



федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

ПУСТОВАЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2022



20-23 декабря 2022 г.

Материалы конференции

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

Кафедра литологии
Минералого-петрографический музей имени Л.В. Пустовалова

ПУСТОВАЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2022

Традиционная конференция, посвященная 120-летию
Леонида Васильевича Пустовалова

20-23 декабря 2022 г.

материалы конференции

Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
2022

УДК 552.5
П89

Пустоваловские чтения 2022 : традиционная конференция, посвященная 120-летию Леонида Васильевича Пустовалова (Москва, 20-23 декабря 2022 г.) : материалы конференции / ред. коллегия: Оленова К.Ю., Сабилов И.А., Постникова О.В., Постников А.В. – М. : РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2022. – 4,24 Мб – Электрон.дан. - 1 электрон.опт.диск (CD-ROM); 12 см. – Систем.требования: компьютер IBM-PC совместимый; монитор, видеокарта, поддерживающ. разреш.1024x768; привод CD-ROM; программа для чтения pdf-файлов. – Загл.с этикетки диска. – ISBN 978-5-91961-473-9. – Текст. Изображение : электронные.

В сборнике представлены материалы докладов научных чтений «Пустоваловские чтения 2022», проводимых по тематике «Литология» и посвященных 120-летию со дня рождения Леонида Васильевича Пустовалова. Рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся истории становления науки литология, изучения осадочных горных пород, проведения детальных комплексных исследований горных пород различного генезиса.

Сборник представляет интерес для специалистов разных направлений, занимающихся геологическими науками.

Редакционная коллегия: Оленова К.Ю., Сабилов И.А., Постникова О.В., Постников А.В.

Организационный комитет:

Председатель: А.В. Постников

Почетный председатель: Дмитриевский А.Н.

Члены: О.В. Постникова, К.Ю. Оленова, И.А. Сабилов

Графическое оформление: А.Р. Эскерханова, Г.К. Гедымин

Минимальные системные требования:

Тип компьютера, процессор, частота: IBM-PC совместимый

Видеосистема: монитор, видеокарта, поддерживающая разрешение 1024x768

Дополнительное оборудование: привод CD-ROM

Дополнительное программное обеспечение: программа для чтения pdf-файлов.

ISBN 978-5-91961-473-9

© РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И.М. Губкина, 2022

© Коллектив авторов, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	8
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ А.Н. Абрамов	10
СИНФАЗНАЯ СТРАТИГРАФИЯ Ю.М. МАЛИНОВСКОГО Л.А. Антоненко, П.В. Флоренский.....	12
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕНД-РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТОВ ОСТРОВА СЕНЬЯ ЗАПОЛЯРНОЙ НОРВЕГИИ (В РАЙОНАХ ВЕСТЕФЬЕЛЛЬ И ВАНСВИК) Т.В. Антоновская, Т.Д. Шибина, Е.М. Тропников, А.Р. Котельников	15
БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ – ВЗАИМОСВЯЗЬ БИОГЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ И АБИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КАК ТРИГГЕР ОСАДОЧНОГО ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ А.И. Антошкина.....	18
ДРЕВНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ БАССЕЙНЫ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ И ВОПРОСЫ СЕРОНАКОПЛЕНИЯ Я.Г. Аухатов	21
ЛИТОЛОГИЯ, БУРЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ ГЕОРГИЕВСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНЕЕ ПРИОБЬЕ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) Я.Г. Аухатов	24
ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФЕС ПОРОД НА ПРИМЕРЕ АЧИМОВСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Е.К. Бакай , Т.А. Шарданова	27
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ СРЕДНЕЙ ЮРЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВ. ЗАОЗЕРНАЯ (ХМАО-ЮГРА) А.А. Ваганова, А.Д. Дюкова	30
НОВЫЕ ФОРМЫ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ MN НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ Л.Г. Вакуленко' , Д.А. Новиков' , Н.А. Пальчик.....	33
ОСОБЕННОСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД БУГУЛЬМИНСКОГО ПЛАТО ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА А.Н. Гараева, А.И. Латыпов, Э.А. Королёв.....	36
ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА АНГАРО-ЛЕНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ) Д.С. Горяйнов' , П.А. Новоселя'	39
ВАРИАНТ МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ ⁴² А.В. Дектерева, Н.В. Немченко' , В.А. Муфтахов	42

МЕТАОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ О СУБДУКЦИОННОМ ЭТАПЕ ИСТОРИИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ВЯТСКОГО ОРОГЕНА (ВОЛГО-УРАЛЬСКИЙ СЕГМЕНТ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА) К.Г. Ерофеева, А.В. Самсонов, Т.А. Пилицына, А.Н. Ларионов, В.А. Спиридонов, А.В. Постников, А.Ю. Вовшина, А.С. Дубенский	45
ОБЛОМОЧНЫЕ ЦИРКОНЫ ИЗ РИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА): U-ТН-РВ ДАННЫЕ Т.С. Зайцева, Н.С. Прияткина, И.М. Горохов, В.П. Ковач, Е.В. Адамская, Б.М. Гороховский, Ю.В. Плоткина	48
АССОЦИАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЯХ И ИХ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ Н.Н. Зинчук, М.Н. Зинчук	51
ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВНИХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ Н.Н. Зинчук	54
ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ БОТУОБИНСКОГО ГОРИЗОНТА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ А.Д. Изъюров, К.А. Королева	57
ГЕНЕЗИС ОТЛОЖЕНИЙ РЕДКОЛЕСНОЙ СВИТЫ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ Е.С. Изъюрова, Д.С. Кучнов	59
ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА И ИХ СВЯЗЬ С ФАЦИЯМИ В ФАМЕНСКИХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ Е.Т. Казимиров	60
ОСОБЕННОСТИ ФАЦИАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД БАШКИРСКОГО ЯРУСА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ТАТАРСТАНА А.Н. Кольчугин, В.П. Морозов, М.Ф. Валидов, В.А. Судаков, К.Д. Шуматбаев, Р.М. Хабипов	63
МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В УГЛИСТЫХ ПОРОДАХ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРНОГО ТИМАНА О.С. Котик, Н.С. Инкина	65
ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ЕРБОГАЧЕНСКОГО ГОРИЗОНТА СВОДОВОЙ ЧАСТИ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ В.А. Лошкарева, О.В. Постникова, И.А. Китаева	68
ВЛИЯНИЕ ЭВСТАЗИИ И УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОСТОЧНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ <u>Ю.В. Ляпунов</u> , Д.О. Алмазов, Л.А. Савинова	71

ВАРИАЦИИ МОРФОЛОГИИ ПОСТРОЕК ФОСФАТНЫХ СТРОМАТОЛИТОВ ДОЛИНЫ Р. СУХОЙ ПЕСЧАНКИ И СРЕДА ИХ ФОРМИРОВАНИЯ С.Ю. Маленкина.....	74
ПРЕДПОСЫЛКИ ПОИСКА ПОРОД С ПОВЫШЕННЫМИ КОЛЛЕКТОРСКИМИ СВОЙСТВАМИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ДОМАНИКОВОГО ТИПА В.П. Морозов, А.С. Хаюзкин, Э.А. Королев, А.А. Ескин, А.Н. Кольчугин, Е.В. Морозова, Н.С. Захарова, А.И. Баширов.....	77
ПРИМЕНЕНИЕ ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ЯМАЛО- ТАЗОВСКАЯ МЕГАСИНЕКЛИЗА) ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «М» А.А. Назарова.....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ КАБОНАТНЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ⁸³ Р.Р. Нуриахметов.....	83
ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ НОВОЯКИМОВСКАЯ (ЗАПАДНЫЙ ТАЙМЫР) К.Ю. Оленова , А.В. Грачева.....	86
ТЕТРАМЕТИЛБЕНЗОЛЫ КАК ИНДИКАТОРЫ АНОКСИ ЗОНЫ С.Б. Остроухов , Н.В. Пронин , И.Н. Плотникова '.....	89
РОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ ЛИТОГЕНЕЗА САПРОБИТУМОЛИТОВ ОНЕЖСКОЙ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЙ СТРУКТУРЫ А.В. Первунина, О.В. Мясникова.....	92
ЛЕОНИД ВАСИЛЬЕВИЧ ПУСТОВАЛОВ В ИНСТИТУТЕ ПРИКЛАДНОЙ МИНЕРАЛОГИИ И. Г. Печенкин.....	95
ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ПЕСЧАНИКОВОГО ТИПА В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНАХ И.Г. Печенкин.....	98
ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ, ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СВЯЗЬ С УСЛОВИЯМИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЕСЧАНИКАХ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КРЫЛА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ М.В. Платонов.....	101
КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ УРАЛО-ПОВОЛЖЬЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И УНИКАЛЬНЫХ ОТКРЫТИЙ И.Н. Плотникова.....	104
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОРОД ДОМАНИКОВОЙ ФОРМАЦИИ И ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ И.Н. Плотникова, С.Б. Остроухов, Н.В. Пронин.....	107

КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НАДЫМ-ПУР-ТАЗОВСКОГО РЕГИОНА А.В. Постников , О.В. Постникова , Н.К. Кулагина , И.А. Китаева , О.А. Зуева , А.С. Кузнецов , В.А. Лошкарева	110
СИНГЕНЕТИЧНОЕ ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ С ПОДВОДНЫМИ ЭФФУЗИВАМИ ТРАХИБАЗАЛЬТОВОГО СОСТАВА, ИХ МЕТАСОМАТОЗ И ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КЕМБРИЙСКОГО РАЗРЕЗА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ КАНАНДИНСКАЯ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ В.В. Пустыльникова	113
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДКОВ ОХОТСКОГО МОРЯ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ФОРАМИНИФЕРОВОГО АНАЛИЗА) А.В. Романова.....	116
ВОЗМОЖНОСТИ ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛИТОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕМИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПАРАТЕТИСА) Ю.В. Ростовцева.....	119
ВОЗМОЖНЫЕ ФАКТОРЫ НАРУШЕНИЯ ОСАДОЧНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ РАННЕТРИАСОВОГО КАВКАЗСКОГО МОРЯ Д.А. Рубан.....	122
ПОРОДЫ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ – МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ИСТОЧНИК ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД И.А. Сабиров, А.В. Постников	125
ЛИТОЛОГИЯ И ФАЦИИ ЮРСКИХ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОПСЕЛЬСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ Г. СУДАК (КРЫМ) Т.А. Садчикова, И.Е. Стукалова, А.Л. Чепалыга.....	128
ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ УГУЙСКОГО ГРАБЕНА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ): РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА, УСЛОВИЙ И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ А.В. Самсонов, К.Г. Ерофеева, С.Е. Борисовский, Ю.О. Ларионова, Е.О. Дубинина, А.Н. Ларионов, Е.Б. Сальникова, А.В. Степанова, С.Л. Кичигин, В.В. Лесняк.....	130
ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ О.В. Сивальнева, Е.С. Изъюрова, А.Д. Изъюров.....	133
МИНЕРАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЛИНЕЙНОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА Е.Ю. Сидорова, Л.М. Ситдикова	136
ГЕЛИЙ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ЛОКАЛИЗАЦИИ И КОНЦЕНТРАЦИИ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕНДА И КЕМБРИЯ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ (МИРНИНСКИЙ РАЙОН) К.М. Седаева.....	139

РОЛЬ УГЛЕВОДОРОДОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ТИПА «ХАРДГРАУНД» В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ Е.А. Сухих	142
ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД: ТЕРМИНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ М.И. Тучкова, Е.В. Щербакова.....	145
ПУСТОВАЛОВ. ПУСТОСТРАХИ. ДИССКУССИИ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ П.В. Флоренский	148
АНАЛИЗ ЦВЕТА И ПЛЕОХРОИЗМА МИНЕРАЛОВ В ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ШЛИФАХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И.И. Хасанов, А.С. Рахматуллина	151
ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ДОМАНИКОВОГО ТИПА В ПРЕДУРАЛЬСКОМ КРАЕВОМ ПРОГИБЕ А.С. Хаюзкин, В.П. Морозов, А.Н. Воронина, Э.А. Королев, А.А. Ескин, Е.В. Морозова, А.И. Баширов	154
ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ШИХАНА ТОРАТАУ Е.И. Чукова, А.С. Рахматуллина	157
РЕКОНСТРУКЦИЯ МОРФОЛОГИИ АССЕЛЬ-САКМАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ НА ПРИМЕРЕ ШИХАНА ТОРАТАУ Е.И. Чукова, И.И. Хасанов	160
ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОРЫ СЛАНЦЕВОГО КОЛЛЕКТОРА НИЖНЕСИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ФОРМАЦИИ ЛОНМАСИ (КНР) Т.А. Шарданова , Хао Юэсян, Ли Ичжэнь, Не Цзе.....	163
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА К СЕРЕ СУЛЬФИДНОЙ В БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЕЕ ПОРОД В.Г. Эдер, А.Г. Замирайлова.....	166

ПРЕДИСЛОВИЕ

20-23 декабря 2022 года кафедра литологии и минералого-петрографический музей имени Л.В. Пустовалова РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина провели традиционные научные чтения, посвященные 120-летию со дня рождения Леонида Васильевича Пустовалова.

Первые научные чтения, посвященные памяти Пустовалова Л. В. были проведены в год его 70-летия – в 1972 г. по инициативе кафедры, поддержанной ректоратом МИНХ и ГП им. И. М. Губкина, Лабораторией осадочных полезных ископаемых и Междудементальным литологическим комитетом. В дальнейшем они стали традиционными. В 1992 г. прошли четвертые чтения в честь его 90-летия. Три раза они проходили в МИНХ и ГП и ГАНГ им. И. М. Губкина, один раз – в Институте литосферы АН СССР, в который в 1979 г. вошла как базовое научное подразделение Лаборатория осадочных полезных ископаемых, созданная Леонидом Васильевичем Пустоваловым в 1960 г. Пятые «Пустоваловские чтения» были проведены кафедрой в 2002 году.

На чтениях обычно докладывались результаты новейших литологических исследований, развивающих в основном те направления, инициатором которых был Л. В. Пустовалов. Материалы чтений опубликованы. Они вошли в труды МИНХ и ГП и ГАНГ (вып. 130, 161, 240) в сборник «Проблемы экзогенного и метаморфогенного породо- и рудообразования» (Наука, 1985), в специальный выпуск журнала «Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений» (№ 4, 1993).

Эти сообщения, доклады настоящей конференции и анализ современной литологической литературы показывают, что основные закономерности процесса осадко- и породообразования, впервые сформулированные Л. В. Пустоваловым в 1940 г., сохранили свое значение до сих пор. Многие положения, вызвавшие в свое время дискуссию, стали своеобразными аксиомами.

Кафедра, созданная Л. В. Пустоваловым, развивается в соответствии с новыми достижениями в области геологии нефти и газа и естественных наук в целом.

В целях популяризации геологии, а также учения о минералах и горных породах, на базе Минералого-петрографического музея им. Л.В. Пустовалова при поддержке Центра виртуальной, дополненной и смешанной реальности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, создан 3D-тур, который охватывает всю экспозицию музея. Виртуальный тур позволяет посещать музей, не выходя из дома, а также изучать коллекцию минералов и горных пород до мельчайших деталей. Зритель перемещается в виртуальном пространстве на

360°, акцентируя внимание на интересующих его деталях. Демонстрация музея может происходить с помощью различных устройств и площадок: компьютер, смартфон, VR-шлем, браузер, стриминговые платформы. Пройти тур можно как на сайте музея, так и на сайте организации Центра виртуальной, дополненной и смешанной реальности РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, а также по ссылке <https://xr.gubkin.ru/3DTours/MuzeyMineralogii/index.htm>. Также сотрудниками музея совместно со студенческой организацией GuTV создан 40-минутный ролик, посвященный коллекции Минералого-петрографического музея им. Л. В. Пустовалова. Фильм предназначен для школьников и студентов негеологических специальностей и загружен на видео хостинге Youtube.com.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ

А.Н. Абрамов¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва

Одним из ключевых аспектов в изучении коллекторов являются исследования структуры пустотного пространства. Данная работа выполнена на основе высокотехнологичных методов изучения терригенных и карбонатных пород коллекторов разновозрастных отложений Тимано-Печорской и Лено-Тунгусской нефтегазоносных провинций. В породах коллекторах присутствует широкий диапазон генетических типов пустотного пространства, отличающихся морфометрическими характеристиками. Показано, что в пустотном пространстве коллекторов присутствует значительное количество пленок тяжелых углеводов, определяющих степень гидрофильности или гидрофобности исследуемых пород.

Одним из ключевых аспектов в изучении коллекторов являются исследования структуры пустотного пространства. Исследования проводились на основе трех месторождений Тимано-Печорской и Лено-Тунгусской нефтегазоносных провинций России.

Исследования были выполнены на сканирующем электронном микроскопе JSM 6610 LV, Jeol (Япония), оборудованном энергодисперсионным спектрометром IE350. Оригинальная методика применения РЭМ (растровая электронная микроскопия) позволила оценить взаимное расположение минеральных компонентов породы, оценить пространственные закономерности распределения пустот от долей микрона до 1 сантиметра и оценить влияние пленок концентрированного органического вещества на гидрофобность пустотного пространства и фильтрационно-емкостных свойств породы в целом. Использование методов энерго-дисперсионной спектроскопии позволило точно исследовать минеральный состав.

Исследуемые породы-коллекторы представлены следующими литотипами: средне-крупнозернистый песчаник сульфатизированный с преимущественно межзерновыми пустотами, редкими системами трещин раскрытостью не более 20 мкм и микропористыми областями, приуроченными к скоплениям глинистых минералов; песчаник мелкозернистый пористый с межзерновыми пустотами, микропористыми областями, связанными с каолиновыми скоплениями, внутрикристалловыми пустотами, приуроченными к новообразованным кристаллам кварца и полуразрушенным зернам калиевого полевого шпата и микротрещинами, раскрытостью не более 5 мкм; средне-мелкозернистый песчаник сульфатизированный с межзерновыми пустотами и микропорами, распространенными в пакетах глинистых минералов; известняк разнокристаллический с крупными кавернами более 1 сантиметра, вместоформенными пустотами, с микропористыми областями,

приуроченными к зонам распространения мелкокристаллического известняка, и межкристалловыми пустотами.

На основании исследований были сделаны выводы о том, что выделенные литотипы каждого месторождения имеют характерные морфометрические особенности пустот, а также свойственные им характеристики насыщения пустотного пространства. Так, изученным породам Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции свойственны углеводородные пленки, распространяющиеся по органогенным остаткам, крупным кавернам и трещинам. В свою очередь, характер распространения пленок месторождений Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции можно разделить на две условные группы: приуроченных к крупным межзерновым пустотам и пленки, приуроченные к проводящим каналам, активно подверженным результатам процессов вторичной минерализации.

Гидрофобность связанных каналов, трещин, пустот и микропустот, в данных случаях, во многом определяется степенью развитости углеводородных пленок. Изучение микроструктуры пустотного пространства представленных литотипов, и пород коллекторов в целом, необходимо для корректировки обоснования технологий извлечения углеводородов.

Литература

1. *Кузнецов В.Г.* Литология. Осадочные горные породы и их изучение, 2007, 511 с.

СИНФАЗНАЯ СТРАТИГРАФИЯ Ю.М. МАЛИНОВСКОГО

Л.А. Антоненко¹, П.В. Флоренский²

¹ ФГБУ «ВИМС» им. Н.М. Федоровского, Москва, antonenkol@yandex.ru

² РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, florenpv@kmail.ru

Малиновский Юрий Михайлович (1934–2018) – доктор геолого-минералогических наук, профессор Кафедры месторождений полезных ископаемых и их разведки Российского университета дружбы народов, главный научный сотрудник Геологического института РАН, а также ведущий научный сотрудник Института литосферы окраинных и внутренних морей РАН, профессор Университета дружбы народов им. П. Лумумбы, академик Международной академии информатизации. Автор более 100 публикаций, включая четыре монографии.

Юрий Михайлович Малиновский и авторы этой статьи в далекие 1950-е годы учились на геологоразведочном факультете Московского нефтяного института (МНИ им. И.М. Губкина) в группе НГ-54-1 (нефтяная геология). Нам повезло: многие наши преподаватели были известными учеными и отличными педагогами. Одним из самых ярких был Леонид Васильевич Пустовалов, который читал нам лекции по литологии.



Малиновский
Юрий Михайлович

Ю.М. Малиновский вспоминал об одной из последних встреч с Леонидом Васильевичем. Они обсуждали работы Малиновского о его Периодической системе геологических событий и синфазной стратиграфии вообще, которыми Л.В. Пустовалов очень интересовался. Закончив обсуждение, Леонид Васильевич с сожалением сказал: «В наше время мы не могли себе позволить не только публиковать, но и обсуждать такие темы!»

Исследования Юрия Михайловича были одной из первых серьезных попыток познания механизма саморегуляции биосферы с использованием геологических данных. Нет сомнений, что это является важнейшей задачей современного естествознания. К сожалению, сложилась ситуация, когда биологи, перед которыми эта задача стояла, не смогли её решить, так как не владели фактами истории биосферы, а геологи, располагая огромным материалом о ней, такой задачи перед собой, как правило, не ставили.

Для построения и обоснования Периодической системы осадкообразования Ю.М. Малиновский разработал и ввел понятие о синфазной стратиграфии как историко-геологическом направлении исследований с целью корреляции разновозрастных, но однородно проявленных событий по одинаковым фазам развития процессов

осадкообразования (седиментационно-палеогеографических, палеонтологических, частично магматических).

Понятие «Синфазная стратиграфия» было введено Ю.М. Малиновским в 1982 г. Установив определенную повторяемость однородно проявленных событий, он предложил свою «Тектоническую геохронологическую шкалу» с ритмом этапов и периодичностью глобальных трансгрессий в один галактический год (176–192 млн лет).

