограничения должны возникать из нескольких различных источников: 1) из сущности аналогии как метода мышления; 2) из общего характера современной геологической эпохи и 3) из выяснившихся в последние десятилетия закономерностей геологической истории.

1. Аналогия как логический метод указывает лишь на известную вероятность истины, но не на самую истину. Поэтому аналогия всегда требует еще подкрепления другим рядом фактов, например, микроскопическим изучением и т. д. Недаром французская пословица гласит: сравнение еще не есть доказательство. В каждом отдельном случае надо доказать, что речь идет о действительно сходных породах или осадках и оценить степень этого сходства. Таким образом, выводы по аналогии требуют осторожности и проверки другими методами, а сами по себе еще не являются вполне убедительными.

2. Современная эпоха по своему характеру, поскольку он определялся различными исследователями и особенно таким выдающимся с мировым именем ученым, как В. И. Вернадский (2), а также проф. Б. Л. Личковым (3) и др., несет несомненный отпечаток ледникового времени. И если действительно, судя по подсчетам годовых слойков ленточных глин в Норвегии и в окрестностях Ленинграда, нас отделяет от времени стояния здесь ледника всего каких-нибудь 8—12 тысяч лет, то наше время в геологическом масштабе очень недалеко ушло от ледниковой эпохи. Это должно сказываться на климате, необычном для большинства геологиче-

ских систем, лишенных ледниковых явлений. Б. Л. Личков (3) приводит данные о крупных вертикальных поднятиях в горных системах, начиная с постплиоцена,- а некоторые движения подобного рода продолжаются и поныне. Это показывает, что мы живем в эпоху, близкую к максимальным движениям горообразования (после альпийской складчатости) и находимся в начале новой послетретичной эры.

Совершенно очевидно, что аналогов современной эпохи по физико-географическим условиям в некоторых, по крайней мере, отношениях, можно искать в ледниковых и послеледниковых отложениях в кембрии, в нижней перми, возможно в девоне и в триасе, как в периодах, следующих за диастрофизмом. Но едва ли можно утверждать, что осадконакопление такой исключительной по климату, рельефу и другим условиям эпохи может служить эталоном для всех прошлых геологических периодов. Здесь актуалистические рассуждения наталкиваются на большие трудности, так как в истории земли пока обнаружено немного таких эпох.

Но нужно учесть и другое обстоятельство. По отношению к современной эпохе человеческая жизнь является только о д н и м м и г о м. Поэтому мы не успеем увидеть динамики явлений, в частности явлений осадконакопления, образования пластов, и преходящие факты можем принять за основные. Например, нам известно, что наиболее мощные осадки образуются в геосинклиналях. Последние являются областями длительного опускания. Если бы мы стали искать современные геосинклинали там, где на наших глазах или в течение столетий происходит опускание, а современные платформы связывали бы с областями сегодняшнего поднятия, то впали бы в большие ошибки. Ибо в геосинклиналях на основе общего опускания происходят многочисленные колебания более мелких поднятий и опусканий. И на платформах колебательные движения могут дать как опускания, так и поднятия. Весь вопрос в том, к какой мелкой стадии относится настоящий момент в жизни геосинклинали или платформы. Сегодняшняя стадия может не отражать и даже быть противоположна основной тенденции. Иными словами, непосредственное наблюдение направления процессов не обнаруживает, вообще говоря, их и с т и н н о й д и н а м и к и.

Прав был Б. Л. Личков, когда отметил по аналогичному поводу (3): «Современники всегда с большим трудом устанавливают общий смысл тех исторических событий, которые происходят на их глазах». . . «Из-за деревьев они не видят леса».

Это вполне приложимо к случаю «актуалистического» перенесения замеров мощности отлагающихся осадков песков, глин и известняков на образование целых толщ. При таком перенесении не учитываются моменты перерывов в отложении и даже размывов, которые могут в корне изменить окончательные результаты. Случайные итоги краткого момента нельзя возводить в законы всей предшествующей истории.

3. **Закономерности геологической истории.** Самое главное принципиальное ограничение приложимости актуалистического метода состоит в нашем современном представлении о закономерностях

общего хода геологической истории. Этим определяется и значимость первых двух из указанных моментов.