Идея создания Периодической системы геологических событий возникла давно. В 1936 г. известный геолог С.Н. Бубнов опубликовал свою спираль циклического развития Земли. Затем схемы периодического развития Земли под разными названиями предложили С.В. Тихомиров (1956, 1972), В.Д. Наливкин (1962) и Н.Ф. Балуховский (1966). Строго говоря, их схемы не являются системами, поскольку в них нет элементности – признака любой системы! Однако предложенные ими схемы, несомненно, были шагом вперед.

Итак, что же такое системы? Система по Винеру – часть пространства, взятая для исследования: поэтому любой процесс или объект могут рассматриваться как система. Системы бывают статические и динамические, открытые и закрытые, самые разные. Например, геологическое пространство нефтяного месторождения или бассейна, когда исследуется его структура, рассматривается как статическая закрытая система, а при изучении истории формирования бассейна – как открытая динамическая. Количество элементов системы зависит от целей исследования и в значительной степени влияет на его результаты.

Парадокс иерархии систем, отражающий философскую категорию неполноты познания Мира, требует для любой системы решения системы более высокого уровня, в которую она входит. Поэтому при исследовании любой системы необходимо применение теории, рабочей гипотезы или просто веры. Наиболее общие решения систем самого высокого уровня организации отражены в законах их функционирования.

Каждая система находится в процессе системной реализации, проходя три основные фазы: развития, стационарности и распада. Знания о системе, в которой мы живем, необходимы не только геологу, но и любому культурному человеку. Геологам они особенно полезны, так как позволяют глубже понять закономерность строения осадочных толщ и нефтегазоносных комплексов, позволяя мыслить глобально, а действовать локально. В современных условиях последнее качество специалиста стало особенно ценным.

В связи с тем, что биосфера Ю.М. Малиновским рассматривается как динамическая, открытая, самоорганизующаяся (синергетическая) система, необходимо было дать хотя бы самые общие понятия о системах и их свойствах. Тем более что такие знания имеют более универсальное применение. Ю.М. Малиновский предложил важнейшие законы

функционирования самоорганизующихся систем. Парадокс иерархии систем, отражающий философскую категорию неполноты познания Мира, для решения любой системы требует решение системы более высокого уровня, в которую она входит. Наиболее общие решения систем самого высокого уровня организации отражены в законах их функционирования: каждая система находится в процессе системной реализации, проходя три основные фазы: развития, стационарности и распада.

Так что же такое Периодическая система геологических событий Ю.М. Малиновского? Строго говоря, такие системы не являются системами, так как в них нет элементности – необходимого признака любой системы. Они в значительной степени интуитивны.

Ю.М. Малиновский предложил применить Периодическую систему геологических событий для прагматической цели прогноза полезных ископаемых пока только для фанерозоя (последних 550–600 млн лет истории Земли), так как качество геологической информации резко ухудшается по мере углубления в более древние времена.

Периодическая система оказалась пригодной для решения более важной задачи о взаимодействии оболочек Земли. Так образовалось понятие «Синфазная стратиграфия» – историко-геологическое направление исследований, имеющее целью корреляцию разновозрастных, но аналогично проявленных седиментационно-палеогеографических (климаты, трансгрессии, формации), палеонтологических, частично магматических событий. Понятие «Синфазная стратиграфия» введено Ю.М. Малиновским в 1982 г., когда он, группируя такие события, он устанавливал их определенную повторяемость. В результате он предложил «Тектоническую геохронологическую шкалу» с ритмом этапов в 176–192 млн лет и периодичностью трансгрессий в 22–24 млн лет.

Приведенные в списке литературы учебные пособия были составлены Малиновским Ю.М. на основе его лекций, прочитанных бакалаврам и магистрам инженерного факультета РУДН в рамках курса нефтегазовой литологии, а также студентам и преподавателям кафедры литологии РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. В лекциях также были использованы результаты практической работы в качестве геолога-нефтяника на Кубе и в Афганистане. В своих учебных пособиях Ю.М. Малиновский в какой-то мере пытается объяснить существующие недостатки в системном подходе к определению роли биосферы как системы, производящей осадочные толщи и осадочные полезные ископаемые.

Литература

1. Малиновский Ю.М. Синфазная стратиграфия фанерозоя. – М.: Недра, 1982. – 176 с.
2. Малиновский Ю.М. Недра – летопись биосферы. – М.: Недра, 1990. – 159 с.
3. Малиновский Ю.М. Биосферные основы литологии. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 112 с.
4. Малиновский Ю.М. Нефтегазовая литология. Уч. пособие. – М.: Изд. РУДН, 2007. – 214 с.
5. Малиновский Ю.М. Нефтегазовая литология: Уч. пособие. – М.: РУДН, 2009. – 217 с.
6. Малиновский Ю.М. Основы биосферной стратиграфии: Уч. пособие – М.: РУДН, 2012. – С. 162.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕНД-РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИХ КАРБОНАТОВ ОСТРОВА СЕНЬЯ ЗАПОЛЯРНОЙ НОРВЕГИИ (В РАЙОНАХ ВЕСТЕФЬЕЛЛЬ И ВАНСВИК)

Т.В. Антоновская¹, Т.Д. Шибина², Е.М. Тропников³, А.Р. Котельников⁴

¹ Республика Коми, Ухта, *tat-atv@yandex.ru*

² ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, *shibina-tatyana@mail.ru*

³ ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, *tropnikov.83@mail.ru*

⁴ ИЭМ РАН, Черноголовка, *kotelnik1950@yandex.ru*

В работе на основе тектонических, петрографических, минералогических и петрологических анализов предлагается вариант условий формирования карбонатных пород восточной прибортовой части океана Япетус в венд-раннепалеозойское время, расположенных ныне в Верхнем аллохтоне Северных скандинавских каледонид в районе Вестефьелль и Вансвик острова Сенья Заполярной Норвегии.

Район исследований - юго-восточная часть острова Сенья Заполярной Норвегии вблизи посёлков Вестефьелль (формация Вестефьелль) и Вансвик (формация Вансвик). Целью работы является уточнение состава и строения выходов коренных пород для обоснования условий их формирования, включающих как условия осадконакопления, так и дальнейшего преобразования пород в ходе геологического развития данного региона. обнажения расположены примерно на сто метров выше уровня моря, представлены карбонатами с тонкими кварцево-слюдистыми прослойками.

Формация Вестефьелль представлена неравномернослоистыми мраморизованными известняками с прослоями кварца (Q) и мусковита (Mus). Известняк средне-крупно-гигантокристаллический, сложен преимущественно кальцитом, кальцит – хемогенный. Кварц от мелко-до крупнозернистого, преобладает среднезернистый, всегда в соседстве с мусковитом. Мусковит листоватый без хлора, содержит натрий. Биотит (Bt) не обнаружен. Присутствуют плагиоклазы (Pl 9-36) от альбита до андезина, а также рудные минералы – пирротин (Po), гидроксид железа (FeOH) и сидерит (sid), и редкоземельный (REE) - синхизит. Отмечаются брекчии оползания, элементы будинирования. Хлорит (Chl), соседствующий с пирротинном, даёт температуру образования 256⁰С [2]. Наблюдается плохоопределимая фауна, предположительно – археоциаты раннекембрийского возраста, по аналогии с находками на Алданском щите [1].

Формация Вансвик представлена мраморизованными горизонтально-волнисто-микрослоистыми известняками с прослоями кварца и слюды. Известняк от мелко- до крупнокристаллического, сложен преимущественно кальцитом; кальцит – хемогенный.

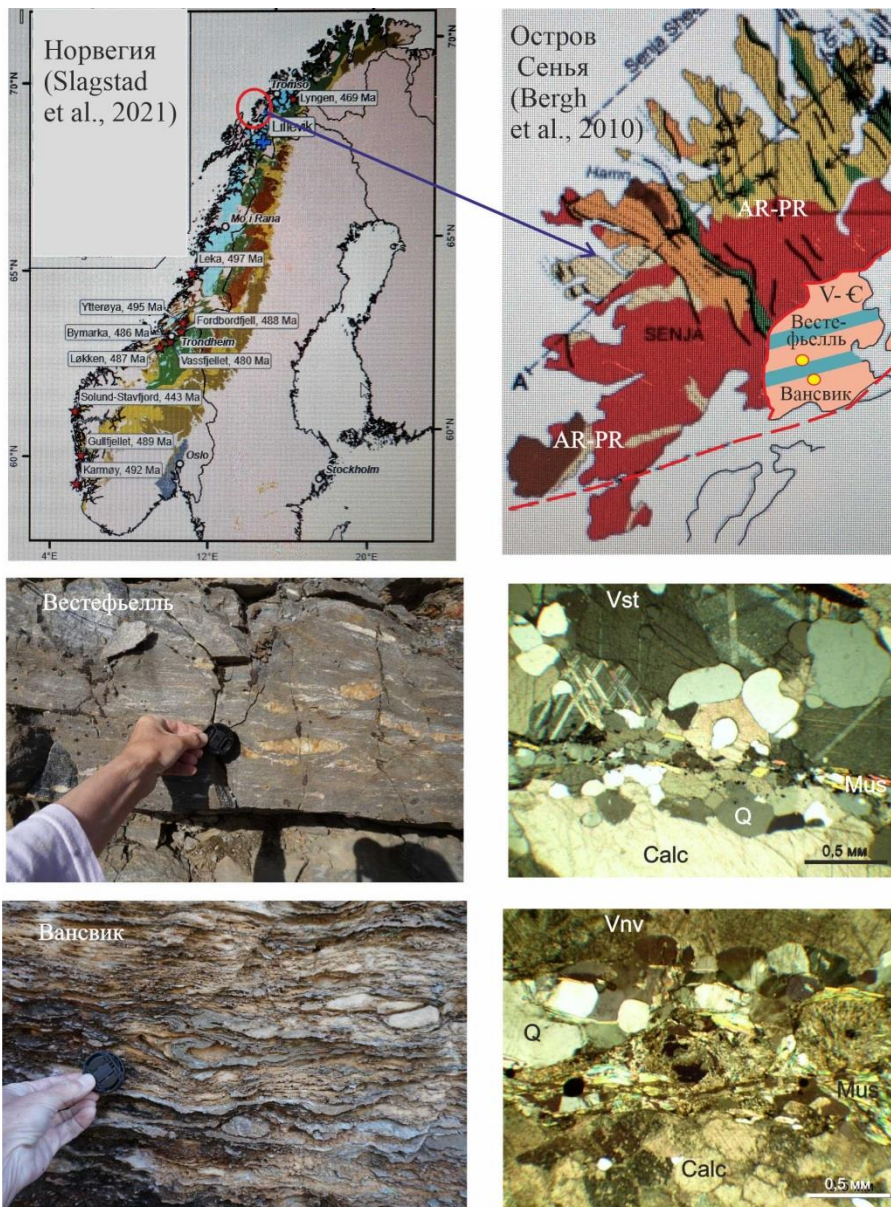
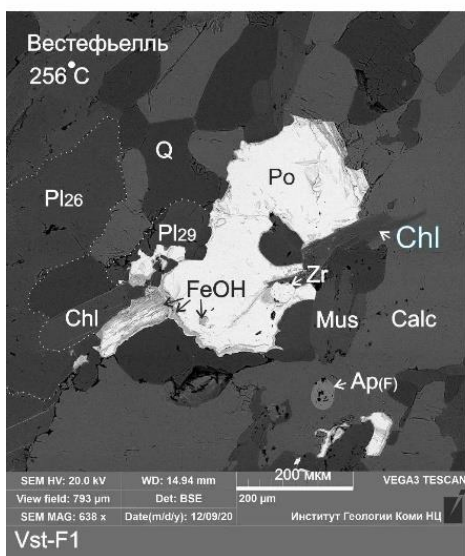
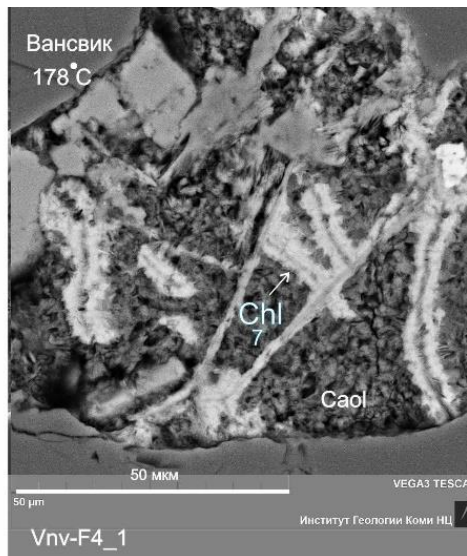
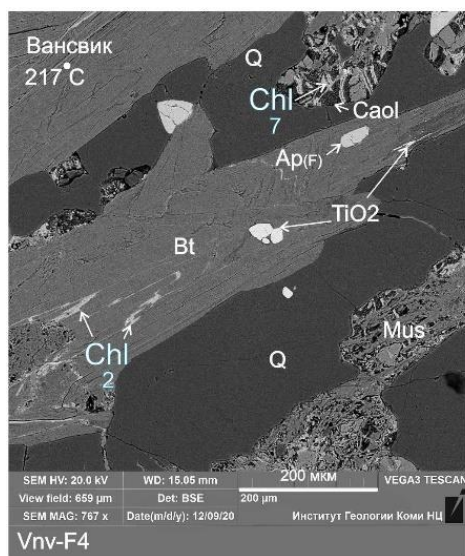


Рисунок 1 Формации Вестефьелль (Vst) и Вансвик (Vnv) – карбонаты (Calc) с тонкими прослойками кварца (Q) и слюды (Mus): в разрезах и шлифах

Кварц от средне- до грубозернистого, более крупный, чем в формации Вестефьелль. Слюда – биотит (Bt) и мусковит (Mus); мусковит двух видов – сетчатый с хлором и без натрия, и листоватый – без хлора, с натрием. Отсутствуют плагиоклазы, рудные минералы, редкие земли, фауна. Хлорит приурочен к каолинитам (Caol) (температура его образования 178°C), и заполняет ряд трещинок в биотитах (температура его образования 217°C) [2].

В результате исследований предполагается, что формация Вестефьелль формировалась в конце венда - начале кембрия в глубоководно-шельфовой части бассейна ближе к континентальному склону; формация Вансвик образовалась в то же время, также в глубоководно-шельфовой части бассейна, но ближе к мелководному шельфу и на более горизонтальной поверхности дна моря. Среда осадконакопления была повышенной солёности – выше известнякового химического барьера, что могло быть связано с

активностью соляных диапиров в пределах Япетусского палеорифта. Породы обеих формаций претерпели: 1) региональный метаморфизм, преобразовавшись до зеленосланцевой стадии, в ходе субдукционно-обдукционных процессов на границе океана Япетус с континентальной корой Балтийского щита; 2) влияние постмагматических растворов; 3) подъём на дневную поверхность в результате каледонской коллизии, приведшей к горообразованию.



Vnv-4_4_2-Chl
 $(\text{Mg}_{1,06}\text{Fe}^{2+}_{3,14}\text{Ca}_{0,09})_{4,29}\text{Al}_{1,72}(\text{Al}_{0,98}\text{Si}_{3,02})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{8,76}$
 $(0,98 \times 177,59) + 43,075 = 217^\circ\text{C}$

Vnv-4_4_7-Chl
 $(\text{Mg}_{1,01}\text{Fe}^{2+}_{3,02}\text{Ca}_{0,16})_{4,19}\text{Al}_{1,81}(\text{Al}_{0,76}\text{Si}_{3,24})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{9,05}$
 $(0,76 \times 177,59) + 43,075 = 178^\circ\text{C}$

Vst-3_1_7-Chl
 $(\text{Mg}_{3,56}\text{Fe}^{2+}_{1,08})\text{Al}_{1,36}(\text{Al}_{1,2}\text{Si}_{2,8})\text{O}_{10}(\text{OH})_{8,16}$
 $(1,2 \times 177,59) + 43,075 = 256^\circ\text{C}$

Расчёт температуры по: Cathelineau M., Neiva D.
 A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. Contrib Mineral Petrol. 1985. V. 91. P. 235-244

Рисунок 2 Показания хлоритового термометра

В настоящий момент исследуемые формации входят в состав Верхнего аллохтона, согласно работам [3].

Литература

1. Журавлёва И.Т. Биология археоциат / Этюды по стратиграфии - М: Наука, 1974. - С. 107-124.
2. Cathelineau M., Neiva D. A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. Contrib Mineral Petrol. 1985. V.91. P. 235-244.
3. Kjøll H.J. Late Neoproterozoic basin evolution of the magma-rich Japetus margin of Baltica/ Norwegian Journal of Geology. <http://dx.doi.org/10.1785/njg100-1-6>

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ – ВЗАИМОСВЯЗЬ БИОГЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ И АБИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КАК ТРИГГЕР ОСАДОЧНОГО ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ

А.И. Антошкина¹

¹ *Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Antoshkina@geo.komisc.ru*

На основе результатов изучения фанерозойских отложений (от континентальных до океанических глубоководных) демонстрируется участие и роль бактериальных сообществ в формировании осадочных пород разного генезиса. Полученные данные проведенных исследований с помощью комплекса современных методов позволяют обосновать понятие бактериального литогенеза как триггера биостимулированного аутигенного минералообразования в процессе осадочного породо- и рудообразования.

Исследования отечественных и зарубежных литологов с применением современных тонких методов в последние десятилетия привели к пересмотру некоторых основных положений теории литогенеза, разработанных Л.В. Пустоваловым, Л.Б. Рухиным, Н.М. Страховым, Н.В. Логвиненко и их последователями. Присутствие следов жизнедеятельности бактерий в породах показывает их существенную роль в процессе осадочного породо- и рудообразования от докембрия до кайнозоя [1]. Фундаментальной проблемой в литологии стало выявление воздействия холодных газифлюидных потоков на осадки и биостимулирования породообразования.

Объектами изучения были палеозойские микро- мелкозернистые карбонаты, карбонатные ооиды и разные по составу конкреции Тимано-Североуральского региона, верхнемиоценовые мшанковые биогермные известняки Крыма и глубоководные карбонатные постройки Срединно-Атлантического хребта.

1. Крипто-микрозернистые известняки верхнего ордовика на Северном Урале и мелко-микрозернистые доломиты венлока на гр. Чернышева имеют биохемогенную природу: а) присутствие в них фоссилизированных биопленок, гликокаликса, фрамбоидальных пиритов и бактериоморф; б) данные параметров элементарной ячейки доломитов характеризуют их первично-осадочную природу; в) изотопные данные углерода и кислорода свидетельствуют о разных условиях осадконакопления и влиянии вторичных процессов; г) фазы разной упорядоченности ОВ в кальците и доломите отражают разную интенсивность тектонических воздействий на породы [6].

2. Исследования палеозойских карбонатных ооидов [8] показали: а) разный первичный минеральный состав (арагонит, низко-Mg кальцит, доломит) ооидов не влиял на процесс органоминерализации; б) зародыши нанозерен аморфного карбоната кальция присутствуют в биопленках на верхних поверхностях формирующихся ооидных корок и в структуре самих корок; в) последовательность процесса органоминерализации и, соответственно, рост ооидов определяется интенсивностью образования зародышей, т.е.

продолжительностью фазы покоя (спокойноводная обстановка, аноксия придонных осадков и отсутствие транспортировки).

3. Средне-верхнеордовикские сидерит-шамозитовые ооиды Северного Урала формировались в приэкваториальном морском бассейне с газофлюидными придонными высачиваниями: а) в сидерит-шамозитовых ооидах выявлены кокковые и трубчатые бактериоморфы и минерализованные биопленки; б) основные минералы в ооидах охарактеризованы тремя разновидностями шамозита, карбонатами ряда кальцит–сидерит, фосфатами, сульфатами, оксидами железа, сульфидами, включая фрамбоидальный пирит; в) изотопный состав углерода и кислорода в породах отражает поступление в бассейн седиментации пресных речных вод, а изотопный состав $C_{орг}$ – 28.72‰ говорит о бактериальном влиянии на аутигенное минералообразование [4, 7].

4. Сидеритовые конкреции и вмещающие их аргиллиты сидеритоносной толщи нижнего карбона на р. Кожым Приполярного Урала характеризуются: а) преобладанием в ОВ аргиллитов n-алканов состава C_{16} , C_{18} , отражающих микробную активность среды осадконакопления; б) разнообразием бактериморфных структур и своеобразием аутигенной минерализации – фрамбоидальный пирит, сфалерит, галенит, сульфоселениды и теллуриды, связанным с специфичностью бактерий, локальным распреснением/осолонением вод (по изотопным данным); в) проявлением эксинных обстановок, обусловленных локальными газофлюидными высачиваниями и процессами метаногенеза в придонных осадках; г) бактериями, которые использовали субстрат переотложенных кор выветривания, следствием чего стало массовое образование конкреционного сидерита [5, 7].

5. Карбонатные корковые обрастания мшанковых биогермов нижнего мезозоя Казантипского заповедника Керченского п-ова включают: а) бактериоморфные структуры, минерализованные биопленки, гликокаликс, фрамбоидальный пирит, битум, галит, стронцианит, барит, целестин, высоко-Mn кальцит кутногорит, Mg-кальцит, арагонит, доломит; б) изотопный состав углерода и кислорода карбонатов с широкими вариациями в продуктивности и составе вод от солоноватых до соленых; в) локальность проявления в мелководном бассейне придонных холодных газофлюидных высачиваний. Поэтому мшанковые биогермы, вероятнее всего, являются пригидротермальным оазисом, а активность высачиваний древнего грязевого вулкана могла быть спровоцирована неогеновым орогенезом [3].

6. Выявленный генетический тип глубоководных карбонатных построек во внеосевой зоне активного вулканизма рифтовой долины Срединно-Атлантического хребта характеризуется: а) концентрически-зональной структурой вокруг осевого канала и тонкой коркой карбонатно-железомарганцевого состава; б) обилием в теле построек и в корках

фоссилий планктонной фауны и минерализованных биопленок с бактериоморфными структурами, гликокаликсом, галитом, фрамбоидальным пиритом; в) карбонатами, представляющими собой твердые растворы на основе кальцита в самом теле построек и на основе бинарного ряда сидерит-родохрозит в составе корок; б) принципиально разными по генетической природе изотопными величинами углерода и кислорода в карбонатных постройках [2].

Приведенные выше результаты наших исследований разных типов и возрастов осадочных образований показали существование связи флюидного и бактериального факторов. Бактериальный литогенез как взаимодействие биогенных механизмов и природных абиогенных процессов является триггером бактериально-стимулированного минералообразования и соответственно осадочного породообразования.

Литература

1. Антошкина А.И. Бактериальное породообразование – реальность современных методов исследований // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. естеств. науки, – 2011. – Т. 153. – кн. 4. – С. 114–126.
2. Антошкина А.И., Добрецова И.Г., Силаев В.И., Киселёва Д.В., Чередниченко Н.В. Особенности состава и строения карбонатных построек в северной зоне Срединного Атлантического хребта // Материалы Всерос. литолог. совещ. «Геология рифов», 25–26 июля, г. Сыктывкар. Сыктывкар: Геопринт, 2020. – С. 19–22.
3. Антошкина А.И., Леонова Л.В., Симакова Ю.С. Нижнемэотические мшанковые биогермы Мыса Казантип, Крым: новая концепция палеоэкологической обстановки их природы // Литология и полезные ископаемые. – 2022. – №. 6. – С. 597–624.
4. Антошкина А.И., Пономаренко Е.С., Силаев В.И. Биохеогенная природа ордовикских шамозитов на Северном Урале // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2017. – № 9. – С. 12–22.
5. Антошкина А.И., Рябинкина Н.Н. Нижнекаменноугольные сидериты – продукт придонных высачиваний и бактериального метаногенеза // ДАН. Науки о Земле. – 2018. – Т. 478. – № 4. – С. 434–437.
6. Антошкина А.И., Шеболкин Д.Н., Шмелёва Л.А., Исаенко С.И. Биохеогенные известняки и доломиты в нанометровом масштабе: значение для геологической летописи // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2019. – № 8. – С 3–13.
7. Antoshkina A.I. Bacteriomorph Structures in Nodules, a Characteristic of Euxinic Conditions of Nodule Formation // Paleontological Journal – 2018. – Vol. 52. – No.10. – P. 28–39.
8. Antoshkina A.I., Zhegallo E.A., Isaenko S.I. Microbially Mediated Organomineralization in Paleozoic Carbonate Ooids // Paleontological Journal. – 2020. – Vol. 54. – No 8. –P. 825–834.

ДРЕВНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ БАСЕЙНЫ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ И ВОПРОСЫ СЕРОНАКОПЛЕНИЯ

Я.Г. Аухатов¹

¹ ООО «ЦСМРнефть» при АН РТ, Казань, yan-89178823520@yandex.ru

В данной работе рассматриваются вопросы древнего серонакопления обусловленного сероводородным заражением седиментационных бассейнов в некомпенсированных условиях осадконакопления. Сонахождение, парагенезис доманиковых, рифовых и сульфатно-карбонатных формаций и субформаций, а также карстовые процессы в областях опускания некомпенсированного типа привели к формированию первичной серной минерализации в рифовых и сульфатно-карбонатных формациях и субформациях.

Современным седиментационным бассейном сероводородного заражения, где в условиях некомпенсированного осадконакопления происходит формирование обогащенных органическими веществами осадков, является Черное море. Иванов М.В. показал важную роль микробиологических процессов для сероводородного заражения и в генезисе серных месторождений [5]. Древние седиментационные бассейны сероводородного заражения тесно связаны с некомпенсированным осадконакоплением и формированием отложений, обогащенных органическими веществами, типа доманика [1]. В данной работе рассмотрены вопросы серонакопления, связанные с древними седиментационными бассейнами сероводородного заражения. Эти вопросы актуальны в связи находками элементарной серы в карбонатных коллекторах углеводородов на больших глубинах [2, 6, 9, 10]. В истории развития осадочного бассейна выделяются этапы некомпенсированного и компенсированного осадконакопления. В строении области опускания некомпенсированного типа (ООНТ) участвуют формации трансгрессивно-регрессивного цикла (углеродисто-кремнистая, доманиковая, рифовая, карбонатно-сульфатная, галогенная, угленосная и т.д.). Зародившиеся в виде региональной структуры области опускания, имеют трехчленную структурно-формационную зональность, образуя следующие три зоны: центральную депрессионную (доманиковую); среднюю, обрамляющую ее (бортовую рифогенную); внешнюю шельфовую (карбонатно-сульфатную). При этом согласно представлениям Л.В. Пустовалова [8], центральные (осевые) зоны соответствуют сероводородной геохимической фации, а бортовые и шельфовые – кислородной геохимической фации

Сонахождение, парагенезис доманиковых, рифовых и сульфатно-карбонатных формации и субформации, а также карстовые процессы в областях опускания некомпенсированного типа привели к формированию первичной серной минерализации в рифовых и сульфатно-карбонатных формациях и субформациях [1].

Области опускания, к которым приурочено некомпенсированное осадконакопление, в геологической литературе известны как «иловые» или «доманиковые» впадины,

некомпенсированные прогибы и аккумуляционно-топографические впадины (М.М. Грачевский), прогибы некомпенсированного типа (С.С. Эллен), а также области опускания некомпенсированного типа (Аухатов Я.Г.).

Формирование первичной серной минерализации происходило по общепринятой схеме: восстановление сульфат-ионов в бортовой (рифовой) и шельфовой зонах до сероводорода органическими веществами и углеводородами нефтяного ряда депрессионной зоны при участии сульфатредуцирующих бактерии с последующим окислением до элементарной серы. В отличие от сторонников сингенетичного происхождения серы [5], здесь первичное серонакопление связывается не депрессионной частью бассейнов сероводородного заражения типа Черного моря, а его бортовой и шельфовыми зонами. В депрессионной зоне серонакопление связано с одиночными рифами. Например, Хилковский риф [4], где М.И. Фадеевым [10] обнаружена элементарная сера в карбонатных отложениях кизелевского горизонта, приурочен к Жигулевско-Мухановскому надвику, секущему Муханово-Ероховский прогиб Камско-Кинельской системы в крест простирания. В поднятых над уровнем моря рифах атмосферные осадки, поглощаемые понижениями на поверхности, проникают вглубь и смешиваются солеными морскими сероводородными водами. Среда становится окислительной, возникает кислородный барьер. При встрече сероводородных вод с кислородными сероводород окисляется, образуется элементарная сера, которая в виде желтых крупных кристаллов заполняют карстовые пустоты и трещины

Можно предполагать, что серонакопление тесно связано с положительными структурами, которые подвергались гипергенным карстовым процессам, в ходе которых формировались контрастные геохимические условия по Л.В. Пустовалову или геохимические барьеры. В последующем, когда потенциально нефтематеринские породы типа доманика начали продуцировать нефтяные углеводороды, в результате их реакции с элементарной серой (УВ нефтяного ряда + S элем. = сероводород + сернистые нефти) [5], началось формирование сероводородсодержащих нефтяных углеводородов.

Месторождения серы и серосодержащих углеводородов приурочены к рифовым и сульфатно-карбонатным формациям, замещающих по латерали доманиковые формации ООНТ (Бельская, Камско-Кинельская, Бугурусланская, Прикаспийская и т.д.) [1].

Из опубликованных работ, представляющие минералогический интерес обнаружения элементарной серы, известны в рифогенных карбонатных закарстованных коллекторах углеводородов кизелевского горизонта турнейского горизонта ряда месторождений Среднего Поволжья [10], в подсолевых карбонатных отложениях Астраханского свода [6], в башкирских карбонатных коллекторах Бухаровского газоконденсатного месторождения [2].

В процессе того, когда рифовые ловушки заполняются углеводородами, элементарная сера вступает в взаимодействие с УВ нефтяного ряда, в результате чего образуется сероводород и сернистые нефти [3]. Используя опубликованные данные [7], проведенное нами сопоставление гидрохимического состава вод, подстилающих залежи нефти с сероводородом и без сероводорода, указывает на их различие.

Например, для вод турнейского яруса Среднего Поволжья в подстилающих залежах с сероводородом можно показать уменьшение минерализации, метаморфизма, содержания иона кальция, брома, и высокие содержания сульфат-иона. То есть, воды, подстилающие залежи с сероводородом, имеют некоторые отличительные черты по минерализации, метаморфизации и химическому составу. По данным известного гидрогеолога Е.Ф. Станкевича, низкая минерализация таких вод, уменьшенное содержание в них кальций-иона, брома и относительно высокое содержанием в них сульфат-иона, по сравнению с фоновым, указывает на их взаимодействие с инфильтрационными или гипергенными водами.

Литература

1. Аухатов Я.Г. Формации некомпенсированных областей опускания и связанные ними полезные ископаемые // Тез. докладов научной сессии ИГ БНЦ УрО АН СССР к 100-летию со дня рождения Г.Н. Фредерикса. Уфа. 1989. 53с.
2. Аухатов Я.Г. К вопросу о генезисе сероводорода Бухаровского газового месторождения // Геология, Известия Отд. Наук о Земле и экологии АН РБ. 2011. №16. С.113-114.
3. Валитов Н.Б. Роль элементарной серы в образовании глубинного сероводорода в карбонатных доломитах // Докл. АН СССР. 1974. Т. 219. №4. С.969-972.
4. Грачевский М.М., Хачатрян Р.О. Комардинкина Г.Н. О рифовой природе Хилковского карбонатного массива // Докл. АН СССР. 1963. Т.153. №2. С.429-433.
5. Иванов М.В. Роль микробиологических процессов в генезисе месторождений самородной серы. М.: Наука, 1964. 368с.
6. Логинова В.Е., Навроцкий О.К. Содержание элементной серы в подсолевых карбонатных отложениях Астраханского свода // В кн.: Геол. строение и полезн. ископаемые Нижнего Поволжья. № 3. М. 1978. С. 50-51.
7. Пластовые воды палеозойских отложений Куйбышевского Поволжья. Тр. КНИИНП. Вып.22. Куйбышев, 1963. 163 с.
8. Пустовалов Л.В. Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии // Проблемы сов. геологии. Т.1. №1. М.: 1933. С.57-80.
9. Обнаружение серы на глубине более 9 км в самой глубокой скважине в мире: Экспресс-информация // Нефтегазовая геология и геофизика. ВНИИОЭНГ. 1974. №17. С.22-23.
10. Фадеев М.И. Роль карста в формировании нефтяных месторождений в карбонатных породах Куйбышевского Поволжья // Докл. АН СССР. 1960. Т. 134. № 3. С. 662-665.

ЛИТОЛОГИЯ, БУРЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ ГЕОРГИЕВСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНЕЕ ПРИОБЬЕ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Я.Г. Аухатов¹

¹ ООО «ЦСМРнефть» при АН РТ, Казань; yan-89178823520@yandex.ru

В данной работе рассматриваются некоторые вопросы литологии, бурения и геохимии георгиевской свиты. Показано, что по содержащемуся в ней комплексу минералов (глауконит, пирит и др.) георгиевская свита является аналогом глауконитовой геохимической фации выделенный Л.В. Пустоваловым (1933).

Георгиевская свита Западной Сибири сложена глауконитовыми аргиллитами, с прослоями известняков, с многочисленными остатками белемнитов, аммонитов, с обломками спикул губок и многочисленными останками детрита. Часто отмечаются процессы кальцитизации, сидеритизации, пиритизации, а также присутствуют конкреций фосфоритов и марганца.

В средней части разреза имеется прослой (от 0,01 до 1 м) темно-коричневатых, битуминозных, мелкокристаллических известняков с прожилками кальцита. В низах свиты выделяется барабинская пачка (пласт ЮС₁⁰) с прослоями песчаника серого, мелкозернистого, с линзами аргиллитов, с намывами глинисто-углистого материала. Отмечены многочисленные обломки и отпечатки двухстворок, ростры белемнитов, а также сидеритизированные обломки древесины.

Породы георгиевской свиты содержат фауну кимериджского возраста (J₃ k). В некоторых скважинах отмечены следы смятия – окатанные обломки битуминозных аргиллитов черного цвета. Мощность свиты 2-3 м, а местами до 7 м. Выше на породах георгиевской свиты согласно залегают отложения баженовской свиты (J_{3v} – K_{1b}). Так как рассматриваемые отложения не являются коллектором углеводородов, то их литология как в части состава, так и в части геохимических условий их формирования, является пока что недостаточно изученной. Имеющиеся же керновой материал был отобран при бурении на отбор керна из продуктивных пластов ЮС₁ и ЮВ₁ в Среднем Приобье. Поэтому выход керна из интервала георгиевской свиты в основном незначительный. И лишь иногда, из-за некорректной геофизической привязки, приходилось поднимать из неё достаточно представительный керн.

Георгиевская свита характеризуется высокими (до 300 мСм/м) значениями индукционного каротажа. По сравнению с баженовской свитой здесь отмечаются относительно низкие значения замеров по гамма каротажу. По кавернограмме здесь наблюдается увеличением диаметра скважин. Я.Э. Юдович и М.П. Кетрис, ссылаясь на работы Н.И. Афанасьева, отметили, что фосфориты в глауконитовой группе характеризуются ничтожной ураноносностью [8]. Всё это стало основанием для

использования георгиевской свиты в качестве хорошего репера при привязке глубины бурения к интервалам отбора керна.

Первоначально в геолога-технических нарядах георгиевская свита не было выделена отдельно, но в дальнейшем при участии автора это было исправлено. На основе вышеизложенных результатов были обучены буровые мастера и их помощники, что позволило им в дальнейшем уверенно определять интервалы проходки бажена и георгиевской свиты. Это давало возможность им не бурить лишние метры. И если до этого на бурение заведомо не выделенного интервала георгиевской свиты, из-за присутствия пирита, уходило 2-3 долота СГН 215,9, то её выделенный интервал стали проходить всего одним долотом МЗГВ-2 215,9, предназначенным для мягких пород и при этом сроки бурения сокращались как минимум на сутки, а иногда и на двое. Необходимо отметить, все это удавалось внедрить благодаря молодым буровым мастерам, выпускникам Уфимского нефтяного института, как Марс Ханафиевич Габдуллин (г. Бирск, Республика Башкортостан). В ряде разрезов скважин наблюдается удвоение георгиевской свиты (хорошо видно по каротажным диаграммам и при описании керна), что подтверждает существование надвиговых движений [3]. Для аргиллитовых пород георгиевской свиты также характерно широкое развитие зеркал скольжения по напластованию и растащенность округлых обломков глинистого известняка внутри аргиллитовых прослоев, что дает повод говорить о будированности пород.

По данным ряда авторов [5] содержание органического углерода (Сорг) в основных типах пород георгиевской свиты Ньюрольской впадины сопоставимо и не превышает 1,1 % на породу. Как они отмечают, пиролитические характеристики S1 и S2, характеризующие генерационные качества породы, очень низкие (0,1–0,2 и 0,2–2,2 мг УВ/г породы соответственно). Содержание битумоидов в георгиевской свите также очень низкое (от 0,005 до 0,03 % на породу). Несмотря на это, в Среднем Приобье присутствие остаточной нефти обнаружено автором при описании керна георгиевской свиты месторождений Грибное (скв. 175р), Южно-Котухтинское (скв. 154 р) и т.д. Генерация нефти могла произойти при надвиговых перемещениях по отложениям георгиевской свиты [3] или она мигрировала из нижележащих пластов.

Присутствие глауконита, пирита, фосфорита и марганца в отложениях георгиевской свиты соответствует глауконитовой геохимической обстановке, выделенной Л.В. Пустоваловым [7]. Для слабовосстановительной глауконитовой фации характерно то, что она представлена минералами зеленого цвета, обусловленного наличием в составе силиката глауконита двухвалентного железа. В породе наблюдаются полуокатанные и окатанные зерна глауконита зеленого цвета размером 0,02–0,2 мм. Некоторые из этих зёрен

частично пиритизированы. Пирит тонкорассеянный и в виде стяжений округлой и неправильной формы размером до 1,5 см. Фрамбоидальных выделений пирита автор не встречал. Отмечаются прослои пирита толщиной более 1 см.

Фосфориты хорошо выделяются визуально и имеют размеры от нескольких мм до нескольких см. Фосфоритам из георгиевской свиты посвящены ряд публикаций [5], где источником фосфора считается, вынос материала в растворах из синхронно развивающихся кор выветривания Урала. Если учесть, что верхнеюрско-меловые фосфориты имеют широкое распространение, то можно предполагать наличие высокого содержания фосфора в водах океанов и морей. По мнению Ю.О. Гаврилова фосфор может привноситься из наземных прибрежных ландшафтов при развитии трансгрессии. Этот процесс сопровождался ростом биопродуктивности фитопланктона, что привело к обогащению осадков органическими веществами [4]. Нелинейный характер развития трансгрессии приводил к циклическому характеру развития геохимических фаций. Например, в средне-позднеюрской истории развития бореальных бассейнов наиболее крупными трансгрессивными событиями являются бат-келловейская и оксфорд-кимеридж-волжская трансгрессии. Начальные этапы этих событий ознаменовались формированием на обширнейших территориях, обычно маломощных глинисто-карбонатно-терригенных осадков, соответствующих низам глауконитовой геохимической фации (низы пахомской пачки, барабинская пачка). В последующем возникла глауконитовая геохимическая фация (верхи пахомской пачки, георгиевская свита), а в финальной стадии – сероводородная геохимическая фация (янская пачка, баженовская свита). Янская пачка [2], в начале выделенная как «инфрабажен» [1], залегает выше пахомской пачки ($Ю_2^0$) и представлена обогащенными органическими веществами аргиллитами.

В заключение необходимо отметить, что для понимания геохимической истории седиментационных бассейнов учение Л.В. Пустовалова о геохимических фациях актуально и поныне.

Литература

1. Аухатов Я.Г. «Инфрабажен» васюганского цикла осадконакопления и клиноформное строение пласта $Ю_1$ в Среднем Приобье. Проблемы развития промышленности Западной Сибири: Сборник тезисов докладов XII научно-практической конф. молодых ученых и специалистов ТюменНИИгипрогаза.- Тюмень: ООО «ТюменНИИгипрогаз», 2004. С.33-34.
2. Аухатов Я.Г., Бурлева О.В., Л.Г. Вакуленко, Николенко О.Д., Шурыгин Б.Н., Ян П.А. Янская пачка (келловей нижняя часть нижнего оксфорда) в васюганском горизонте Западно-Сибирского осадочного бассейна // Первое Всероссийское совещание «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии», Москва ГИН РАН, 2005. С.36-39.
3. Аухатов Я.Г. Влияние надвиговых движений характер строения продуктивных пластов Тевлинско-Русскинского месторождения (Среднее Приобье) // Геология. Изв. ОНЗиЭ АН РБ, 2008, №12. С.52-54.
4. Гаврилов Ю.О. Позднесеноманское палеоэкологическое событие (ОАЕ 2) в восточно-кавказском бассейне Северного Перитетиса / Ю.О. Гаврилов, Е.А. Щербинина, О.В. Голованова, Б.Г. Покровский // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – №6. – С. 522-551.
5. Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Сотнич И.С. Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) // Геология нефти и газа. - 2019№3. Стр.99-113.
6. О генезисе «базальных» пластов средне-позднеюрских трансгрессий в Западно-Сибирском осадочном бассейне / Ян П.А., Бейзель А.Л., Вакуленко Л.Г., Аухатов Я.Г. и др. // Литологические аспекты геологии слоистых сред: мат-лы 7-го Уральского литол. сов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006 – С. 297 – 299.
7. Пустовалов Л.В. Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии // Проблемы сов. геологии. Т.1.№1.М.: 1933. С.57-80.
8. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар. Геопринт, 2011.742 с.

ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФЕС ПОРОД НА ПРИМЕРЕ АЧИМОВСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.К. Бакай¹, Т.А. Шарданова¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, ebakay@bk.ru

В данной работе рассмотрено влияние седиментационных факторов на формирование фильтрационно-емкостных свойств пород ачимовского клиноформного комплекса методом генетического и гранулометрического анализов с использованием генетических диаграмм.

Объектом исследования являются месторождения западной части Гыданского полуострова. Отложения данного возраста рассматриваются как клиноформный комплекс, сформированный гравитационными потоками разной плотности, выносивший обломочный материал с юго-востока. В ходе исследования было изучено макроописание керна скважин, дана литологическая характеристика пород, изучен вещественный состав кластики, постседиментационные процессы. Особое внимание было уделено гранулометрическому составу, анализ которого позволил построить и проанализировать генетические диаграммы. Изучен характер пустотного пространства.

Генетический анализ показал, что изучаемые породы были сформированы гравитационными потоками разной плотности. Выделяются 2 основных типа отложений: высокоплотностных и низкоплотностных гравитационных потоков [1]. Отложения высокоплотностных потоков представлены преимущественно мощными пластами песчаников зерновых потоков, по характерным особенностям можно определить их способность формировать подводные русла, протоки разного масштаба в пределах относительно глубоководных конусов выноса. Отложения низкоплотностных потоков представлены тонким переслаиванием алевrolита мелкозернистого глинистого и песчаника мелко-тонкозернистого глинистого с горизонтальной, полого- и линзовидно-волнистой и мелкомасштабной косой слоистостью, подчеркнутой распределением УРД. Подобные отложения характерны для намывных валов, которые формируются как прирусловые или «приустьевые» части русел и/или проток.

Петрографический анализ показал, что разрез имеет преимущественно песчаный состав, отмечается незначительная доля глинистой и алевритовой примеси. Анализ обломочных компонентов по классификации В.Н. Шванова [2] позволяет отнести практически все литотипы к группе аркоз. Основными пороодообразующими компонентами изучаемых отложений являются кварц и полевые шпаты, в меньшей степени встречаются слюды (мусковит, биотит) и обломки пород.

Выделенные и изученные гранулометрические типы показали преимущественно песчаный состав от тонкозернистой до среднезернистой размерности. Гранулометрический анализ проводился по петрографическим шлифам, по результатам которого были построены кумулятивные кривые. Для подтверждения генезиса алевро-песчаных осадков использовались диаграмма Г.Ф. Рожкова и динамогенетическая диаграмма Пассеги.