Как же в свете новых данных мы представляем себе ход геологической истории? Я его сформулирую, как колебательно-поступательное движение, как прерывисто-непрерывное эволюционное развитие. Это отвечает двум идеям, развитым особенно в последние 15 лет, главным образом советскими, отчасти американскими учеными.

Первая идея — идея периодичности осадконакопления, о которой я упоминал выше. Сейчас она начинает складываться в целостную концепцию осадконакопления. Периодичность разного типа и масштаба отвечает различию в типах и масштабах геотектонических движений. С крупными периодами масштаба эр или интервалов между главнейшими эпохами складкообразования связывает периодичность осадконакопления Л. В. Пустовалов (1). Резко разделяется образование осадков начала эры после пароксизма тектонической деятельности и поднятия гор и середины эры, наиболее удаленной от обоих диастрофических моментов. Эти начальные моменты поднятия, по Л. В. Пустовалову, характеризуются резким рельефом, климатическими крайностями, сильной денудацией и потому накоплением грубых осадков механической диференциации (конгломераты, песчаники и пр.).

Срединные моменты между тектоническими революциями отличаются противоположными чертами — приближением к пенеплену, более ровным климатом, слабой денудацией и сокращением кластических осадков за счет наступающих химических и органических осадков, продуктов химической диференциации.

В связи с этим в геологической истории происходит некоторое смещение фаций вокруг континентов. В одни эпохи их гамма как бы растягивается, в другие — сокращается, уплотняется.

По отношению к интересующему нас вопросу об актуализме отсюда вытекает, что наша послеледниковая эпоха будет иметь большую аналогию с девоном и триасом, чем с силуром, карбоном и юрой, так как первые ближе к закончившимся тектоническим диастрофам и к ледниковым явлениям, чем вторые. Если мы легко можем найти современные аналоги моласс, то труднее найти аналоги флиша, еще труднее — современные прообразы известняковых и доломитовых толщ, каменных углей и пр.

Если бы мы жили в середине юрского периода, нам, может быть, были бы понятнее условия среднего карбона. Иными словами, учитывая периодические колебания в истории земли, т. е. некоторую относительную повторяемость условий и вызванных ими фаций, мы можем считать перенесение выводов из современных наблюдений то более, то менее приложимыми к разбираемому случаю.

Положением сравниваемой эпохи в одном цикле периодических изменений определяется, так сказать, погрешность сравнения с условиями настоящего.

Кроме крупных диастрофических циклов каледонского, герцинского (варисского) и альпийского, периодичность осадконакопления

связывается ныне с колебательными движениями более мелкого порядка, которые хорошо выражены, например, в угленосных толщах, во флишевых отложениях и т. п. Не останавливаясь на подробностях и отсылая интересующихся к соответственной литературе, я отмечу здесь только самое главное. Условия начала угольного цикла с его обычно грубозернистыми кластическими отложениями и более континентальными фациями весьма отличны от условий отложения тонкозернистых осадков, непосредственно вмещающих угольные пласты. Последние отвечают более слабо подвижной, иногда застойной, среде и условиям широкого заболачивания. Обстановки эти, чередуясь неоднократно, повторяются в разрезе. Аналогию можно проводить только между соответственными частями цикла.

Таким образом, и здесь периодичность осадконакопления выступает как ограничение простого перенесения современных условий осадконакопления на прошлые эпохи, требуя учета стадии и места данного осадка в большом и малом цикле отложений.

Из идеи периодичности вытекает, что осадки и их фации относительно повторимы, хотя эта повторяемость не абсолютная, подобно повторяемости нот в фортепианной клавиатуре. Нота «до», например, повторяется в ней несколько раз, но в сущности во всей клавиатуре нет никакого повторения, а есть поступательное движение от более низких звуков к более высоким, или наоборот.

Вторая идея, лежащая в основе современных представлений о закономерном ходе геологической истории — это идея неповторимости осадков и фаций в абсолютном смысле этого слова. Она ведет к мысли об историчности фаций, об их индивидуальной приуроченности к условиям определенных геологических периодов. Граптолитовые сланцы, фузулиновые известняки, писчий мел, медистые песчаники, — вот примеры неповторимости минувших фаций. Кернер фон Марилаун называет их «вымершими». Это название было бы удачно, если бы за ним не скрывалось представление автора о «невымерших» и существующих и доныне фациях кварцевых песчаников, которые будто бы не претерпели никакого изменения с кембрия и доныне.