В основе диаграммы Пассеги лежит представление о динамике потока, механизме переноса частиц, на основе которого можно сделать предположения об обстановке осадконакопления. На диаграмме Пассеги выделяются следующие поля: пелагическая суспензия (осадки «спокойной воды»), мутьевые потоки, однородная суспензия, градиционная суспензия, донная суспензия и качение. В результате проведенного анализа отложения можно интерпретировать как турбидитные отложения и редко отложения протоков, имеют средние и низкие скорости отложения (рисунок 1).

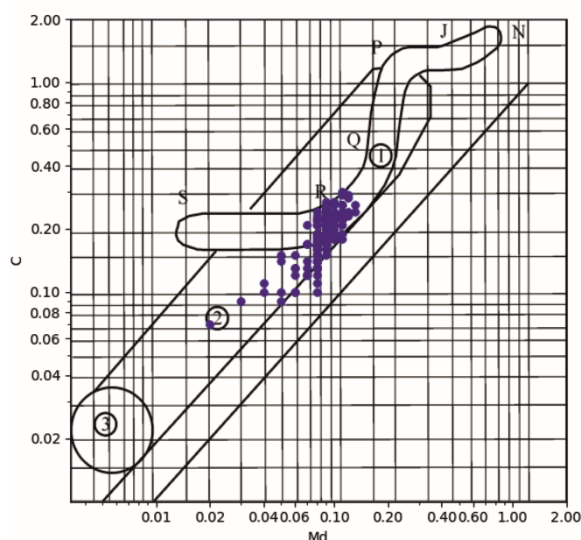


Рисунок 1 Полученные данные гранулометрического анализа песчаников в скв. А на динамогенетической диаграмме Пассега (поля на диаграмме: N/O – осадки перекатывания; O/P – осадки перекатывания с незначительным количеством осадков взвеси; P/Q – осадки взвеси с некоторым количеством осадков перекатывания (отложения течений с высокими скоростями); Q/R – отложения течений со средними скоростями; R/S – однородные осадки взвеси (отложения течений с низкими скоростями); 1 – отложения потоков; 2 – турбидитные отложения; 3 – осадки, отложенные из взвеси в спокойных водах)

В основе диаграммы Рожкова лежит принцип механической дифференциации песчано-алевритовых частиц в различных фациальных условиях. При получении коэффициентов используются количественные проценты содержания зерен во фракциях. (рисунок 2) Полученные значения относятся к фациям побережья вдоль береговой линии, фациям мутьевых потоков, русловых осадков рек с сильным течением, фациям пляжей, фациям широких участков устьев рек и т.д. Это коррелируется с предположением о руслах и

намывных валах, которые по гранулометрическим характеристикам совпадают с отложениями пляжа.

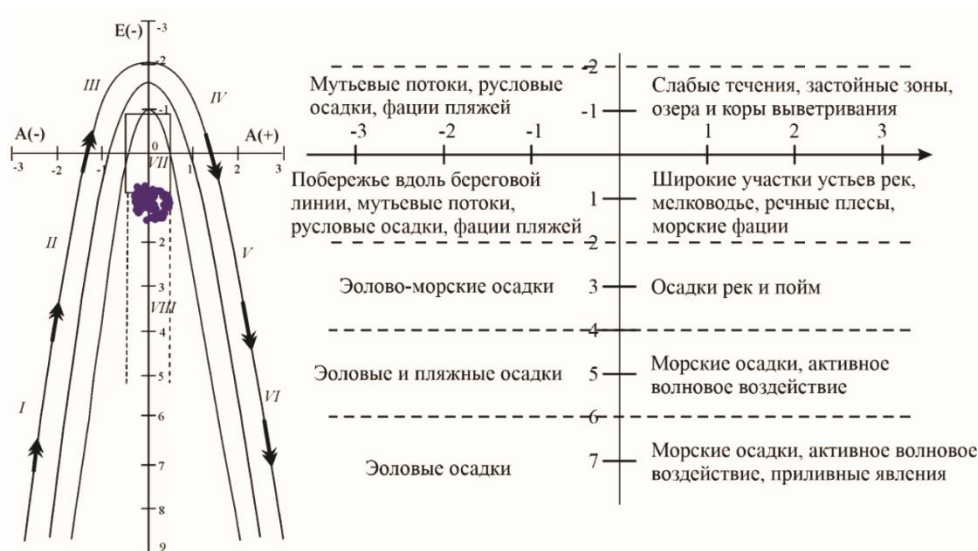


Рисунок 2 Полученные данные гранулометрического анализа песчаников в скв. А на диаграмме Рожкова

Кроме гранулометрического анализа было проведено изучение пустотного пространства качественными и количественными методами. Пористость характерна породам преимущественно песчанистой размерности (в диапазоне от 0,05 до 0,11 мм). В результате корреляции генезиса пород, их гранулометрической характеристики и фильтрационно-емкостных свойств пород, можно сделать вывод, что для отложений высокоплотностных (зерновых) потоков подводных русел характерна более высокая пористость, которая варьирует от 1,5 до 23 %; пористость отложений низкоплотностных потоков (намывные валы) ниже и варьирует от 0 до 10 %.

Таким образом, наибольшей пустотностью обладают аркозовые песчаники тонко- и мелкозернистой размерности, имеющие хорошую сортировку и отмытые от глинистой составляющей, сформированные отложениями высокоплотностных зерновых потоков.

Литература

1. Жемчугова В.А., Рыбальченко В.В., Шарданова Т.А. Секвенс-стратиграфическая модель нижнего мела Западной Сибири. Георесурсы, 23(2), 2021, с. 179–191.
2. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород. – Л.: Недра, 1987. – 269 с.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ СРЕДНЕЙ ЮРЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВ. ЗАОЗЕРНАЯ 1 (ХМАО-ЮГРА)

А.А. Ваганова¹, А.Д. Дюкова¹

¹ ФГБУ «ВНИГНИ», Москва, A.Vaganova@vnigni.ru, A.Diukova@vnigni.ru

В данной работе проведен литолого-фациальный анализ тюменской свиты, вскрытой параметрической скважиной ЗАОзерная 1, пробуренной в Кондинском районе (ХМАО-Югра). На основе изучения кернового материала, петрографического и гранулометрического анализа, установлены гидродинамические условия среды осадконакопления, фациальная принадлежность отложений байосс-батского возраста.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра является одним из основных регионов нефтедобычи, около 14% извлекаемых запасов Западной Сибири содержится в тюменской свите [6]. Одним из главных факторов слабого изучения резервов тюменской свиты считаются невысокие фильтрационно-емкостные свойства коллекторов, обусловленные часто сменяемыми обстановками осадконакопления. В связи с этим стоит актуальная задача выявления фациальной принадлежности отложений Карабашской нефтегазоперспективной поисковой зоны, впервые вскрытой параметрической скважиной ЗАОзерная 1 [5].

Целью работы является восстановление фациальных обстановок некоторых интервалов тюменской свиты. Для этого был детально изучен керновый материал тюменской свиты, проведены петрографическое и гранулометрическое исследования, определена фациальная принадлежность отложений.

Согласно тектонической карте платформенного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы (под редакцией: В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой, 1998 г.) изучаемая скважина располагается во Фроловском геоблоке в южной части Фроловской мегавпадины, на ЗАОзерном выступе между Шебурским и Тюмским прогибами.

По палеонтологическим данным, на основании которых было проведено предварительное биостратиграфическое расчленение отложений, исследуемые образцы терригенных пород тюменской свиты имеют байосский и батский возраст.

По данным палеогеографической схемы [4] на изучаемой территории в байоссе располагалась равнина низменная, аккумулятивная (осадки русел, пойм, озер и др.), в бате значительно увеличились периоды морских ингрессий и сформировалась зона низменной равнины, временами заливавшаяся морем. Климат в период осадконакопления был гумидным.

Для детального изучения из имеющегося разреза были отобраны три литотипа песчаников (коллекторов), различающиеся по структурно-текстурным особенностям, составу цементирующего материала, интенсивностью постседиментационных преобразований.

Литотип «С-М» (2667,02-2671,98 м) представлен песчаником средне-мелкозернистым, граувакковым аркозом, с пленочно-поровым глинистым (каолинитово-

гидрослюдистым), реже поровым сидеритовым цементом. Текстура массивная, прерывисто-пологоволнистая. Отсортировка обломочного материала средняя, реже хорошая, обломки слабо окатанные, редко полуокатанные, неправильно-изометричной, удлиненной формы. Песчаники пиритизированы, с углистым растительным детритом (УРД), органическим веществом (ОВ).

Литотип «М-Т» (2690,72-2693,74 м) представлен песчаником мелко-тонкозернистым, граувакковым аркозом, с пленочно-поровым глинистым (каолинитовым, гидрослюдистым), порово-коррозионным кальцитовым, реже поровым сидеритовым цементом. Текстура линзовидно-слоистая, полого-волнистая. Отсортировка обломочного материала средняя, обломки не окатанные и слабо окатанные, неправильно-изометричной и удлиненной формы. Песчаники обогащены значительным количеством УРД, аттрита и небольшим – ОВ, ориентированными по напластованию, в ассоциации с сидеритом.

Литотип «Т-М» (2705-2708,47 м) представлен песчаником тонко-мелкозернистым, граувакковым аркозом с пленочно-поровым глинистым (каолинитовым, гидрослюдистым), реже участками, поровым сидеритовым цементом. С однородной, горизонтально-слоистой, прерывисто-пологоволнистой текстурой. Обломки средней и низкой степени окатанности, угловатой, полу-угловатой и неправильно-изометричной формы. Встречаются фрагменты УРД в умеренном количестве, намывы аттрита и небольшое количество ОВ.

В зависимости от гранулометрического состава и отсортированности обломочного материала, текстурных особенностей, количества и разнообразия растительных остатков, опираясь на работы В. П. Алексеева [3], установлена фациальная принадлежность отложений. Для литотипа «С-М» выделена переходная группа, *макрофация отложений заливно-лагунного побережья* (рисунок 1), осадконакопление происходило в микроприливно-отливной зоне с выдержанным во времени ритмично-слоистым строением. Отложения формировались прибрежных частях залива и полуизолированных частях побережья заливов и лагун.

Для литотипов «М-Т» и «Т-М» выделена континентальная группа, *макрофация отложений открытых озерных водоемов* (рисунок 2). Особенностью озерных образований является неподвижная или малоподвижная среда осадконакопления, их частая сменяемость, ритмичное строение, умеренное или большое количество растительных остатков. Предполагается, что формирование песчаных отложений литотипа «М-Т» происходило в условиях полуизолированного малоподвижного мелководья крупных озер (ОВП), литотип «Т-М» представлен осадками открытого подвижного озерного мелководья (ОВМ).

Генетическая диаграмма (рисунок 3) Р. Пассеги (а – темно-серого цвета) [2] с дополнениями для речных отложений по М. Людвиковской-Кенджа (б – светло-серого цвета)

НОВЫЕ ФОРМЫ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ MN НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Л.Г. Вакуленко^{1,2}, Д.А. Новиков^{1,2}, Н.А. Пальчик³

¹ ИИГГ СО РАН, Новосибирск, *VakylenkoLG@ipgg.sbras.ru*

² НГУ, Новосибирск, *NovikovDA@ipgg.sbras.ru*

³ ИГМ СО РАН, Новосибирск, *PalchikNA@igm.sbras.ru*

Приведены результаты комплексного изучения новой формы марганцевой минерализации в аллювиальных отложениях Крымском полуострова. Определено, что корочки, формирующиеся на мелких гальках в русле р. Черной, сложены гидроксидами марганца (преимущественно бузерит-I). Источником марганца предположительно являются верхнеюрские известняки горы Азис-Баир, содержащие марганцевородное проявление (псиломелан, примесь пиролюзита и гидрогетита). Обнаружение остатков диатомей и биоморфных структур коккоидной формы подтверждает важную роль биоты в рудогенезе марганца.

Ключевые слова: минералогия, геохимия, марганцевородные проявления, гидроксиды марганца, Байдарская долина.

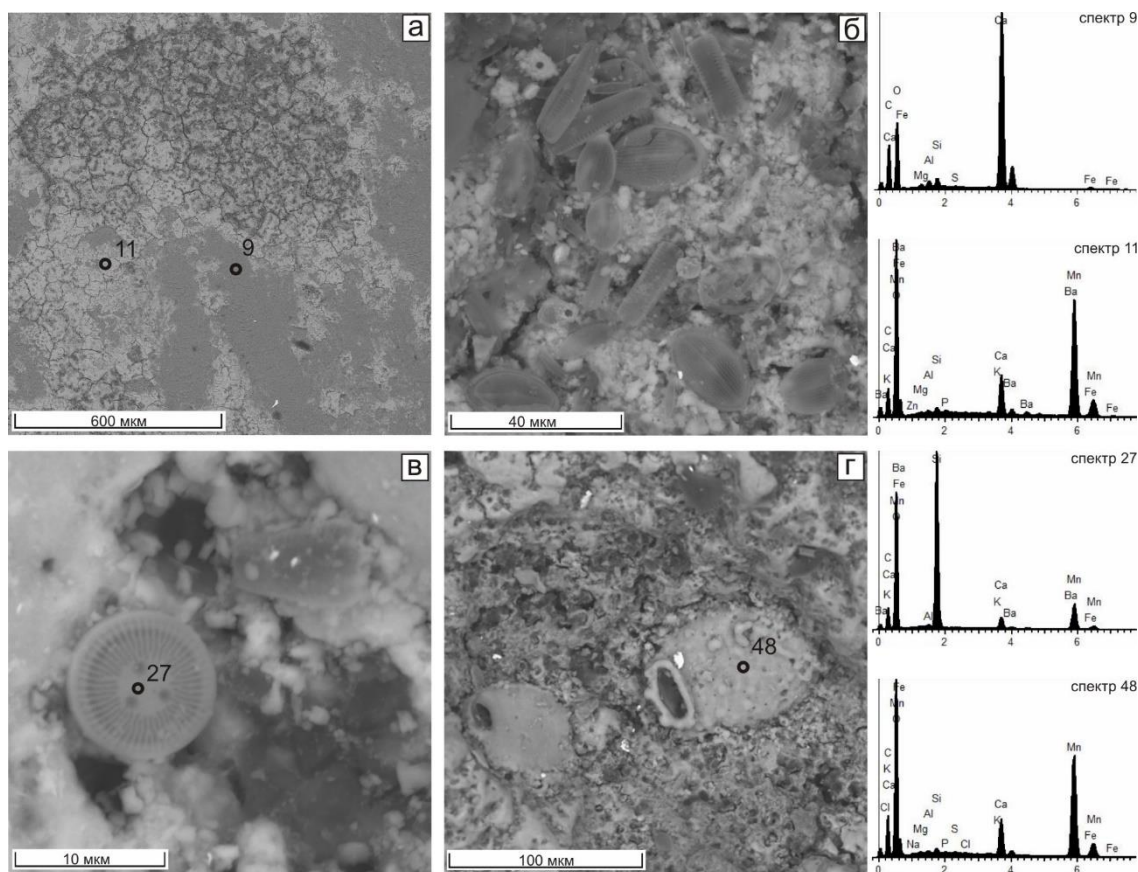
Рудопроявления марганца в Крыму известны с конца 18 века, когда близ Севастополя было обнаружено Узунджинское рудопроявление, приуроченное к верхнетитонским мраморовидным известнякам. Оно имело пластообразную, участками линзообразную форму, мощность до 0,8 м и представляло собой скопление небольших конкреций, прожилков, гнезд и примазок оксидов марганца и железа (пиролюзит, псиломелан, гетит, гематит). В дальнейшем в Крыму был открыт ряд марганцевых рудопроявлений, преимущественно мелких, приуроченных к разным по возрасту толщам в разных частях полуострова. Формы выделения Mn-минералов и состав их очень разнообразны – это преимущественно оксиды и гидроксиды Mn (порядка 15 минералов), редко карбонаты и силикаты Mn [2, 4-5]. Большинство рудопроявлений обнаружено в Горном Крыму в коре выветривания верхнеюрских известняков.

В полевой сезон 2020 г гидрогеологической экспедицией ИИГГ СО РАН было обнаружено рудопроявление марганца, тип которого ранее не упоминался в имеющихся публикациях. В юго-западной части Горного Крыма, в районе Байдарской долины в донных отложениях верхнего течения реки Черная был установлен интервал (2 км) с развитием галек черного цвета. Оказалось, что это гальки розовых и кремневых известняков зернистой и микритовой структуры с тонкими черными корочками толщиной от 0,1 до 0,5 мм, сложенными оксидами-гидроксидами марганца.

Материал корочек был изучен комплексом современных аналитических методов (рентгеноструктурный анализ с применением температурной обработки образцов, АСП-МС, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с микронзондовым спектральным анализом). По данным рентгенографии основная фаза - слоистый Mn минерал бузерит-I низкой степени кристалличности, о чем свидетельствует относительно слабая интенсивность и существенное

уширение его основных рефлексов (9.3-10.6 Å). В качестве примесей присутствуют бернессит, вернадит, пирохроит, родохрозит, кальцит и кварц. Считается, что бузерит является наиболее поздним минералом гипергенеза [2].

По данным СЭМ наблюдается неравномерность развития марганцевой корочки (светлое), сохраняющей пятна карбоната (темное) (Рисунок 1а). В корочке присутствуют более плотные однородные участки, сложенные преимущественно гидроксидами Mn, которые разделены полигональной сеткой типа трещин синерезиса с более рыхлой микроструктурой и концентрацией остатков диатомовых водорослей (Рисунок 1б). Состав диатомей кремнистый (опал) с различной примесью гидроксидов Mn (Рисунок 1в). Кроме того, встречены овальные и округлые биоморфные структуры коккоидной формы, сложенные гидроксидами Mn, похожие на описанные А.В. Пахневичем [3] (Рисунок 1г). Таким образом, подтверждаются представления В.И. Вернадского 1934 г о роли биоты в рудогенезе марганца.



	Total	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl
Спектр 9	56.8	2.2	1.3	1.7		0.7	50.7					0.2	
Спектр 11	72.2	1.1	0.5	2.4	57.2	0.3	8.2		0.3	1.8	0.4		
Спектр 27	89.0	60.6	0.5	0.6	22.2		4.4		0.1	0.6			
Спектр 48	69.5	1.2	0.6	0.9	56.5	0.4	8.5	0.5	0.3		0.3	0.4	0.1

Рисунок 1 Результаты рентгеноспектрального микроанализа марганцевой корочки галек реки Черная (юго-запад Крымского полуострова)

По данным АСП-МС и микрозондового анализа состав корочки, значительно обогащенный Mn (24,0 %), существенно (на 1-2 порядка по сравнению с кларком в осадочных породах – 0,067 %) обеднен большинством малых элементов, в том числе, и редкоземельными. Ближе и немного выше кларка содержание P, Cu, Zn, Ga, Ge, Sr. На порядок выше содержание Co, Ni, As, Se, Te, Ba, Au, Bi. Аналогичная тенденция отмечалась для озерных Mn-образований в сравнении с морскими и океаническими [1].

Геохимические исследования горных пород склонов Байдарской долины (известняки различной структуры) не выявили повышенных концентраций Mn, что указывает на другой источник его поступления в речные воды. Во время полевого сезона 2022 г были изучены и опробованы коренные породы горы Азис-Баир, расположенной в центральной части долины. Предположительно обнаружено рудопоявление марганцевых руд (псиломелан, примеси пиролюзита и гидрогетита), описанное ранее Е.В. Красновым [4]. Выбор этого объекта не был случаен, поскольку в непосредственной близости от него в речных водах были установлены максимальные содержания Mn - до 1,25 мг/дм³ (2021 г). В настоящее время выполняются более детальные литолого-минералогические и геохимические исследования фракционирования химических элементов в системе вода-порода, которые позволят решить загадки реки Черной.

Литература

1. Пальчик Н.А., Мороз Т.Н., Григорьева Т.Н., Мирошниченко Л.В. Состав и структура марганцевых минералов пресного озера Миассово // Журнал неорганической химии. - 2014. - Т. 59. - №5. - С. 681-688.
2. Тищенко А.И. Минералы Крыма. Симферополь: Бизнес-Информ. - 2015. - 304 с.
3. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Батулин Г.Н. и др. Исследование марганцевой и железомарганцевой минерализации в разных природных обстановках методом сканирующей электронной микроскопии. - М.: Эслан. - 2012. - 472 с.
4. Шнюков Е.Ф., Орловский Г.Н. Марганцеворудные проявления Горного Крыма // Минералогия осадочных образований. - Киев: Наукова думка. - 1977. - Вып.4. - С 104-110.
5. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Кутний В.А. Генетические особенности марганцеворудной и фосфатной минерализации Баракольской котловины (Восточный Горный Крым) // Геологический журнал. - 1993. - №1. - С. 3-9.

ОСОБЕННОСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД БУГУЛЬМИНСКОГО ПЛАТО ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА

А.Н. Гараева¹, А.И. Латыпов¹, Э.А. Королёв¹

¹ ИГиНГТ, КФУ, Казань, e-mail: anastya-solnce@mail.ru

В данной работе на основе исследований авторами рассмотрено строение элювиальных отложений юго-востока Татарстана, развивающихся по карбонатным породам среднепермского возраста. Установлена зональность профиля выветривания и основные факторы ее формирования.

Бугульминское плато на территории Татарстана представляет собой одну из вершин Бугульминско-Белебеевской возвышенности, осложняющих поверхность Южно-Татарского свода (ЮТС). Начиная с неогена территория испытывала поднятия, в результате чего на поверхности обнажились карбонатно-терригенные отложения казанского яруса. Различная интенсивность воздыманий блоков кристаллического фундамента в основании ЮТС обусловила формирование полого-холмистого рельефа с обособлениями выравненных вершин водоразделов с террасированными склонами, отделенных друг от друга небольшими речными долинами. Выположенные вершины водоразделов на протяжении всего четвертичного периода оставались в приповерхностных условиях зоны гипергенеза. Неоднократные смены умеренного и холодного влажного климата и чередующиеся ландшафты способствовали развитию здесь процессов континентального литогенеза гумидного типа. Длительность периода воздействия агентов выветривания на карбонатные массивы Бугульминского плато привело к формированию на выположенных вершинах эрозионно-денудационных останцев элювиальных отложений мощностью 5-10 м. В большинстве своем материнскими породами, по которым развивался элювиальный покров, являлись микрозернистые доломиты казанского яруса. Геологические исследования состава и строения покровного элювия позволило установить в разрезе их профиля определенную зональность, характерную для молодых кор выветривания [1]. Наиболее полный профиль с хорошо обособленными генетическими горизонтами выглядит следующим образом.

В основании зоны гипергенного преобразования пород залегают плотные, светло-серые, массивные микрозернистые известняки. В стенках карьеров видно, что породы секутся редкими вертикальными трещинами разгрузки, находящимися на расстоянии 10-15 м друг от друга. Над ними залегают микрозернистые доломиты, разбитые более многочисленными системами вертикальных и горизонтальных трещин на блочные отдельности. Снизу вверх размеры блоков в пределах слоя уменьшаются. Если в подошве слой сложен крупноблочными отдельностями (1,5x0,6x0,8 м), то в верхней части – уже

мелкоблочными (0,5x0,25x0,3 м). Трещины, секущие породу сияющие, раскрытостью до 1,5 см, в кровле слоя несут следы вторичной кальцитизации в виде бурых корочек натечного кальцита. Мощность доломитового слоя с повышенной трещиноватостью составляет около 4,0 м. Над ним согласно залегает слой плитчатого доломита. Породы светло-серые, слабо глинистые, характеризуются микрозернистой структурой, разбиты системами вертикальных и горизонтальных трещин на плитчатые отдельности. В подошве слоя преобладает крупно-плитчатая отдельность, в кровле – тонкоплитчатая. Слой представляет собой структурный элювий, все плитчатые отдельности находятся в положение, которое соответствуют залеганию первичной доломитовой породе. При этом плиточки отдельностей в слое легко разбираются на отдельные составляющие. Трещины раскрытостью 0,5-1,0 см, частично заполнены карбонатно-глинистой мукой. Участками в верхней части слоя плитчатые отдельности несут следы деформаций в виде волнообразных изгибаний. Их образование обусловлено локальными размывами нижележащих пород с последующим формированием в кровле экзогенной складчатости. Мощность слоя плитчатого доломита составляет 2,0-2,5 м. Выше по разрезу залегает слой бесструктурного элювия. Он представлен светло-серой карбонатной и карбонатно-глинистой мукой, в которой присутствуют различные по размерам обломки микрозернистых доломитов. От подошвы к кровле слоя размер обломков карбонатных пород последовательно снижается, уменьшается содержание псефитовой фракции, увеличивается доля псаммитовой и алевритовой фракций. Слой несет следы струйчатых суффозионных выносов тонкодисперсного материала и вымываний в образованные полости и понижения красно-бурого глинистого материала. Мощность слоя бесструктурного элювия составляет 1,5-2,5 м. Венчает карбонатный разрез эрозионно-денудационных вершин красно-бурые суглинки, переходящие темно-серые подзолистые почвы, толщиной 0,4-0,6 м.

Как следует из описания профиля гипергенеза, на выположенных водоразделах Бугульминского плато широко развиты карбонатные молодые коры выветривания. В их строение хорошо обособляются горизонты структурного и бесструктурного элювия, отличающиеся различной интенсивностью преобразования исходных микрозернистых доломитов. Гипергенные изменения обусловлены главным образом процессами физического выветривания, сформировавшим относительно мощную зону дезинтеграции по карбонатным породам. Процессы химического выветривания проявлены весьма слабо в виде незначительного растворения доломитов и отложения корочек натечного кальцита в основание слоя структурного элювия. Подобное строение характерно для элювия, развивающегося в условиях холодного маловлажного климата, когда основным фактором преобразования пород являлись систематические промерзания-оттаивания. В этом случае

под действием расклинивающего эффекта пленочек замерзающей воды в межзерновом пространстве доломитов происходило их физическое разрушение с образованием сначала структурного, а затем бесструктурного элювия. Подобный механизм дезинтеграции микрозернистых доломитов отразился в морфологии поверхностей псефитовых и алевритовых обломков карбонатных пород. Под электронным микроскопом видно, что периферия обломков сложена зернами доломитов с хорошо проявленными габитусными элементами в виде граней, ребер и углов ромбоэдров. Это возможно только в случае механический разрыв связей между минеральными зернами в породе без их растворения.

Для подтверждения этого предположения были проведены модельные эксперименты. Из исходных доломитовых пород выпиливались пластинки 2,5x2,5 см при толщине 1,0 см. Затем пластинки подвергались циклическим промораживаниям и оттаиваниям. Через каждые 10 циклов осуществлялся визуальный осмотр образцов с определением их механических характеристик. Было установлено, что через 20-50 циклов промерзания-оттаивания образцы микрозернистого доломита начали разваливаться на мелкие части с образованием на поверхности доломитовых зерен с выраженными габитусными элементами. При этом отмечалась тенденция более интенсивного разрушения образцом микрозернистых доломитов с увеличением в их составе глинистой компоненты. Таким образом, было подтверждено, что формирование карбонатного элювия на сводовых поднятиях Бугульминского плато осуществлялось в условиях холодного маловлажного климата, определяющего характер протекания континентального литогенеза. Сохранность строения профиля молодых кор выветривания определялась несколькими факторами: 1) их расположением на пологих вершинах, исключая смыв текучими водами плоскостного стока; 2) высокой трещиноватостью и хорошей дренированностью карбонатных массивов, препятствующей образованию приповерхностных горизонтов подземных вод; 3) наличием относительно мощного перекрывающего слоя четвертичных суглинков, затрудняющего процессы вымывания слабо сцементированного карбонатного и карбонатно-глинистого материала из слоя бесструктурного элювия в ниже находящиеся открытые трещины карбонатного массива.

Литература

1. Разумова В.Н., Херасков Н.П., Черняховский А.Г. Геологические типы кор выветривания и примеры их распространения на Южном Урале. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 138 с.

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА АНГАРО-ЛЕНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Д.С. Горяйнов^{1,2}, П.А. Новоселя^{1,2}

¹ НГУ, Новосибирск, DGoryaynov@g.nsu.ru

² ИНГГ СО РАН, Новосибирск, NovoselyaPA@ipgg.sbras.ru

Рассмотрены литолого-геофизические характеристики парфеновского продуктивного горизонта терригенного венда Ангаро-Ленской НГО на основании изучения двух скважин Ангаро-Ленского газоконденсатного месторождения. Петрографические исследования позволили выделить в составе горизонта четыре пачки, которые непрерывно накапливались в условиях дельтового комплекса с активным влиянием приливно-отливных течений. Анализ изменения фильтрационно-емкостных свойств показал, что на коллекторские свойства повлияли как первичный состав пород, так и постседиментационные преобразования. Установлено, что лучшими коллекторскими свойствами обладают наиболее крупнозернистые песчаники дельтовых русел.

Одним из наиболее перспективных объектов с точки зрения газоносности на Сибирской платформе является Ангаро-Ленская НГО. В ее пределах открыто 13 месторождений, в том числе Ангаро-Ленское газоконденсатное [1, 2]. Наибольшим потенциалом обладает парфеновский продуктивный горизонт верхней подсвиты чорской свиты [3]. Комплексные геолого-геофизические исследования выявили существенную неоднородность состава и изменчивость фильтрационно-емкостных характеристик парфеновских песчаников, что обусловило сложности при эксплуатации данного объекта.

С целью выяснения причины неравномерного распределения коллекторских свойств по парфеновскому горизонту был проанализирован керновый материал и данные ГИС двух поисково-оценочных скважин (рисунок 1). В скважине 1 продуктивный горизонт был пройден с 100% выносом керна, в скважине 2 вынос керна в целом составлял около 50%, поэтому при корреляции разрезов также учитывался характер распределения значений гамма-каротажа и нейтронного каротажа.

На основании литологических исследований в составе горизонта выделено четыре пачки (рисунок 2). В нижней наблюдается переслаивание аргиллитов, алевролитов и алевропесчаников слюдисто-полевошпат-кварцевых. Из цементов также развиты хлорит-гидрослюдистый, глинисто-гематитовый, пойкилитовый доломитовый и кварцевый. Породы преимущественно субгоризонтальнослоистые, часто наблюдаются штормовые темпеститы. В вышележащей пачке доминируют песчаники разнозернистые, часто гравелитистые полевошпат-литито-кварцевые с прослоями алевро-аргиллитов. Присутствуют различные типы цементов: хлорит-гидрослюдистый, порово-пойкилитовый доломитовый, гематитовый и кварцевый. Породы формируют русловые циклы, нередко переработанные приливно-

отливными течениями. Перекрывающая ее пачка сложена песчаниками преимущественно мелкозернистыми полевошпат-литито-кварцевыми массивными и косослоистыми. По всему разрезу фиксируются разные типы цементов, но их содержание невысокое. Характерной чертой этой пачки является бесцементное сочленение зерен с инкорпорационными и микростилолитовыми контактами. Разнонаправленные косые серии чередуются с горизонтальной и волнисто-линзовидной слоистостью. На отдельных интервалах выделяются циклы укрупнением зернистости вверх, что указывает на существование устьевых баров, периодически перерабатываемых приливо-отливными протоками. В верхней пачке преобладают песчаники разнозернистые литито-полевошпат-кварцевые массивные и косослоистые. Для пород характерны различные типы цементов. Отмечаются циклы заполнения русел, подверженных влиянию приливо-отливных течений.

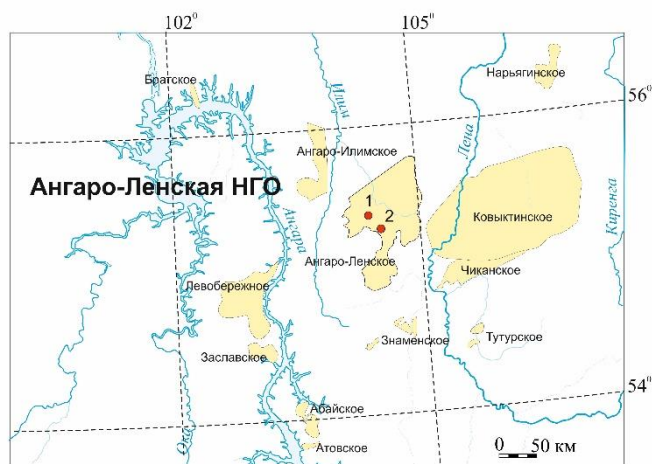


Рисунок 1 Обзорная карта района исследования

Исследование показало, что накопление парфеновского горизонта на данной территории происходило в пределах разных частей дельтового комплекса, подверженного влиянию приливо-отливных процессов. В результате анализа минералогического и гранулометрического состава пород выяснилось, что на коллекторские свойства горизонта повлияли как первичный состав пород, так и постседиментационные преобразования. Такие преобразования, как инкорпорация и микростилолитизация контактов обломочных зерен, в процессе их уплотнения сыграли отрицательную роль в формировании коллектора. Наиболее интенсивно они проявились в песчаниках, накопление которых происходило преимущественно в пределах барово-устьевых систем. Вероятно, это обусловлено более мелкозернистым и существенно кварцевым составом данных пород. Кроме того, объем пустотного пространства сократили регенерация зерен кварца и карбонатная цементация. Развитие глинистого цемента оказало неоднозначное влияние на коллекторские свойства: с одной стороны, глинистый материал значительно уменьшил пустотное пространство, с

другой – он препятствовал развитию других типов цементов и, обладая микропористостью, может обеспечивать пористость и проницаемость коллектора. Это объясняет довольно высокие ФЕС в песчаниках с повышенным содержанием глинистого и глинисто-гематитового цементов.

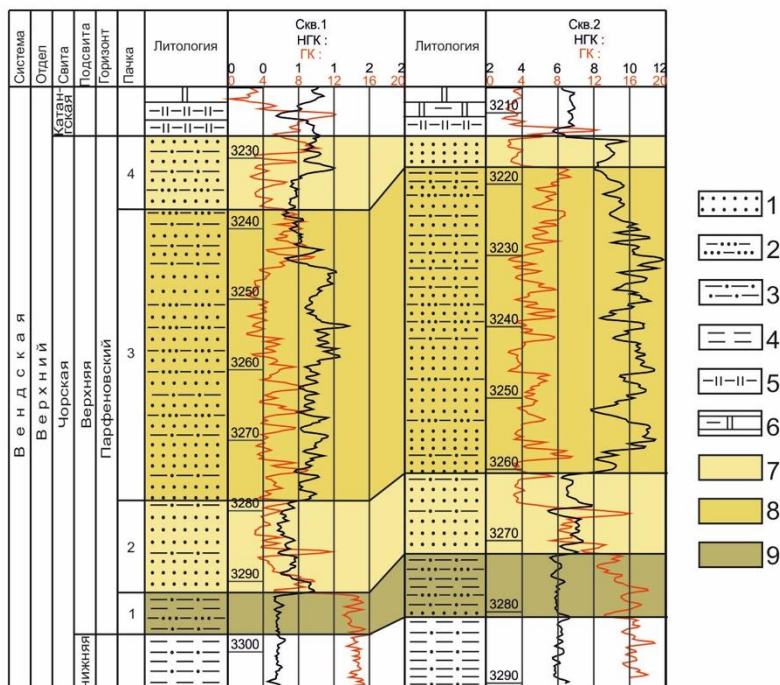


Рисунок 2 Состав, строение и обстановки седиментации парфеновского горизонта на северо-востоке Ангаро-Ленского месторождения

Условные обозначения: Породы: 1 – песчаники, 2 – алевро-песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты, 5 – глинисто-доломитовые породы, 6 – доломиты глинистые. Обстановки: 7 – прибрежная равнина с преобладанием русловых отложений с активным влиянием приливно-отливных течений, 8 – баровые системы, перерабатываемые приливно-отливными протоками, 9 – мелководный бассейн с штормовым влиянием.

Таким образом, выяснилось, что лучшими коллекторскими свойствами обладают наиболее крупнозернистые песчаники дельтовых русел, в которых частично сохранилось первичное пустотное пространство, а среди цементов преобладают глинистый или глинисто-гематитовый.

Работа выполнена в ИНГГ СО РАН в рамках темы FWZZ-2022-0008 Государственной программы ФНИ.

Литература

1. Конторович А.Э. и др. Новые открытия конденсатного газа на юге Сибирской платформы // Российско-китайский нефтегазовый форум сотрудничества Пекин, КНР, 2007.
2. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Иркутский бассейн, вып. 8 / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука и др. – Новосибирск, 1995. – 59 с.
3. Решения четвертого межведомственного стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы // Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, 64 с.

ВАРИАНТ МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ

А.В. Дектерева¹, Н.В. Немченко^{1,2}, В.А. Муфтахов¹

¹ *Апрелевское отделение ФГБУ «ВНИГНИ», Апрелевка, a.dektereva@vnigni.ru, v.muftahov@vnigni.ru*

² *МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, n.nemchenko@vnigni.ru*

В данной работе рассматривается проблема взаимосвязи результатов гранулометрического анализа методом лазерной дифракции и пробоподготовки образцов горных пород. Гранулометрический состав является одним из важнейших классификационных признаков осадочных горных пород, зависящий от их генезиса, возраста и условий формирования. Имеющийся в настоящее время единственный нормативный документ — государственный стандарт (ГОСТ 12536-214) — распространяется на дисперсные песчаные и глинистые грунты и определяет методы (ситовой, ареометрический, пипеточный) и средства их измерения [2]. Применение лазерных дифракционных анализаторов частиц для цементированных горных пород, несмотря на их широкое применение в последние десятилетия, никак не регламентировано.

Введение

За десятки лет развития гранулометрического анализа было предложено много методов и способов его производства, однако до сих пор всё же не имеется универсального метода, позволяющего анализировать терригенные породы. Если порода рыхлая, ее можно сразу, без предварительной подготовки, пускать в анализ, для таких пород прописаны государственные стандарты измерений (ГОСТ 12536-214) [2]. Для современного метода изучения гранулометрического анализа методом лазерной дифракции существует государственный стандарт только для дисперсного состава аэрозолей и взвесей (ГОСТ Р 8.777-2011) [3], методики подготовки терригенных, в частности, цементированных пород, на данный момент нет. В данной работе освещаются результаты экспериментов по пробоподготовке цементированных горных пород к гранулометрическому анализу методом лазерной дифракции, производимого на двух лазерных анализаторах размерности частиц Horiba LA-960 и Horiba LA-950A (Япония) в Аналитическом центре Апрелевского отделения ВНИГНИ. Для классификации по фракционному составу используется десятичная шкала, выработанная комиссией по осадочным породам при Академии наук СССР в 1938 г., в которой используются привычные размеры как 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,10 и 0,05 мм [4].

Материалы и методы

Для исследования отобрано 50 образцов горных пород, массой до 100г, которые представляли разные литотипы терригенных пород (от аргиллитов до разномерных песчаников). Породы имели как глинистый, так и карбонатный цемент, причём соотношения цемента и терригенной составляющей различно. Для всех образцов предварительно выполнено макроописание, произведен минералогический анализ рентгеноструктурным методом (с применением рентгеновского дифрактометра ARL X'TRA), определено

содержание общей карбонатности (с применением автоматического кальциметра СМП-КА), изучены структурные особенности пород в шлифах при помощи программы «Керн С7 Панорама».

В ходе эксперимента сопоставимость и контроль результатов осуществлялся при помощи метода РФА, карбонатометрии, подсчетом дезинтегрированных после кислоты проб под бинокуляром, измерением гранулометрического состава в шлифах линейным методом случайного среза с применением поправочных коэффициентов, исключая эффект срезания [6], а также проведением гранулометрического анализа ситовым и пипеточным методом для некоторых проб (согласно ГОСТ 12536-2014).

Предварительное дробление проб производилось на щековой дробилке ЩД-6М до крупности 4-6 мм для исключения эффекта перетирания зерен. Измельченные пробы прошли спирт-бензольную экстракцию при помощи Аппарата Сокслета для удаления возможных битумов. Перед измерением проба квартовалась и выбиралась навеска массой 5 г.

Эксперименты

Выполнены работы для установления оптимальных требования пробоподготовки образцов пород к анализу (>300 измерений), а именно — удаление 10%-ным раствором соляной кислоты карбонатного (кальцита, доломита, сидерита) компонента из проб песчаников, алевролитов, аргиллитов с различным количественным и минеральным соотношением. Решались задачи влияния антикоагуляционного раствора (7 % раствор триполифосфата натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) на результаты определения глинистых фракций; влияния перемешивания анализируемой суспензии магнитной мешалкой на результат анализов; влияния предварительного ультразвукового воздействия на степень слипания частиц в исследуемой пробе; влияние оптических параметров прибора, выставление различных коэффициентов преломления на результаты измерений.

Проведен ряд экспериментов по удалению карбонатных минералов, контроль растворения минералов осуществлялся с помощью рентгенофазового анализа и измерений общей карбонатности (230 измерений) каждый час (максимальное время выдержки составляло 24 часа), в результате которого удалось выявить оптимальное время выдержки проб в 10%-ным раствором соляной кислоты. Произведены измерения суспензий разных литотипов пород с применением антикоагулянтного раствора и без него (максимальное время выдержки суспензии пробы в растворе 24 часа). Также проведены контрольные измерения стандартного образца полистирола с известной размерностью частиц $1,030 \pm 0,11$ мкм и фоновое измерение раствора триполифосфата натрия для выявления влияния последнего на кривую распределения. Произведены измерения суспензий с предварительной выдержкой пробы в ультразвуке и без неё (максимальное время выдержки 15 минут).

Измерения суспензии с применением магнитной мешалки и без неё. Измерения суспензий проб различных литотипов с изменением оптических параметров прибора (показатель преломления $n=0.6; 2.0; 2.9; 4.1$)

Выводы

В результате проведенных работ установлено:

1. Для проб, не содержащих сидерит и анкерит, достаточно выдержки пробы в 10%-ном растворе HCl в течении 4 часов, чтобы удалить карбонатные минералы; для проб с низким содержанием сидерита и анкерита (менее 15 вес. %), достаточно 6 часов выдержки породы в кислоте для полного удаления карбонатных минералов; для проб с содержанием карбонатов (кальцита, доломита, сидерита) в любых соотношения не более 50% достаточно 10 часов для полного удаления карбонатной компоненты;

2. Добавление в пробу 7% раствора триполифосфата натрия в качестве антикоагулянта позволяет в алевролитах и аргиллитах разделить алевритовые и пелитовые частицы и получить более корректные результаты гранулометрического анализа в области мелких фракций; в песчаниках установлено, что добавление антикоагулянта не влияет на результаты гранулометрического состава;

3. Для хорошей воспроизводимости результатов отбор пробы суспензии для анализа необходимо осуществлять с использованием магнитной мешалки;

4. Ультразвуковое воздействие на пробу оказывает влияние на её фракционный состав: в песчаниках установлено, что с УЗ отмечается небольшое увеличение пелитовой и алевритовой фракций; в алевролитах и аргиллитах отмечается сокращение псаммитовой фракции и общая направленность распределения в сторону алевритовой и пелитовой фракций.

5. Четкой зависимости между показателем преломления и результатами анализа не установлено.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на 2022 г. № 049-00014-22-01.

Литература

1. *Blott S. J., Croft D. J., Pye K., Saye S. E., Wilson H.E.* Particle size analysis by laser diffraction // Geological Society, London, Special Publications. – 2004. - Vol.232. – P. 63-73.
2. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
3. ГОСТ Р 8.777-2011 Дисперсный состав аэрозолей и взвесей. Определение размеров частиц по дифракции лазерного излучения.
4. *Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г.* Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород // Учеб. Пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». – 2007. – С. 30-31.
5. *Фролов В.Т.* Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород // Изд. Московского университета. – 1964. – С. 25-26.
6. *Шванов В.Н.* Песчаные породы и методы их изучения (распространение, структуры, текстуры) // Изд. «НЕДРА» Ленинградское отделение, Ленинград. – 1969. – С. 82-92.

МЕТАОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ О СУБДУКЦИОННОМ
ЭТАПЕ ИСТОРИИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ВЯТСКОГО ОРОГЕНА (ВОЛГО-
УРАЛЬСКИЙ СЕГМЕНТ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА)

К.Г. Ерофеева^{1,2}, А.В. Самсонов¹, Т.А. Пилицына¹, А.Н. Ларионов³, В.А. Спиридонов⁴, А.В.
Постников⁵, А.Ю. Вовшина³, А.С. Дубенский²

¹ ИГЕМ РАН, Москва, zenin.erofeeva@ya.ru

² ГИН РАН, Москва

³ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

⁴ ВНИИГеосистем, Москва

⁵ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва

В докладе будет представлен опыт исследований палеопротерозойских метаосадочных пород Вятского пояса, которые слагают осевую часть одноименного орогена.

Орогенез представляет собой процесс взаимодействия между литосферными плитами и является важным источником информации о механизмах глобальной циркуляции вещества в масштабе всей мантии. Этот процесс включает в себя континентальный рифтинг и открытие океана, океаническую и континентальную субдукцию, седиментацию, магматизм и метаморфизм, эксгумацию глубоко залегающих пород, коллизию континентов/ континента и островной дуги/ континента и океанического плато, деформационные процессы и т.д. [10, 11, 16]. При расшифровке анатомии орогенов наиболее сложным является вопрос о самых ранних субдукционных этапах и их последующей истории. Особенно остро этот вопрос стоит для раннедокембрийских орогенов, которые могут отличаться от фанерозойских орогенов по стилю тектоники [12, 17, 18] и более глубоким эрозионным срезом. В нашем докладе обсуждаются результаты изучения палеопротерозойских метаосадочных пород Вятского пояса для расшифровки его ранней, субдукционной истории.

Вятский пояс расположен в восточной части Волго-Уральского сегмента Восточно-Европейского кратона. Он выделен на основании геофизических исследований и результатах бурения единичных глубоких и параметрических скважин как крупная вулканогенно-осадочная структура, зажата между архейским гранито-гнейсовыми блоками [2]. Пояс сложен породами унийской свиты, метаморфизованными в условиях, не превышающих амфиболитовую фацию, и интродирован S-гранитами талицкого комплекса с возрастом 2.05 млрд лет [2, 4, 6].

Среди отложений унийской свиты преобладают биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы, в подчиненном количестве присутствуют амфибол-биотитовые гнейсы с

сохранными дометаморфическими плагиоклаз-порфиоровыми структурами, реже встречаются двуслюдяные сланцы.

На основании петрографических и геохимических исследований было установлено, что протолитами для пород унийской свиты являлись незрелые ($CIA = 50-66$, $ICV = 1-1.3$) вулканогенно-терригенные (туффиты, туфопесчаники) и осадочные (пелиты, песчаники) породы, отвечающие по составу андези-дацитам и грауваккам соответственно. Их сильно обогащенные спектры легких РЗЭ, умеренно фракционированные спектры тяжелых РЗЭ и отрицательные аномалии Sr, Eu, Ti и всех HFSE указывают на надсубдукционное происхождение расплавов источника. Все породы унийской свиты имеют ювенильные изотопные характеристики ($\epsilon_{Nd}(2100) = 2.5-3.2$) и близкие унимодальные спектры распределения возрастов циркона с пиками 2.05, 2.08, 2.10 и 2.14 млрд лет, наиболее молодой из которых характерен для кайм и мелких зерен и связано с внедрением S-гранитов.

Весь комплекс данных дает убедительные свидетельства об образовании пород унийской свиты Вятского пояса на удалении от архейских блоков из однородного проксимального источника во внутриокеанической надсубдукционной обстановке. Такое условие могло быть реализовано при накоплении вулканогенно-терригенных отложений в области развития внутриокеанических островных дуг. Разрушение близковозрастных дискретных островодужных систем 2.08, 2.10 и 2.14 млрд лет с образованием граувакковых отложений могло происходить за счет тектонической и субдукционной эрозии, как это описано для фанерозойских островных дуг тихоокеанского типа [10, 13, 15]. Завершение субдукционных процессов и аккремирование внутриокеанической островной дуги маркируется образованием синтектонических гранитоидов талицкого комплекса.

Близкие по геохимии флишоидные осадки с ювенильными островодужными источниками и с возрастом детритового циркона 2.1-2.2 млрд лет слагают Волго-Донской пояс, расположенный между Волго-Уральским и Сарматским сегментами Восточно-Европейского кратона [1, 2, 4, 6-9, 19]. Восточный фланг Вятского пояса, возможно являлся частью обширного палеопротерозойского орогена вместе с Батомгским поясом юго-восточной части Сибирского кратона, что обосновывается их сходством возраста корообразующих процессов [3, 5] и существующими палеоконтинентальными корреляциями [14, 20].

Литература

1. Бибикова Е. В., Богданова С. В., Постников А. В. и др. Зона сочленения Сарматии и Волго-Уралии: изотопно-геохронологическая характеристика супракрустальных пород и гранитоидов // Стратиграфия и геологическая корреляция. – 2009. – № 6. – С. 3–16.
2. Богданова С.В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента) // Труды ГИН АН СССР. – М.: Наука, 1986. – С. 224.

3. *Вовна Г.М., Мишкин М.А., Ленников А.М., Октябрьский Р.А., Полин В.Ф., Бадрединов З.Г., Ясныгина Т.А.* Геохимия и условия метаморфизма пород Батомгской гранит-зеленокаменной области (Алданский щит) // Геохимия. – 2013. – № 12. – С. 1076–1089.
4. *Доплатформенные комплексы нефтегазоносных территорий СССР.* – М.: Недра, 1992. – 304 с.
5. *Кузьмин В. К., Богомолов Е. С., Глебовицкий В. А.* Раннепротерозойский габбро-диорит-гранитный магматизм Батомгского поднятия (Северо-Восток Алданского щита) – Sm-Nd-изотопно-геохимические свидетельства // ДАН. – 2016. – Т. 466. – № 6. – С. 707–713.
6. *Лапинская Т.А., Богданова С.В.* Основные черты геологического строения и главнейшие метаморфические и магматические комплексы докембрийского фундамента Волго-Уральской нефтегазоносной области. Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. Т. 1. – М.: Недра, 1976. – С. 106–115.
7. *Савко К.А., Самсонов А.В., Базиков Н.С.* Метатерригенные породы воронцовской серии Воронежского кристаллического массива: геохимия, особенности формирования и источники сноса // Вестн. Воронеж. Ун-та. Геология. – 2011. – № 1. – С. 70–94.
8. *Щипанский А.А., Самсонов А.В., Петрова А.Ю., Ларионова Ю.О.* Геодинамика восточной окраины Сарматии в палеопротерозое // Геотектоника. – 2007. – № 1. – С. 43–70.
9. *Bogdanova S. V., Gorbatshev R., Garetsky R. G.* EUROPE. East European Craton // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 2016.
10. *Cawood P.A., Kröner, A., Collins W.J., Kusky T.M., Mooney W.D., Windley B.F.* Accretionary orogens through Earth history // Geol. Soc. Spec. Publ. – 2009. – V. 318. – P. 11–36.
11. *Chetty T.R.K., Wilbert Kehelpannala K.V.* Atlas of Deformed and Metamorphosed Rocks from Proterozoic Orogens. – Elsevier, 2022. – 418 p.
12. *Gerya T.* Precambrian geodynamics: Concepts and models // Gondwana Res. – 2014. – V. 25. – P. 442–463.
13. *Jicha B.R., Kay S.M.* Quantifying arc migration and the role of forearc subduction erosion in the central Aleutians // J. Volcanol. Geotherm. Res. – 2018. – V. 360. – P. 84–99.
14. *Johansson Å.* Baltica, Amazonia and the SAMBA connection – 1000 million years of neighbourhood during the Proterozoic? // Precambrian Res. – 2009. – V. 175. – P. 221–234.
15. *Maruyama S., Safonova I.* Orogeny and mantle dynamics: role of tectonic erosion and second continent in the mantle transition zone. – Novosibirsk: IPC NSU, 2019. – 208 p.
16. *Moore E.M., Twiss R.J.* Tectonics. – New York: W.H. Freeman and Company, 1995. – 415 p.
17. *Sizova E., Gerya T., Brown M.* Contrasting styles of Phanerozoic and Precambrian continental collision // Gondwana Research. – 2014. – V. 25. – P. 522–545.
18. *Sizova E., Gerya T., Brown M., Perchuk L.L.* Subduction styles in the Precambrian: insight from numerical experiments // Lithos. – 2010. – V. 116. – P. 209–229.
19. *Terentiev R.A., Santosh M.* Detrital zircon geochronology and geochemistry of metasediments from the Vorontsovka terrane: implications for microcontinent tectonics // Int. Geol. Rev. – 2016. – V. 58. – № 9. – P. 1108–1126.
20. *Terentiev R.A., Santosh M.* Baltica (East European Craton) and Atlantica (Amazonian and West African Cratons) in the Proterozoic: The pre-Columbia connection // Earth Sci. Rev. – 2020. – V. 210. – 103378.

ОБЛОМОЧНЫЕ ЦИРКОНЫ ИЗ РИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА): U-Th-Pb ДАННЫЕ

Т.С. Зайцева¹, Н.С. Прияткина¹, И.М. Горохов¹, В.П. Ковач¹, Е.В. Адамская¹,
Б.М. Гороховский¹, Ю.В. Плоткина¹

¹ *Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, z-t-s@mail.ru*

Проведено U-Th-Pb LA-ICP-MS изучение обломочных цирконов, выделенных из рифейских песчаников камовской серии. Полученные конкордантные возрасты находятся преимущественно в интервалах 2668–2540 и 1885–1860 млн лет с пиками на кривой относительной вероятности возрастов около 2.58 и 1.87 млрд лет и указывают на то, что возможными источниками сноса цирконов для рифейских отложений камовской серии являлись архейские (гранулиты Иркутного блока Шарыжалгайского выступа и гранитоиды Юрубченского массива) и палеопротерозойские (гранитоиды Ангарского пояса) породы фундамента платформы.

Обломочные цирконы отобраны из керна скважины Чункинская-282 (интервал 4096.08–4097.21 м) в пределах Байкитской антеклизы юго-западной части Сибирской платформы. Корреляция разреза скважины с отложениями камовской серии центральных частей Байкитской антеклизы выполнена на основе геофизических, С-изотопных и палеонтологических данных. В керне представлен глауконитовый песчаник долгоктинской свиты (рисунок 1А). Модельные Rb–Sr-возрасты глауконитов, выделенных из этого керна, находятся в пределах 1340–1400 млн лет [3]. Pb–Pb возрасты карбонатов нижележащей юрубченской и вышележащей куюмбинской свит составляют 1510 ± 50 млн лет [1] и свидетельствуют о том, что долгоктинская свита имеет такой же возраст (рисунок 1Б).

С целью определения возможных источников терригенного материала в песчаниках камовской серии было проведено датирование детритовых цирконов U-Th-Pb LA-ICP-MS методом в ИГГД РАН по методике [4]. Из образца песчаника выделено и проанализировано 68 зерен циркона и получено 44 конкордантных оценок возраста (степень дискордантности менее 5%). Конкордантные возрасты находятся преимущественно в интервалах 2668–2540 и 1885–1860 млн лет с пиками на кривой относительной вероятности возрастов около 2.58 ($n = 37$) и 1.87 ($n = 5$) млрд лет (рисунок 1В). Возрасты единичных зерен составляют 2739 ± 16 и 2714 ± 13 млн лет.

Полученные результаты имеют важное значение для расшифровки геодинамической обстановки накопления отложений камовской серии, а также для уточнения возраста континентальной коры в области сноса изученных отложений. Разница между возрастом осадконакопления отложений и самым молодым пиком составляет не менее 300 млн лет, что свидетельствует об аккумуляции песчаников в относительно спокойной геодинамической обстановке вблизи дивергентной границы плит согласно классификации кривых плотности вероятности обломочных цирконов в осадочных бассейнах различных типов [7].

Возможными источниками сноса цирконов на территории Сибирской платформы для рифейских отложений камовской серии являлись архейские и палеопротерозойские породы фундамента. Популяция более древних цирконов (2668–2540 млн лет) может быть связана как с гранитоидами Юрубченского массива, U-Pb возраст которого составляет 2562 ± 16 млн лет [5], так и с гранулитами Иркутского блока Шарыжалгайского выступа, возраст которых попадает в интервал 2541–2595 млн лет [10]. Палеопротерозойская популяция цирконов (1885–1860 млн лет), вероятно, связана с гранитоидами Ангарского пояса, возраст которых в области Бирюсинского блока составляет 1874 ± 14 млн лет [2]. Данные популяции цирконов маркируют уникальный сигнал раннедокембрийского фундамента в западной части Сибирской платформы [9], что, по-видимому, отражает присутствие крупного фрагмента континентальной коры неархейско-палеопротерозойского возраста в области, подстилающей Байкитскую антеклизу. Гранитоиды с возрастом около 2.55 млрд лет распространены в пределах Северо-Китайского кратона [8] и также могут являться источником сноса изученных отложений.

Для уточнения источников сноса нужны более детальные геохимические исследования цирконов из пород камовской серии.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 20-05-00137).

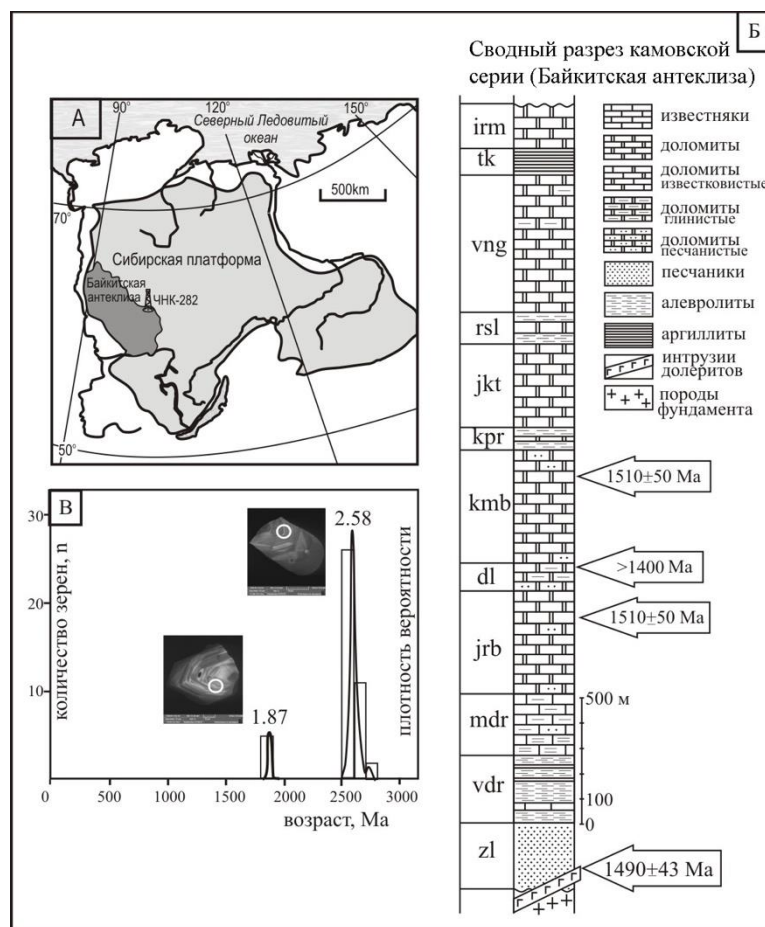


Рисунок 1 Положение скважины Чункинская-282 в пределах Байкитской антеклизы (врезка

А); строение сводного разреза докембрийской камовской серии (врезка Б) (свиты: зелендуконская (zl), вэдрэшевская (vdr), мадринская (mdr), юрубченская (jrb), долгоктинская (dl), куюмбинская (kmb), копчерская (kpr), юктенская (jkt), рассолкинская (rsl), вингольдинская (vng), токурская (tk) и ирэмэкэнская (irm) свиты), указанные на рисунке датировки: >1400 млн лет – модельный Rb-Sr возраст глауконитов [3], 1510 ± 50 млн лет – Pb-Pb-возраст карбонатных пород [1], 1490 ± 43 млн лет – $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возрасты долеритов, прорывающих гранитогнейсы фундамента [6]; гистограмма распределения и график относительной вероятности для возрастов детритовых цирконов из рифейских отложений камовской серии, кружками обозначены точки, где проводились U-Th-Pb измерения (врезка В).

Литература

1. Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Васильева И.М., Крамчанинов А.Ю., Ризванова Н.Г., Константинова Г.В. Pb-Pb-возраст карбонатных пород камовской серии, Байкитская антеклиза Сибирской платформы // ДАН. Науки о Земле. – 2021. – Т. 500. – № 1. – С. 12–17.
2. Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Вингейт М.Т.Д. Раннепротерозойские постколлизийные гранитоиды Бирюсинского блока Сибирского кратона // Геология и геофизика. – 2014. – Т.55. – № 7. – С.1028–1043.
3. Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Иванова Н.А., Масленников М.А., Пустыльников В.В., Турченко Т.Л., Наговицин К.Е. Rb-Sr возраст рифейских глауконитов камовской серии, Байкитская антеклиза Сибирской платформы // Доклады АН. – 2019. – Т.488. – №.1. – С. 595–600.
4. Ковач В.П., Котов А.Б., Гладкочуб Д.П., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д., Гороховский Б.М., Подковыров В.Н., Загорная Н.Ю., Плоткина Ю.В. Возраст и источники метапесчаников чинейской подсерии (Удоканская серия, Алданский щит): результаты U-Th-Pb геохронологического (LA-ICP-MS) и Nd изотопного изучения // ДАН. – 2018. – Т. 482. – № 2. – С. 1138-1141.
5. Самсонов А.В., Постников А.В., Спиридонов В.А., Ларионова Ю.О., Ларионов А.Н., Травин А.В., Постникова О.В., Соловьева Н.В., Сабиров И.А., Спиридонов И.В. Неоархейские гранитоиды на западе Тунгусского супертеррейна, фундамент Сибирской платформы: геохронология, петрология, тектоническое значение // Петрология. – 2021 – Т. 29. – № 5. – С. 451 – 477.
6. Хабаров Е.М., Пономарчук В.А., Морозова И.П., Вараксина И.В., Сараев С.В. // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43. – № 3. – С. 211–239.
7. Sawood P.A., Hawkesworth C.J., Dhuime B. Detrital zircon record and tectonic setting // Geology. – 2012. – 40. – P. 875-878.
8. Diwu C., Sun Y., Guo A., Wang A., Liu X. Crustal growth in the North China Craton at ~2.5 Ga: Evidence from in situ zircon U-Pb ages, Hf isotopes and whole-rock geochemistry of the Dengfeng complex // Gondwana Res. – 2011. -20. – P. 149-170.
9. Priyatkinina N., Ernst R., Khudoley A. A preliminary reassessment of the Siberian cratonic basement with new U-Pb-Hf data // Precambrian Res. – 2020. – 340. – 105605.
10. Turkina O.M., Berezhnaya N.G., Lepkhina E.N., Kapitonov I.N. U-Pb (SHRIMP II), Lu-Hf isotope and trace element geochemistry of zircons from high-grade metamorphic rocks of the Irkut terrane, Sharyzhalgay Uplift: Implications for the Neoproterozoic evolution of the Siberian Craton // Gondwana Res. – 2012. – 21. – P. 801–817.

АССОЦИИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЯХ И ИХ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Н.Н. Зинчук¹, М.Н. Зинчук¹

¹ *Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru*

Проведен анализ поведения глинистых минералов осадочных формаций на различных стадиях седиментогенеза, диагенеза, катагенеза и метагенеза. Показано, что каждая из выделенных в земной коре зон, характеризуется различными сочетаниями глинистых минералов и степенью постседиментационного преобразования пород. Охарактеризованы глинистые минералы и их ассоциации в терригенных и терригенно-карбонатных формациях. Освещены глинистые минералы ранних стадий седименто- и диагенеза, к которым приурочены древние мезозойские алмазоносные россыпи, по наличию в которых минералов кимберлитов проводятся поиски коренных месторождений алмазов с помощью шлихо-минералогического метода. Ключевые слова: осадочные формации, глинистые минералы, седименто- и диагенез.