Наиболее ярко историчность фаций выражается в органогенных осадках. Не вдаваясь в перечисление примеров, кроме одного, приводимого ниже, я сошлюсь только на суммарное высказывание А. В. Хабакова в тезисах XVII Геологического конгресса. А. В. Хабаков (4, стр. 242) констатирует, что «графики распределения масс углей, фосфоритов, нефти и других органических фаций в шкале геологического времени имеют вид неравномерно возрастающих кривых». Это является, по Хабакову, «отражением неодинакового хода развития физико-географических условий и плотности жизни в течение геологических времен». «Органогенные фации различных геологических периодов в качественном и количественном отношении различны вследствие неповторимости развития органического мира и его биохимического состава» (там же).

Пример, наглядно иллюстрирующий эти положения, я приведу из лучше мне известной области — угольной геологии. Углеобразо-

вание в истории земли представляет очень неравномерный процесс, связанный с известной периодичностью, причем максимумы приходятся на антраколитовый (карбон + пермь) и третичный периоды, а минимумы падают на девон и триас и, надо думать, захватят и четвертичный период.

Углеобразование кембрия неизвестно. В силуре углеобразные отложения — горючие сланцы — отлагались только в море за счет морских водорослей (кукерситы). В девоне впервые углеобразователями являются наземные растения — псилофиты (барзасские угли и пр.), растущие, повидимому, в прибрежных болотах и родственные бурым водорослям. Карбоновые угли, имеющие столь важное значение для европейской и американской промышленности, резко отличаются от других и по своим свойствам и по общей массе. Угли каменноугольного возраста произошли, главным образом, из лепидофитов и древовидных папоротников, растений, имеющих в некотором смысле «земноводный» характер. Эти растения жили в топях и заболоченных лагунах, образуя узкие полосы приморских лесов. Пермские угли, как правило, уже лежат среди континентальных отложений и сложены из остатков кордаитов — типичных наземных растений, приспособленных к более сухому климату или почве. Фауна кровли пластов указывает часто на близость берега пресноводного или опресненного бассейна, отшнурованного несколько ранее от океана.

Для угленосных отложений юрского периода особенно характерно то, что они состоят в большинстве случаев из комплексов чисто наземных отложений, образующихся вдалеке от морского берега. Нередко это континентальные осадки межгорной аллювиальной долины с заболоченными озерными водоемами.

Все эти примеры и обобщения обнаруживают явное поступательное изменение угленакопления в течение геологического времени. Оно выражается и в заметной миграции фации углеобразования от морского дна и берега моря к внутренности материка. Эта тенденция тесно связана с эволюцией растительного мира и постепенным завоеванием им новых площадей распространения. Соответственно изменяется и вещественный состав углей.

Из приведенных фактов вытекает, что ископаемые угли каждого геологического периода представляют собой особую неповторимую горную породу, образовавшуюся при иных фациальных, т. е. физико-географических и биологических условиях. Это может быть показано как микроскопическим исследованием самих углей, так и изучением соседних, вмещающих уголь осадков и их фаций.

Но отсюда с совершенной ясностью вытекает, что происхождение современных каустобиолитов (торф, сапропель) не может дать универсального ключа для объяснения генезиса юрских, пермских и карбоновых углей. И чем дальше вглубь веков, тем более ограничена возможность перенесения современных условий на прошлое.

С этой точки зрения сопоставление с современными условиями может быть более плодотворным для третичного времени и меньше всего для карбонового и девонского.

Резюмируя общее значение нашего представления о поступательном ходе развития земли для вопроса о границах актуалистического метода, можно сказать, что оно резко и принципиально ограничивает распространение выводов из современных наблюдений на отдаленные геологические эпохи.

Если признание периодичности осадкообразования влечет за собой ограничения, не связанные с древностью сравниваемых отложений, а только с положением их в цикле, то признание поступательного хода истории с качественными и количественными отличиями в признаках осадка, вызывает ограничения, растущие по мере удаления от современности.