Накапливающиеся в отложениях различных осадочных формаций глинистые минералы с учетом их изменения и новообразования на различных этапах осадочного процесса в каждом из них характеризуются специфическими химико-минералогическими и морфолого-генетическими особенностями. Аллотигенные глинистые минералы имеют в отложениях осадочных формаций обычно фоновое значение. Для использования их в формационном анализе в каждой из выделяемых в осадочном чехле земной коры четырех зон, типоморфное значение имеют и аутигенные глинистые минералы, природа которых определяется гидрогеохимическим характером и термобарическими параметрами среды минералообразования. Геологическая интерпретация результатов изучения глинистых минералов должна проводиться с учетом подразделения осадочного чехла земной коры на четыре зоны, соответствующие стадиям диагенеза (ДГ). Три верхние зоны включают собственно осадки и осадочные породы, а четвертая – их метаморфические аналоги. Каждая из этих зон характеризуется различной степенью постседиментационного преобразования отложений, включая содержащиеся в них глинистые минералы. Постседиментационные изменения отложений на фоне общей тенденции последовательной интенсификации их под действием термобарических параметров среды с учетом направленности их, в зависимости от гидрогеохимических условий осадконакопления в главнейших литологических формациях (терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, вулканогенной и галогенной) характеризуются специфическими особенностями. Важнейшей предпосылкой объективного использования результатов изучения глинистых минералов в осадочном чехле земной коры (и в отложениях отдельных осадочных формаций) являются не только палеотектонические и палеоклиматические факторы, определяющие закономерности накопления отложений отдельных формаций, но и исследование достаточно мощных, характерных для каждой формации толщ с необходимым количеством изучаемых объектов, включая и дублирующее число образцов в отдельных частях разрезов. Отложения терригенной формации (или

терригенных формаций) имеют наиболее широкое распространение в осадочном чехле земной коры, и они претерпели изменения, соответствующие лишь диа- и начальным этапам раннего катагенеза, т.е. относятся к I-ой зоне осадочного чехла земной коры. Анализ ассоциаций глинистых минералов в соответствующих рассматриваемой зоне отложениях позволяет оценивать климатические условия в предшествующие размыву источников сноса этапы геологического времени. Присутствие в накапливавшихся мощных толщах терригенных отложений существенного содержания каолинита непосредственно указывает на размыв достаточно зрелых кор выветривания (КВ). Преобладание в полимиктовых отложениях гидрослюд 1М и монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований (МГСО) свидетельствует о размыве активных окраин континентов и накоплении отложений геосинклинальной субформации терригенной формации. При этом сохранность хлорита в этих отложениях может указывать на переотложение слабо измененных гипергенными процессами Fe-Mg-разностей изверженных и метаморфических пород. В процессе постседиментационного преобразования отложений терригенной формации глинистые минералы подвергаются аградационной трансформации. Эти изменения по масштабу отражают степень погружения содержащих их отложений в зоны все более высоких давлений и температур, а направленность процессов зависит от гидрогеохимического характера среды. Особенно наглядно это наблюдается в терригенных образованиях древних потенциально алмазоносных толщ основных алмазоносных районов Сибирской платформы (СП), где в континентальных и прибрежно-морских осадочных толщах выделяются: иреляхская (T_3-J_{1ir}) и укугутская (J_{1uk}) свиты, а также плинсбахский (J_{1p}) и тоарский (J_{1t}) ярусы. Глинистой составляющей, выделенной из всех типов пород иреляхской и укугутской свит Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР) свойствен полиминеральный состав (преимущественно аллотигенные разновидности монтмориллонита, гидрослюды, каолинита, метагаллуазита и хлорита, небольшая примесь вермикулита, серпентина, неупорядоченных диоктаэдрических монтмориллонит-гидрослюдистых и триоктаэдрических вермикулит-монтмориллонитовых смешанослойных образований. Мезозойское осадконакопление контролировалось в описываемом регионе двумя структурно-формационными зонами: в юго-восточной части района, в приосевой зоне Ангаро-Вилуйского мезозойского прогиба - АВМП (низменная аллювиальная равнина) и в северо-западном его борту - в пределах траппового плато, где существовали денудационная и денудационно-аккумулятивная равнины с накоплением преимущественно местного материала. Главными поставщиками глинистых минералов в бассейны седиментации иреляхского времени были широко развитые в районе и на смежных территориях в различной степени выветрелые породы нижнего палеозоя и трапповой формации.

Иреляхским отложениям, развитым вдоль северо-западного борта АВМП, свойственны неравномерные концентрации выветрелого материала кимберлитовых пород, перенесенного на различные расстояния. Последнее обосновывается также наличием отмеченных нами в иреляхских отложениях вторичных минералов кимберлитов – Fe-Mg- и Mg-хлорита, серпентина и вермикулита. Породы укугутской свиты в целом слабо обогащены продуктами выветривания. Только в локальных депрессиях северо-западной части МБАР в случае непосредственного залегания укугутской свиты на элювии терригенно-карбонатных пород или траппов, в нижних горизонтах увеличивается концентрация аллотигенных глинистых минералов. Отложения плинсбахского яруса также характеризуются сравнительно небольшой концентрацией продуктов выветривания, что подтверждается как составом грубообломочного материала, так и особенностями более мелкозернистых пород. В тоарское время на территории АВМП существовал морской бассейн, что подтверждается отложениями фации сильноподвижного мелководья морского бассейна (отложения центральной части подводной дельты) и удаленных от побережья частей морского бассейна.

Сравнительно небольшое во II-ой переходной зоне повышение термобарических параметров среды обуславливает слабое аградационно-трансформационное преобразование разбухающих минералов как в глинистых, так и в песчано-алевритовых отложениях. В III-ей зоне, одновременно с резким уменьшением содержания разбухающих слоев в структуре МГСО, сопровождающимся адсорбцией ряда минералообразующих катионов (и, в первую очередь, K), происходит также последовательное увеличение размеров псевдоизометричных пластинок гидрослюды, обусловленное процессами их частичной рекристаллизации. Наличие в цементе песчано-алевритовых пород морского генезиса удлиненнопластинчатой гидрослюды наряду с ассоциирующей с ней МГСО также является одним из важнейших критериев III-ей зоны, в которой степень постседиментационного преобразования отложений и содержащихся в них минералов соответствуют, в отличие от двух верхних зон, позднему катагенезу. В этой зоне четко различается также профиль основного рефлекса рассматриваемой фазы, в зависимости от ее генетической природы. Выяснение особенностей глинистых минералов в отложениях терригенно-карбонатной и карбонатной формаций представляет, по сравнению с отложениями собственно терригенной формации, менее сложную задачу. Продукты переотложения древних КВ в мезозойских отложениях МБАР наиболее четко фиксируются по составу аллотигенных глинистых слоистых минералов и особенностями концентрации некоторых малых элементов.

ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВНИХ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

Н.Н. Зинчук¹

¹ *Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru*

На основании изучения геодинамических, фациальных условий формирования и вещественного состава верхнепалеозойских осадочных толщ Малоботубинского алмазоносного района Сибирской платформы оценена роль местного (в том числе кимберлитового) материала в различных фациальных разрезах лапчанской, ботубинской и боруллойских свит пермского возраста. Кимберлитовый материал в бассейны седиментации фаций нижних частей разрезов рассматриваемых стратиграфических подразделений поступал за счет размыва верхних горизонтов как известных, так еще не открытых диатрем в областях денудации.

Особенности геодинамических и фациальных условий формирования древних осадочных толщ рассмотрены на примере одного из самых развитых в плане добычи алмазов - Малоботубинском районе (МБАР) Сибирской платформы (СП), в котором перспективными для прироста сырья являются верхнепалеозойские отложения, в разрезе которых выделяются лапчанская (P_{1l}), ботубинской (P_{1b}) и боруллойской (P_{2br}) свиты. В отложениях *лапчанской свиты* выделяется пять фациальных зон: развития аллювиальных, аллювиально-пролювиальных, делювиальных, делювиально-пролювиальных, озерно-лагунных и лагунных отложений. Эти зоны характеризуют три палеоландшафтные области: подножий склонов и конусов выноса, речных долин (малых водотоков), заливно-лагунного мелководья бассейна. Область подножий склонов и конусов выноса отмечена в юго-западной, центральной и северо-западных частях территории. В западной части региона в то время господствовали бассейновые условия седиментации, включающие зону развития делювиальных и делювиально-пролювиальных образований. Здесь развиты фации песчано-алеврито-щебнистых элювиально-делювиальных образований (ЭД), гравийно-песчано-алевритовых осадков пролювия (ПР), алеврито-глинистых осадков застойных, зарастающих озер (ОЗ), алеврито-песчаных осадков крупных озер (ОК), углисто-глинистых осадков заиляющихся торфяных болот (БЗ) и осадков торфяных болот (БТ). Образование лапчанской свиты в северной и северо-западной части региона началось на ограниченных площадях с выполнения элювиально-делювиальными осадками отрицательных форм древнего рельефа. В основании разреза происходило накопление тонкозернистых пролювиальных и озерных осадков. В краевых частях конусов выноса возникали мелкие озерные водоемы, подвергающиеся кратковременному заболачиванию, образуя осадки торфяных болот. Область речных долин включает зону развития аллювиально-пролювиальных осадков, выполняющих пониженные участки доверхнепалеозойского рельефа, а на прилегающих склонах палеоподнятий накапливались элювиально-делювиальные и пролювиальные отложения. Область заливно-лагунного мелководья

бассейна включает зоны озерно-лагунных и лагунных отложений. В основании лапчанского разреза происходило накопление песчано-алеврито-щебнистых элювиально-делювиальных осадков (ЭД), а позже алеврито-глинистых осадков лагун (ЛЗ). В верхней части разреза отмечаются фации алеврито-глинистых осадков застойных, зарастающих озёр (ОЗ). В пределах площади распространения отложений нижней части *ботуобинской свиты* выделяются фациальные зоны: преимущественного развития аллювиальных, подвижного мелководья бассейна, подводно-дельтовых, озерно-болотных отложений и осадков заливно-лагунного мелководья бассейна, при участии озёрно-болотных делювиально-лагунных и пролювиально-лагунных образований. Все эти фациальные зоны объединяются в области: континентального осадконакопления, приберегового сильно подвижного мелководья, заливно-лагунного мелководья и открытого подвижного мелководья. В начале раннепермского времени развивались фации континентальных отложений. Прогибание территории привело к продвижению вод бассейна вглубь суши, сокращая площадь континентального осадконакопления и устанавливая бассейновые условия седиментации. В основании разреза ботуобинской свиты преобладают фации песчаных осадков русла и подводной части дельты (ПД), слагающая основную часть разреза, перекрываемого фациями глинисто-алеврито-песчаных осадков открытого подвижного мелководья бассейна (ОМБ), песчаных осадков баров, кос и россыпей (БКП). Фации алеврито-глинистых осадков лагун и заливов (ЛЗ) залегают на отложениях открытого подвижного мелководья бассейна, осадков баров, кос, пересыпей и реже непосредственно перекрывают отложения подводной части дельты. В пределах области развития заливно-лагунного мелководья бассейна выделяются три фациальные зоны. В основании разреза отмечаются незначительные по мощности фации песчано-алеврито-щебнистых элювиально-делювиальных образований (ЭД), которые выше по разрезу перекрываются отложениями фации алеврито-глинистых осадков лагун и заливов (ЛЗ). Нижняя часть зоны развития пролювиально-лагунных отложений представлена фацией гравийно-песчано-алевритовых осадков пролювия (ПР). Выше по разрезу залегают фации алеврито-глинистых осадков лагун и заливов (ЛЗ). Зона развития озерно-болотных и лагунных отложений имеет широкое площадное распространение. Здесь устанавливаются фации алеврито-глинистых осадков лагун и заливов (ЛЗ). В разрезе отмечаются также фации алеврито-глинистых осадков застойных, зарастающих озёр (ОЗ), углисто-глинистых осадков заливающихся торфяных болот (БЗ), алеврито-песчаных осадков крупных озёр (ОК), глинисто-алеврито-песчаных осадков открытого подвижного мелководья бассейна (ОМБ) и песчаных осадков подводной дельты (ПД). В разрезе *боруллойской свиты* выделяются четыре фациальные зоны: преимущественного развития аллювиальных, аллювиально-дельтовых и подводнодельтовых отложений, а также образований открытого мелководья бассейна.

Перечисленные фациальные зоны образуют три палеоландшафтные области, характеризующиеся различными условиями седиментации в начале позднепермского времени: речных долин и аллювиально-дельтовых равнин, приберегового сильно подвижного мелководья и открытого подвижного мелководья бассейна. Область речных долин и лагунно-дельтовых равнин включает в себя фациальные зоны развития аллювиальных и аллювиально-дельтовых отложений. Аллювиальная равнина получила довольно широкое развитие, окаймляя крупное позднепермское палеоподняtie, расположенное в восточной и южной части рассматриваемой территории, которая являлась в этот период областью длительного размыва. В пределах аллювиальной равнины преимущественное развитие получили фации песчано-гравийно-галечных осадков русла (АР) и песчано-алевритовых осадков поймы (АП). Меньшее распространение получили фации: алеврито-песчаных осадков крупных озер (ОК), алеврито-глинистых осадков застойных и зарастающих озер (ОКЗ), углисто-глинистых осадков заливающихся торфяных болот, а также осадков торфяных болот. Последние обычно наблюдаются в верхних частях разрезов и нередко тяготеют к бортам долины. В западной части изученной территории получила развитие аллювиально-дельтовая равнина, которая примыкает на всём своём протяжении к довольно обширной зоне подвижной дельты. Область приберегового сильно подвижного бассейна включает в себя фациальную зону преимущественного развития подводнодельтовых осадков, для которых характерно преобладание фаций песчаных осадков подводной дельты (ПД), на которых вблизи береговой линии залегают фации алеврито-глинистых осадков застойных, зарастающих озер (ОЗ) и алеврито-глинистых осадков лагун и заливов (ЛЗ). Область подводного открытого мелководья занимает зону преимущественного развития фаций глинисто-алеврито-песчаных осадков открытого мелководья бассейна (ОМБ). В основании позднепермского разреза залегают фации песчаных осадков подводной части дельты (ПД) и незначительные по мощности фации углисто-глинистых осадков заиливающихся торфяных болот (БЗ), которые перекрываются глинисто-алеврито-песчаными осадками открытого подвижного мелководья бассейна, а также алеврито-глинистыми осадками лагун и заливов (ЛЗ). Итак, показано уменьшение в нижнепермское время восходящих тектонических движений в бассейнах седиментации. Последовавшая тектоническая стабилизация и гумидный климат обусловили развитие гипергенных процессов, а геодинамические процессы привели к формированию элювиального чехла на изверженных и осадочных породах региона. Кимберлитовый материал в фации нижних частей разрезов поступал за счет размыва верхних горизонтов как из известных в регионе диатрем, так и тел, предполагаемых в областях денудации.

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ БОТУОБИНСКОГО ГОРИЗОНТА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А.Д. Изъюргов¹, К.А. Королева¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, *kseniia.koroleva1@gmail.com*

В данной работе благодаря литологическим, петрофизическим и геофизическим исследованиям авторами были изучены породы-коллекторы ботубинского горизонта восточного склона Непско-Ботубинской антеклизы, а также проанализировано влияние вторичных преобразований на их коллекторские свойства.

Исследуемый район Непско-Ботубинской антеклизы (НБА) располагается в юго-восточной части Сибирской платформы. За счет перспективности освоения ботубинского горизонта (БГ) на ряде месторождений НБА, вопрос его изучения на восточном склоне сохраняет актуальность и на сегодняшний день.

Исследуемые по нескольким скважинам глубокого бурения терригенные отложения БГ представлены 8 литотипами, включающими песчаники различной степени зернистости, алевролиты и аргиллиты песчано-алевритистые. На основе анализа минерального состава, цементирующей части и пустотного пространства пород-коллекторов была составлена литологическая характеристика отложений, а также выявлены особенности проявления вторичных преобразований.

Для литологической интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС) и последующего использования этих данных в литофациальном анализе, литотипы были укрупнены до уровня породных ассоциации (ПА) [1]. В разрезах скважин определена преобладающая ПА и зафиксирована закономерность постепенного увеличения размера обломков вверх по разрезу, указывающая на условия формирования изучаемых отложений.

После проведения литологических исследований были скорректированы и уточнены области развития ПА, а также сделан вывод, что наиболее перспективными будут являться песчаная и песчано-алевритовая ПА, относящиеся к песчаной и песчано-алевритовой литофации соответственно.

Для отложений каждого разреза скважин было детально проанализировано процентное содержание доломита, ангидрита и галита по результатам рентгеноструктурного анализа (РСА), анализа водной вытяжки, а также оптическим исследованиям пород в шлифах. С учетом преимущественного развития в отложениях БГ средне- и мелкозернистых песчаников для определения класса коллектора была использована оценочная классификация песчано-алевритовых коллекторов нефти и газа (по А.А. Ханину, 1969).

Класс коллектора выделялся, исходя из принципа Ханина, что «любая проницаемая порода пориста, но не любая пористая порода проницаема» [2].

По результатам литолого-петрофизических исследований в отложениях БГ было выявлено, что алевролиты и песчаники средне-мелкозернистые обладают большей пористостью, нежели среднезернистые и крупно-среднезернистые песчаники. Первичное поровое пространство относительно более грубых разностей в значительной степени изменено проявлениями постседиментационных процессов.

Стадиальный анализ позволил выявить закономерности проявления вторичных процессов и их влияние на коллекторские свойства пород-коллекторов БГ. Существенное воздействие на пустотное пространство песчаников крупно-среднезернистых и среднезернистых оказали процессы карбонатизации, сульфатизации и в меньшей степени засоления преимущественно на стадии катагенеза. Необходимо отметить, что в ряде разрезов скважин проявление доломитов и ангидритов в пространстве поровых каналов могло происходить на стадии диагенеза в соответствующих литофациальных зонах, о чем свидетельствует появление в разрезе отложений БГ карбонатно-песчано-алевро-глинистых прослоев.

Аутигенная минерализация отложений БГ, предположительно, связана с перенасыщенными флюидами, просачивающимися по флюидопроводящим каналам. Для выявления таких каналов были проанализированы результаты линеаментного анализа [3]. Система линеаментов 54° контролирует литофациальное простираие отложений БГ, а в совокупности с системами линеаментов 0° и 18° – интенсивность проявления засоления. В наиболее интенсивных зонах засоления фиксируется пересечение сеток систем линеаментов 0° , 18° и 54° , именно с такими узлами связывают возможные зоны концентрации аутигенного минералообразования.

По результатам стадиального и линеаментного анализов были выделены высокоперспективные зоны развития пород-коллекторов БГ, имеющих средние значения пористости 10-15% и проницаемости 510-1500 мД.

Литература

1. А.В. Городнов, В.Н. Черноглазов, О.В. Постникова, Е.С. Изъюрова [и др.] Разномасштабные литолого-геофизические исследования нижневендских терригенных отложений Непско-Ботуобинской антеклизы // Научно-технический вестник «Каротажник». – 2017. – №8(278). – С. 92-100
2. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. – М.: Недра, 1973. – 304 с.
3. Постников А.В., Рахматуллина А.С., Милосердова Л.В [и др.] Методика выделения зон развития трещинных коллекторов в хадумских отложениях Восточного Предкавказья по комплексу геолого-геофизических данных // Геофизика. – 2016. – №6. – С. 53-60

ГЕНЕЗИС ОТЛОЖЕНИЙ РЕДКОЛЕСНОЙ СВИТЫ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Е.С. Изъюрова¹, Д.С. Кучнов¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, *dima2000-00@mail.ru*

В данной работе по результатам литолого-геофизических, петрофизических и циклостратиграфических исследований был определен состав и строение отложений, установлены источники сноса обломочного материала и выявлены условия осадконакопления отложений редколесной свиты юго-запада Сибирской платформы.

На месторождениях юго-запада Сибирской платформы сосредоточена значительная часть ресурсов и запасов нефти и газа. Нефтегазоносность данных месторождений связывают с терригенными отложениями вендского природного резервуара. Объектом исследований являются вендские отложения редколесной свиты Иркинеево-Чадобецкой рифтовой зоны (ИЧРЗ), располагающейся в юго-западной части Сибирской платформы.

По результатам литологических исследований было установлено, что изучаемые отложения представлены бурыми, серыми мелкозернистыми песчаниками и алевролитами, а также аргиллитами, доломитами и ангидритами. Данные литолого-стратиграфических исследований показывают, что в разрезе редколесной свиты ИЧРЗ выделяются три седиментационных циклита, имеющих трансгрессивное строение. Выделенные циклиты прослеживаются в пределах всего изучаемого региона.

Информация, полученная в ходе построения и анализа классификационных треугольных диаграмм по составу обломочной части [1], указывает на преобладание кислых магматических пород, которые слагают выступы фундамента свода Байкитской антеклизы как основного источника сноса обломочного материала для отложений редколесной свиты исследуемого региона. Метаморфические породы Енисейского кряжа как источник сноса имели второстепенное значение.

По результатам литофациального анализа выявлено, что отложения редколесной свиты формировались в условиях соляных маршей супралиторали, дельтового канала (мигрирующего во времени) литорали, сублиторали [2] в условиях развивающейся вендской трансгрессии на юге Восточной Сибири.

Литература

1. Шутов В.Д. Классификация песчаных пород // Литология и полезные ископаемые. № 5. 1967. С. 86–103.
2. Knaust D., Bromley R.G. (Eds.) Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments. Developments in Sedimentology, 2012, Vol. 64, P. 529–561.

ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПУСТОТНОГО
ПРОСТРАНСТВА И ИХ СВЯЗЬ С ФАЦИЯМИ В ФАМЕНСКИХ КАРБОНАТНЫХ
Породах-коллекторах ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ
ПРОВИНЦИИ

Е.Т. Казимиров¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, egorcasual@yandex.ru

В связи с увеличением доли трудноизвлекаемых запасов, приуроченных к сложнопостроенным карбонатным коллекторам, возрастают требования к методологии изучения залежей, фильтрационно-ёмкостных свойств данных коллекторов, к качеству и достоверности подсчёта запасов нефти в них, к точности геологических и фильтрационных моделей.

В работе выявлены и охарактеризованы формы организации пустотного пространства задонских и елецких карбонатных природных резервуаров на Лайском вале, Колвинском мегавале и Садаггинской ступени Тимано-Печорской провинции на основе результатов комплексного литолого-петрофизического анализа. Подробно изучены и описаны микробиальные разновидности карбонатных отложений, показаны процессы образования различных типов пустотного пространства в разных группах микробиалитов. Показаны соотношения и генетическая обусловленность типов пустотного пространства и качества коллекторов в различных типах микробиалитов и их связь с фациями и элементами циклитов.

Массовое вымирание на границе франского и фаменского времени (Кельвассерское событие) существенно изменило характер карбонатного осадконакопления в позднем девоне. Произошло исчезновение рифовых построек, сложенных кораллами и строматопоратами, и распространение рифоподобных тел, приуроченных к водорослево-бактериальным сообществам. Условия среды осадконакопления в сочетании с тем или иным биоценозом обусловили развитие различных по текстуре и структуре органогенных форм.

Для исследуемых отложений задонского и елецкого горизонтов фаменского яруса выделено 5 типов органогенных форм: тромболитовая, водорослевая, водорослево-строматопоровая, строматолитовая слоистая и сферово-водорослевая. Пространство между органогенными формами (межкаркасное пространство), при наличии, как правило сложено стустковым, комковатым и/или интракластовым карбонатным материалом.