Сочетание обеих идей в едином представлении циклически-поступательного развития создает, таким образом, принципиальную антитезу актуалистическому принципу и методу.

Это не значит, что она в какой-либо мере опорочивает изучение современных осадков и процессов, но она определяет возможности и пределы его использования.

Для весьма древних и «вымерших» пород наблюдения современного осадконакопления могут давать неверные или противоречивые результаты. Только сочетание тезиса актуализма и антитезиса циклически-поступательной эволюции осадков может дать суммарный результат более приближающийся к истине, чем одностороннее применение их в отдельности.

А отсюда следует, что выдвижение нами вышеуказанного основного принципа даже вместе с другими высказанными ограничениями нисколько не уничтожает необходимости изучения современных осадков и современных фаций. Напротив, давая известные рамки такому изучению, оно делает его более целеустремленным, а потому и более эффективным.

Наблюдения современного осадкообразования остаются раскрытием одного или нескольких реально возможных способов происхождения осадочных пород. Кроме того, изучение современных явлений помогает уяснить роль и значение отдельных факторов осадкообразования в различных условиях среды. Таким образом, как некоторый исходный пункт для сравнения, это изучение ныне действующих сил остается в силе и требует дальнейшего развития. Оно важно не только для понимания генезиса осадочных пород, но и вообще для развития фациального анализа, для уяснения палеогеографии, тектонических движений и многого другого.

Необходимо подчеркнуть, что большая часть фактических данных опытов и наблюдений, которые мы находим в учебниках физической геологии, имеет 50—100-летнюю давность, что не может не отражаться на теоретическом уровне и конкретном применении актуалистического метода. Геология со времени Ляйеля шагнула далеко вперед. Но особенно это сказалось на региональной и стратиграфической геологии. Появился ряд новых методов исследования, связанных с успехами физики и химии XX столетия.

Учитывая новую методику, необходимо пересмотреть наблюдения, переделать эксперименты, проверить все цифровые данные,

применив к ним статистический и другие виды математической обработки. Нужно обновить геологическое мировоззрение, усвоив достижения других естественных наук и философии, и перестроить все здание учения о современных геологических явлениях, поставив его на уровень науки XX века. Это можно сделать лишь на почве методически правильного применения актуалистических достижений.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, 1940.
2. Вернадский В. И. История природных вод, I, 1934.
3. Личков Б. Л. Современная геологическая эпоха, Природа, № 9, 1940.
4. Хабаков А. В. О неравномерности накопления и об основных периодах развития органогенных фаций (тезисы докладов XVII Международному геологическому конгрессу, т. 5, стр. 487, 1937).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3
Дробышев Д. В. Геология нефти и литология 9
Вассоевич Н. Б. Эволюция представлений о геологических фациях 13
Марковский Б. П. Тезисы доклада «Термин и понятие фация» 44
Василенко В. К. Основные понятия литологии. Тезисы доклада 48
Жемчужников Ю. А. Что такое фация 50
Жемчужников Ю. А. К вопросу о современном состоянии актуалистического метода в литологии 59
Хабаков А. В. Динамическая палеогеография, ее задачи и возможности 65
Рухин Л. Б. Типы песчаных фаций 85
Вейхер А. А. Опыт изучения осадкообразования в турбулентном потоке 92
Брунс Е. П. Генезис юрских угленосных отложений южной Ферганы 99
Геккер Р. Ф. Примеры палеоэкологического изучения осадочных толщ 114
Ратновский И. И. и Чочиа Н. Г. О первичных углах наклона пород 121
Вистелиус А. Б. Простейшие задачи математической обработки в литологии и пути их решения 125
Рухина Е. В. Проблема актуализма в работе Кернер-Марилауна «Палеогеография» 131
Степанов Д. Л. Реферат статьи В. Х. Твенгофела «Седиментация и стратиграфия с современной точки зрения» 135
Дробышев Д. В. Работы В. П. Батурина в области геологии нефти 136

Редактор Н. Б. Вассоевич Техн. редактор А. К. Томашевская

М 16724. Сдано в набор 12/VI-47. Подписано к печати 24/VI 1948. Тираж 1500 экз.
11 л. 8,75. Уч.-изд. л. 10,6. 60×92¹/₁₆. Колич. зн. в п. л. 42800.
Цена 9 руб. Зак. 381/345.

Типогр. «Красный Печатник». Ленинград, Международный пр., 75а.

ПАМЯТИ ЛИДИИ ИВАНОВНЫ БОГОЛЮБОВОЙ

17 февраля 2010 года скончалась Лидия Ивановна Боголюбова – крупный ученый, одна из основоположников углепетрографии, ученый с мировым именем, человек редкой души.

Лидия Ивановна родилась 30 апреля 1921 года в г. Егорьвске Московской области в рабочей семье. После окончания средней школы она поступила в Московский областной педагогический институт на химико-биологический факультет, который окончила в 1944 году. По рекомендации профессора Варсанофьевой она поступила на работу в Геологический институт, в отдел геологии угля, руководимый В. С. Яблоковым и Ю. А. Жемчужниковым. Лидия Ивановна много работала над собой, осваивая различные методы изучения углей и исходного материала при консультациях крупнейших исследователей С. Н. Наумовой и М. Ф. Нейбург. Начиная с 1947 года Лидия Ивановна стала участвовать в исследованиях угленосности карбона Донбасса совместно с Ю. А. Жемчужниковым, В. С.

Яблоковым, Л. Н. Ботвинкиной, А. П. Феофиловой, П. П. Тимофеевым и другими исследователями.

В процессе работ по изучению петрографического состава углей среднего карбона Донбасса именно Лидией Ивановной были выяснены и подробно описаны особенности структуры вещества углей с выделением двух типов вещества, изучена степень разложения гелифицированного вещества, что было положено в основу генетической классификации углей всего Донецкого бассейна. Эти особенности далее были прослежены и в других угольных бассейнах страны. На основании указанных материалов в 1954 году Лидией Ивановной была защищена кандидатская диссертация.

В дальнейшем Лидия Ивановна проводила исследования в Кузбассе, Грузии, Средней Азии под руководством В. С. Яблокова. Начиная с 1960 г. Лидия Ивановна работала в тесном научном содружестве с П. П. Тимофеевым. Ею были выделены четыре типа структур вещества углей и прослежена закономерная приуроченность углей определенной структуры к различным обстановкам осадконакопления. На этой основе была разработана генетическая классификация углей, неоднократно докладывавшаяся на Международных угольных конгрессах, опубликованная за рубежом и получившая международное признание. Начиная 1960 года Л. И. Боголюбовой совместно с П. П. Тимофеевым проводились исследования седиментогенеза и раннего литогенеза голоценовых отложений в областях приморского торфонакопления (Колхида, Южная Прибалтика, Западная Куба, Флорида). В результате этих работ построена генетическая классификация, составлены фациальные профиля и палеогеографические карты, рассмотрены проблемы химического состава и свойств образования битумоидов, природа глинообразования и изменения глинистых минералов, сульфидной минерализации.

Л .И. Боголюбовой впервые доказаны мелководно-морские условия формирования черных сланцев Атлантического океана.

Докторскую диссертацию Лидия Ивановна защитила только в 1992 году, что свидетельствует о ее высокой требовательности к собственным работам.

В последние годы Лидия Ивановна внесла большой вклад в изучение углей Печорского бассейна, что опубликовано в совместной монографии.

Л. И. Боголюбова пользовалась большим авторитетом не только среди специалистов по углепетрографии, но и у литологов, геохимиков, углехимиков.

Память о человеке большой души и выдающемся ученом будет всегда в сердцах ее коллег, а результаты научного труда Л. И. Боголюбовой надолго останутся в многочисленных статьях, монографиях, атласах, картах.

Коллеги

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определенная символика постоянно сопровождает издаваемый сборник. Посвящение данного выпуска юбилею Юрия Аполлоновича ЖЕМЧУЖНИКОВА планировалось загодя, что, в частности, было анонсировано в приглашении к участию в нем. Но по воле судеб оно совпало и с кончиной Лидии Ивановны БОГОЛЮБОВОЙ, долгие годы работавшей в коллективе под руководством Учителя и верно хранившей память о нем. Конечно же, эта символика печальна, поскольку заставляет в прошедшем времени говорить о людях, внесших большой вклад в науку. Но в то же время она и оптимистична, поскольку заложенный нашими предшественниками фундамент геологических знаний является той опорой, на которой зиждется экономическое благосостояние страны.

Уважаемые коллеги!

Редколлегия межвузовского научного тематического сборника «Литология и геология горючих ископаемых» приступила к сбору статей для формирования очередного V выпуска. К опубликованию принимаются статьи, в которых рассматриваются:

- общие вопросы седиментологии;
- литология нефтегазоносных и угленосных толщ;
- геология угольных месторождений;
- вопросы, связанные с оценкой и использованием угольных ресурсов.

Адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, УГГУ, каф. ЛГГИ, Алексееву В. П.
Тел. для справок: 8(343)257-65-56. Факс: (343)257-75-54.
E-mail: igg.lggi@ursmu.ru; igg.oig@ursmu.ru; kafedra_lggi@mail.ru

Срок принятия статей – до 31 марта 2011 г.

Основные требования к оформлению статей

1. Объем статьи – до ½ п. л. (не более 10 – 12 стр.). Авторство допускается в одной статье и еще в одной – соавторство. Предпочтение отдается сотрудникам вузов.

2. Статьи должны быть представлены в виде файла (формат Microsoft Word 6.0/7.0/97) на дискете $3^{½}$ и в виде копии на бумажном носителе (бумага формата А4). Основной текст: шрифт Times New Roman Cyr; размер шрифта (кегль) – 14, в таблицах – 12; межстрочный интервал – 1.0; переносы в тексте не ставятся. Поля на странице 2,5 см; красная строка (отступ) 5 знаков. Текст с минимальным количеством формул, индексов, аббревиатур.

3. Рисунки четкие, штриховые, черно-белые, до 2 – 3 на статью, предельно схематизированные, размером не более 14 × 16 см, с высотой знаков не менее 2 мм. Таблицы с заголовками – до 2-3 на статью. Ссылки на использованные источники в тексте даются в квадратных скобках, например [3]. Обязательно указывается **индекс УДК**.

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 (кегль)	**Пример оформления статьи**
14-й 14-й полужирный 12-й	УДК. 553.94 (552.57) **И. И. Иванов[1], П. П. Петров[2]** [1]Московский гос. университет [2]Уральский гос. горный университет
16-й полужирный	**НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ В XXI ВЕКЕ**
14-й (в табл. и подрисуночных подписях – 12-й)	Текст статьи
14-й	**Библиографический список**
14-й (фамилии авторов или первое слово - полужирный)	1. **Иванов И. И.** Седиментология. М.: Наука, 2005. 200 с. 2. **Иванов И. И., Петров П. П., Сидоров С. С.** Закономерности осадконакопления в палеозое и кайнозое // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2003. Вып. 13. С. 13- 20.
14-й 14-й 12-й	Таблица 1 (вставляется в текст или прилагается на отдельной странице) Основные показатели 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

Введение 3

Юрий Аполлонович ЖЕМЧУЖНИКОВ (1885-1957) 4

Копорулин В. И. Памяти Юрия Аполлоновича Жемчужникова (1885-1957) 5

Алексеев В. П. Дополнение к периодизации научной деятельности Ю. А. Жемчужникова 20

Раздел I. Седиментология, нефтегазовая литология

Кузнецов В. Г. Петрография осадочных пород – литология – седиментология: краткая история развития 23

Шишлов С. Б. Надпородные геологические тела стратисферы (иерархия и особенности строения) 37

Макаров В. П. О некоторых условиях образования экзогенных кальцитов по изотопным данным 50

Леоненко Г. Н., Пронина Н. В. Условия накопления, стадийные преобразования и разуплотнение глинистых толщ Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна 56

Храмцова А. В., Великих А. В. Терригенно-минералогические провинции мезозойских отложений полуострова Ямал 69

Носова Н. С. Литохимия нижнемеловых отложений Тагульского месторождения (Пур-Тазовская нефтегазоносная область, Западная Сибирь) 76

Чернова О. С. Фациально-циклический анализ юрской продуктивной толщи юго-востока Западно-Сибирской плиты 83

Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Лебедев А. И., Прядко А. В., Такканд, Г. В., Хуснуллина Г. Р. Фации и палеогеография пластов $АВ_{1-2}$ Кечимовского месторождения (Широтное Приобье, Западная Сибирь) 92

Сухарев А. И. Метасоматиты по отложениям мелового комплекса Верхнеиндикъяхской впадины Большехетской синеклизы 105

Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Беляков Е. О., Такканд Г. В. Фациальный контроль изменчивости фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов тюменской свиты Ловинского месторождения (Шаимский район, Западная Сибирь) 111

Раздел II. Геология твердых горючих ископаемых

Шульга В. Ф., Зайцева Л. Б., Иванова А. В., Панкова М. Г. О палеоклиматической зональности и составе углей (на примере раннего карбона Восточно-Европейской платформы) 119

Томас А., Томас А., Иванина А. В., Шульга В. Ф., Матрофайло М. Н. О границе между визейским и серпуховским ярусами нижнего карбона в угленосной формации Львовско-Люблинского бассейна (Украина, Польша) 129

Савчук В. С., Приходченко В. Ф., Кузьменко Е. А. Новые данные по метаморфизму углей Львовско-Волынского бассейна 139

Кошевой В. Н., Денисов В. А. Тольинско-Оторьинская угленосная площадь Северо-Сосьвинского угленосного района (новые данные) 148

Гуревич А. Б., Волкова Г. М. К методике оценки прогнозных ресурсов углей Таймырского бассейна 158

Вялов В. И., Кузеванова Е. В., Олейникова Г. А., Ключарев Д. С. Оценка ресурсного потенциала редкометально-угольных месторождений Приморья 169

Бойко Н. И. Верхнеюрские горючие сланцы Северного Кавказа и перспективы их использования 182

Вялов В. И., Михайлов В. А., Олейникова Г. А., Искюль Г. С., Ключарев Д. С. Металлоносность диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна 193

Макаренко Г. Л. Особенности геологической природы торфяных месторождений Камчатки на основе степени трофности среды торфонакопления 199

Стукалова И. Е. Углепетрографические исследования в Геологическом институте РАН 206

Раздел III. Геохимия углеводородов и сопутствующие проблемы

Макаров В. П. Об источниках вещества природных углеводородных газов 214

Кизильштейн Л. Я. Контакт угольных пластов с вмещающими породами и некоторые вопросы геохимии изотопов серы 225

Маслов А. В., Федоров Ю. Н., Ронкин Ю. Л., Лепихина О. Б., Биглов К. Ш. Коэффициенты вариации содержаний элементов-примесей в сырых нефтях некоторых месторождений Волго-Уральской области и Западной Сибири 230

Маслов А. В., Пономарева С. А., Ронкин Ю. Л. РЗЭ-систематика сырых нефтей Карсовайского месторождения (Республика Удмуртия) 242

Кизильштейн Л. Я. Золоотвалы угольных ТЭС – техногенные месторождения ценных компонентов (Сообщение 4. Ферросилиций) 253

Шерстюк Н. Н. Возможности комплексного использования минерального сырья в пределах Подмосковного буроугольного бассейна 260

Хворостина А. А. Природная газоносность углей Эльгинского месторождения 266

ПРИЛОЖЕНИЕ: работы Ю. А. Жемчужникова

Комментарии 273

Тип косой слоистости как критерий генезиса осадков (1926 г.) 277

Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения (1947 г.: материалы Геологического угольного совещания 1944 г.) 314

Литологический сборник (1948 г.) Предисловие 334

Что такое фация 340

К вопросу о современном состоянии актуалистического метода в литологии 349

* * *

Памяти Лидии Ивановны БОГОЛЮБОВОЙ 357

Заключение 359

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 IV (20)

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка Н. В. Устьянцевой

Подписано в печать 02.08.2010 Бумага офсетная Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$
Печать на ризографе. Печ. л. 22,75 Уч.-изд. л. 26,0 Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство Уральского государственного горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ООО «ИРА УТК»,

620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42