В исследуемых отложениях выделены две преобладающие породные ассоциации. Первая приурочена к развитию водорослевых каркасных построек, вторая – к развитию тромболитовых. Водорослевые каркасные постройки широко развиты в пределах исследуемых отложений на Садаггинской ступени и Колвинском мегавале. Тромболитовые наиболее характерны для задонских отложений Лайского вала. Во многих толщах спорадически могут встречаться сферово-водорослевые и строматолитовые слоистые разности. Водорослево-строматопоровые органогенные формы, по-видимому, не были развиты в задонское время в пределах Колвинского мегавала и Лайского вала и имели крайне ограниченное развитие в пределах Садаггинской ступени в елецкое время.

Пустотное пространство пород-коллекторов исследуемых отложений зависит в первую очередь от факторов седиментации: типов сформировавшихся каркасов, заполнителя

и их соотношения друг с другом, предопределивших текстуру пустотного пространства. В дальнейшем, процессы диагенеза и, в основном, гипергенеза, протекавшие в пределах первичного пустотного пространства, обусловили его конечный облик. Отдельным фактором отмечается трещинообразование в породах, приуроченное к тектоническим процессам и геомеханическим свойствам литотипов.

В результате проведенных исследований удалось выполнить корреляцию имеющихся разрезов, определить главенствующие в них литотипы и закономерности их распространения. Установлено, что в рифовых лито-фациальных обстановках могут развиваться биогермные тромболитовые известняки, в зарифовых - преимущественно биогермные водорослевые известняки. Рифовые массивы задонского возраста на Лайском вале принципиально отличаются от массивов елецкого возраста на Садагинской ступени, как эволюционно, так и литологически. Отложения задонского возраста в пределах рифовых барьеров спорадически выводились выше уровня моря, что обусловило в них процессы интенсивной доломитизации, сульфатизации и выщелачивания. Подобных процессов, кроме выщелачивания, в отложениях Садагинской ступени не обнаружено, что может говорить об изменении солености бассейна на границе задонского и елецкого времени.

Биогермные водорослевые известняки, хоть и обладают неравномерной текстурой в масштабе зерна, однако в масштабе литофациальных зон могут являться относительно однородными либо анизотропными толщами, зависящими в основном от структурных особенностей заполнителя, текстурной формы каркаса и наложенных вторичных процессов.

Биогермные тромболитовые известняки развиваются с построением сложных форм, могут неравномерно разрастаться в пространстве с образованием амплитудных пач-рифов, усложняя как текстуру пустотного пространства в масштабах зерна, так и организацию коллекторских толщ в пространстве.

В свою очередь, в зависимости от положения относительного уровня моря и характера гидродинамической активности, тромболитовые и водорослевые каркасные постройки принимают конкретную, устойчивую для данной среды форму и подвергаются вторичным процессам. В связи с этим, в разрезах наблюдается закономерное увеличение пустотного пространства в пределах регрессивных частей циклитов.

В тромболитовых породных ассоциациях вдоль регрессии наблюдается изменение структурных форм с уплотненной, сросшейся, на обособленные столбчатые и ветвистые с включениями межкаркасного заполнителя. Плотные формы в том числе могут подвергаться процессам трещинообразования, за счет большей хрупкости по сравнению с мелкими и обособленными формами в массе заполнителя. Тромболитовые известняки с ветвистыми формами могут иметь сходные характеристики пустотного пространства с водорослевыми и

граноморфными известняками. Вместе с тем, отмечено, что процессы выщелачивания наиболее активно происходят на контактах плотных каркасных форм и пористого заполнителя, это, по-видимому, связано со степенью изрезанности поверхности стенок каркаса, и их близости друг к другу. Чем выше изрезанность поверхности стенки каркасных форм и чем ближе они расположены друг у другу, тем существеннее растворение заполнителя между ними, что приводит к локализации кавернообразования при выщелачивании и усложняет текстуру пустотного пространства.

Для коллекторов в разных литолого-фациальных зонах строение различное:

В мелководных обстановках задонских рифов:

- Накопление порово-каверновых столбчато-ветвистых тромболитов;
- Высокие значения пористости и проницаемости;
- Связность коллекторов по вертикали (массивные залежи).

В погруженных обстановках задонских рифов:

- Накопление каверновых сросшихся тромболитов;
- Низкие и средние значения пористости и проницаемости;
- Возможна связность коллекторов по вертикали (массивные и многопластовые залежи).

На зарифовом склоне:

- Накопление порово-каверновых водорослевых и граноморфных известняков;
- Средние значения пористости и проницаемости;
- Возможна связность коллекторов по вертикали (массивные и многопластовые залежи).

В обстановках зарифовых лагун:

- Накопление порово-микропористых водорослевых известняков;
- Преимущественно низкие значения пористости и проницаемости;
- Коллекторы расчленены покровками (многопластовые залежи).

В мелководных обстановках елецких рифов:

- Накопление порово-каверновых водорослевых, граноморфных и столбчато-ветвистых тромболитовых известняков;
- Преимущественно высокие значения пористости и проницаемости;
- Коллекторы связаны по вертикали (массивные залежи).

Организация пустотного пространства исследуемых карбонатных природных резервуаров Тимано-Печорской провинции имеет иерархическую структуру, состоящую из структурного, текстурного, литолого-фациального и цикло-стратиграфического уровней, которая главным образом обусловлена пятью типами органогенных форм, свойствами среды осадконакопления и колебаниями уровня моря.

ОСОБЕННОСТИ ФАЦИАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД БАШКИРСКОГО ЯРУСА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ТАТАРСТАНА

А.Н. Кольчугин¹, В.П. Морозов¹, М.Ф. Валидов¹, В.А. Судаков¹, К.Д. Шуматбаев²,
Р.М. Хабипов²

¹ *Казанский федеральный университет, Казань, Anton.Kolchugin@gmail.com*

² *ПАО «Татнефть», Альметьевск*

Высокая степень вертикальной и горизонтальной литолого-фациальной изменчивости регионально нефтеносных отложений башкирского яруса в Волго-Уральском регионе часто не позволяет надежно проводить их корреляцию и прогнозировать распространение потенциально перспективных типов отложений в качестве коллекторов по площади. Для решения задачи корреляции одновозрастных отложений авторами предложена методика прослеживания синхронных отложений на основе выделенных фаций, объединяющих в себе определенные литотипы, характеризующиеся общностью обстановок седиментации. На основе выделенных фаций была установлена определенная закономерность изменчивости отложений по площади. Выявлено, что по направлению с запада на восток наблюдается: 1) уменьшение доли нормально морских отложений и мощности разрезов башкирского яруса; 2) увеличение следов размыва отложений и субаэральных перерывов; 3) уменьшение доли литотипов потенциально являющихся породами-коллекторами. Также установлено, что в указанном направлении отмечается общее обмеление палеобассейна, где потенциально перспективные резервуарные фации мелководных высокоэнергетических обстановок и мелководных шельфовых равнин сменялись фациями изолированных лагун и фациями субаэральных экспозиций. Предложенный подход показал свою жизнеспособность в прогнозировании развития комплекса наиболее перспективных типов отложений на изученной территории и напротив отсутствие перспектив будущих геолого-поисковых работ на отдельных направлениях.

Объектом исследования был керновый материал карбонатных отложений башкирского яруса юго-востока Республики Татарстан, являющихся одним из объектов нефтедобычи. Главной целью работы являлось выявление закономерностей фациальной изменчивости карбонатных отложений в пределах изучаемой площади. Основными задачами были: выявление литологического состава карбонатных пород и закономерностей смены литотипов по разрезу, определение петрофизических характеристик пород, определение связи между выделенными типами отложений и их резервуарными свойствами, с целью повышения эффективности планирования и контроля за разработкой месторождений, а также выявление наиболее перспективных участков будущих поисково-разведочных работ в регионе.

В ходе исследований было выявлено, что по направлению с юго-запада (Восточный борт Мелекесской впадины) на северо-восток (Западный склон Южно-Татарского свода) наблюдается определенная закономерность изменения литологического состава карбонатных пород и типов фаций, в которые они были объединены. В этом же направлении наблюдается уменьшение мощности отложений яруса, уменьшение доли пород-коллекторов и как следствие общего нефтенасыщения разрезов, вплоть до полного отсутствия признаков нефтеносности. Помимо перечисленного отмечено, что в том же направлении увеличивается

доля брекчированных известняков, увеличивается количество субаэральных перерывов и в целом признаков воздействия континентальных условий на отложения башкирского яруса. При этом особенности субаэрального диагенеза карбонатных осадков заключаются в интенсивной перекристаллизации карбонатного цемента за счет деятельности метеорных вод. Это проявлено в заполнении агрегатами диагенетического кальцита пор и микротрещин пород, что переводит их в плотные крепкие породы уже на самых ранних этапах литификации.

Методика выделения фаций для отложений яруса была описана в ряде работ [1, 2]. Установлено, что по направлению от восточного борта Мелекесской впадины к Южно-Татарскому своду отмечается обмеление башкирского палеобассейна, где отложения мелководного шельфа, а также высокоэнергетические мелководные прибрежно-морские фации сменялись фациями изолированных и полуизолированных лагун, а также фациями субаэральных обстановок. Частая смена фаций башкирских отложений объясняется интенсивными гляциоэвстатическими колебаниями бассейна, в целом характерных для всего среднекаменноугольного времени.

Изменение резервуарных свойств пород и в целом нефтенасыщенности в указанном направлении объясняется преобладанием пакстоунов и грейнстоунов с признаками вторичного выщелачивания в западной части и преобладанием мадстоунов, вакстоунов, а также пород подверженных субаэральному диагенезу в восточной части изучаемой площади. Так, в восточном направлении наблюдается постепенная смена потенциальных пород-коллекторов с преобладанием межзерновой пористости плотными типами карбонатных пород с низкими фильтрационно-емкостными характеристиками.

Таким образом, продуктивность разрезов башкирского яруса определяется двумя основными факторами: 1) литолого-фациальными особенностями строения разрезов, с преобладанием определенных литологических типов карбонатных пород; 2) особенностями диагенеза карбонатных осадков, когда в условиях субаэрального диагенеза потенциально перспективные типы карбонатных пород-коллекторов утрачивают первично высокие фильтрационно-емкостные свойства.

Литература

1. Kolchugin A., Della Porta G., Morozov V. Lower Pennsylvanian reservoir facies from the foreland basin carbonate ramp of the Volga-Ural region, east of Russian platform, Russian Federation // Abstract book of 33 International Meeting of Sedimentology. Toulouse, 10-12 October 2017. – Toulouse, 2017. P. 467.
2. Кольчугин А.Н., Делла Порта Дж., Морозов В.П., Королев Э.А., Темная Н.В., Гареев Б.И. Особенности фациальной изменчивости нефтеносных карбонатных коллекторов среднего карбона (на примере башкирского яруса юго-востока Татарстана) / Госресурсы. – 2020. – Т. 22 (2). – С. 29-36.

МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В УГЛИСТЫХ ПОРОДАХ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРНОГО ТИМАНА

О.С. Котик¹, Н.С. Инкина¹

¹ *Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, procko@geo.komisc.ru,
nsinkina@geo.komisc.ru*

В данной работе на основе ряда аналитических исследований авторами впервые установлен минеральный состав древнейших верхнедевонских углей и углеродистых сланцев Северного Тимана. Основными минеральными компонентами являются каолинит, и хлорит-сметит (с преобладанием хлоритовой компоненты), а также кварц.

Девонская угленосная формация является наиболее древней и встречается в различных регионах мира [1, 2, 3]. Большая часть работ по девонским углистым породам посвящена характеристике органического вещества, а минеральное вещество освящено в меньшей степени. Изучение минеральной компоненты позволит в дальнейшем уточнить некоторые аспекты условий образования углистых пород

Проведено изучение минерального состава франских углисто-глинистых пород севера Тиманской гряды, расположенной на северо-востоке Восточно-Европейского платформы.

Исследованные породы сложены на 25-45% органическим веществом (ОВ), остальная часть приходится на минеральную компоненту. Минеральная составляющая пород была исследована различными методами: рентгендифракционным, силикатным (химический), оптико- и электронно-микроскопическим.

Среди неорганических компонентов преобладают глинистые минералы, распространены кварц и пирит, кроме того, определены минералы группы рутила, ильменит, гипс, полевые шпаты, барит, биотит, кианит, гранат, амфиболы и пироксены.

Глинистая фракция пород представлена преимущественно каолинитом и хлорит/сметитом (с преобладанием хлоритовой компоненты), реже встречаются слабоупорядоченные смектиты и иллит/сметиты (И/С). По составу каолинит относится к магнезиально-титанисто-железистым алюмосиликатам. Среди хлорит-сметитов выделяется две разновидности: обычные и титанистые (с повышенным содержанием TiO_2). Титанистость алюмосиликатов обусловлена отдельными микровключениями (размером <0.005 мм) минералов из группы рутила(?), которые чаще распределены хаотично или образуют скопления (рисунок 1d).

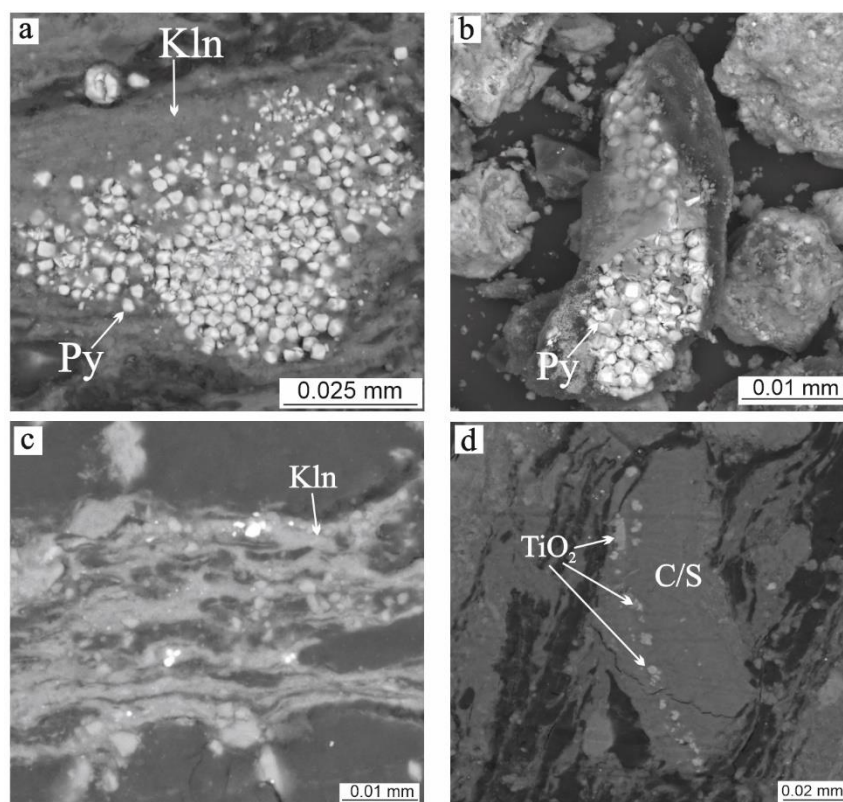


Рисунок 1 Минеральные включения в углисто-глинистых сланцах
Kln – каолинит; Py – пирит; C/S – хлорит/смектит.

Каолинит считается минералом-индикатором гумидной зоны и кислой среды диагенеза [4]. В изученных породах не встречено характерных аутигенных веерообразных и пластинчатых крупных агрегатов каолинитов. Однако форма распределения каолинита в виде тонких (иногда нитевидных) слоев и микропрослоек в основной массе, часто со спутанно-волокнуистым строением, а также в виде включений внутри органического вещества (рисунок 1c), указывает на его образование *in situ*.

Хлоритоподобные минералы (X/C), встречены в виде крупных (размером до 0.3 мм) изометричных и удлинённых зерен от бледно- и желтовато-зеленоватого до грязно-зеленого цвета. Реже наблюдаются их агрегаты с радиально-лучистым строением. Такие формы распространения вероятно указывают на аллотигенную природу (рисунок 1d).

Кварц встречен в виде монокристаллических обломков алевритовой размерности (обычно ≤ 0.02 мм, реже до 0.08 мм). Повсеместно в породах встречен пирит в виде многочисленных мелких зерен и более крупных фрамбоидов (рисунок 1 a, b).

Исходя из полученных данных и согласно классификации каустобиолитов [6], исследуемые породы аттестуются как углисто-глинистые сланцы и высокозольные угли. Главными минеральными компонентами изученных пород являются каолинит, слабоупорядоченные смешанослойные образования X/C (с преобладанием хлоритовой компоненты) и И/С, смектит, а также кварц.

Литература

1. *Mamzuev A. K.* Угольные бассейны и месторождения зарубежных стран. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 311 с.
2. *Goodarzi F., Goodbody Q.* Nature and depositional environment of Devonian coals from western Melville Island, Arctic Canada // *Int. J. Coal. Geol.*, 1990, 14. – pp. 175–196.
3. *Song D., Wang T., Zhong N., Chen Y., He D., Li D.* Discovery of cutinitic liptobiolith in northwestern China and a comparative study with Luquan Devonian coal // *Science China Earth Sciences*, 2021, 64(4). – pp. 642–650, <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9688-1>
4. *Волкова И. Б.* Органическая петрология. - Л.: Недра, 1990. – 299 с.
5. *Дриц В. А., Коссовская А. Г.* Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования. - М.: Наука, 1990. – 214 с.
6. Систематика и классификации осадочных горных пород и их аналогов / Ред. В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеева и др. - СПб.: Недра, 1998. – 352 с.

ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ЕРБОГАЧЕНСКОГО ГОРИЗОНТА СВОДОВОЙ ЧАСТИ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

В.А. Лошкарева¹, О.В. Постникова¹, И.А. Китаева¹

¹*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, loshkareva.v@gubkin.ru*

В работе изучены отложения ербогаченского горизонта комплексом литолого-петрофизических исследований, методами имидж-анализа, РСА и РЭМ. Выделены типы пород, их минеральный состав и структура, типы пустотного пространства и морфология пустот, их распределение, выявлены и описаны цианобактериальные палеоценозы, лежащие в основе пород ербогаченского горизонта, выявлены типы и влияние вторичных преобразований.

Одним из основного объектов для поисков углеводородов на юге Сибирской платформы является венд-нижнекембрийский галогенно-карбонатный комплекс. К карбонатным вендским отложениям Сибирской платформы приурочены многочисленные залежи углеводородов, открытые на территории Непско-Ботуобинской антеклизы. В связи с этим исследования состава и генезиса продуктивных отложений различных стратиграфических уровней венда представляют собой актуальную задачу, решение которой необходимо при прогнозировании пород-коллекторов.

На Сибирской платформе, в период трансформации вендских терригенных бассейнов в карбонатные, на наиболее приподнятой части Непско-Ботуобинской антеклизы установились весьма специфические условия осадконакопления. Эти условия характеризуются высокими значениями щелочности среды осадконакопления. Отложения, сформировавшиеся на данной территории в ранневендское время, представлены комплексом доломитовых, магнезитовых и сульфатно-карбонатных пород, которые представляют ербогаченский горизонт. Существенная роль в образовании этих пород принадлежит различным формам цианобактериальных палеоценозов.

Отложения ербогаченского горизонта характеризуются литологической неоднородностью, обусловленной резким изменением минерального состава пород и структурой их пустотного пространства. В целом, в разрезе ербогаченского горизонта выделяются следующие литотипы: доломиты строматолитовые; ангидрито-магнезиты строматолитовые; доломиты/магнезиты разнокристаллические с реликтовой цианобактериальной структурой; доломиты комковато-сгустковые, доломиты микротонкоккристаллические глинистые; доломиты интракластовые; ангидрито-доломиты [1,2]. Между выделенными литотипами существуют переходные разности. Породы различных цветов и оттенков: от светло-серых до темно-коричневых. Текстуры пород биогермные, массивные, слоистые, пятнистые, однородные.

Характерной чертой пород-коллекторов ербогаченского горизонта является их биоморфная природа формирования, где основными породообразующими палеоценозами являются различные виды цианобактерий, представляющие собой древнейшие формы прокариот. Цианобактериальная компонента в породах формирует их структурные и текстурные особенности.

Основные цианобактериальные палеоценозы, представленные в разрезе ербогаченского горизонта – строматолитовые постройки и постройки кальцибионтов. Также выделяются комки и сгустки бактериального генезиса.

Формирование пород ербогаченского горизонта происходило в условиях резкой аридизации климата в мелководном бассейне с достаточно активным привносом обломочного материала, о чем свидетельствуют наличие прослоев, обогащенных зернами кварца песчаной и алевроитовой размерности. Чередование в разрезе комковато-сгустковых пород с биогермными строматолитовыми свидетельствует о дифференциации условий осадконакопления и их смене от достаточно гидродинамически активных к относительно спокойным.

Характерной особенностью строматолитовых органогенных построек ербогаченского горизонта является доломитово-магнезитовый состав, а также обилие сульфатов, при этом известняки практически полностью отсутствуют.

Созданию таких условий способствовала резкая аридизация климата, мелководность бассейна осадконакопления и деятельность цианобактериальных сообществ, которые усваивали CO_2 , что вело к разрушению угольной кислоты (H_2CO_3) и повышению pH [3].

Различные типы пустотного пространства в отложениях ербогаченского горизонта также связаны с типом цианобактериального палеоценоза, слагавшего каркас породы.

Пористость пород-коллекторов ербогаченского горизонта не превышает 12-15% и приурочена к доломитам разнокристаллическим, реликтовым цианобактериальным и строматолитовым.

В породах ербогаченского горизонта выделяют такие типы пустотного пространства, как пустоты выщелачивания, остаточные пустоты и межкристаллические пустоты (в меньшей степени). Межкристаллические пустоты формировались как в процессе вторичной доломитизации, так и при частичном заполнении первичных пустот кристаллами доломита. Поры данного типа имеют изометричные, угловатые очертания. Размер пор меняется от 50 мкм до 0,50 мм. Расположение пор в породе обусловлено, главным образом, неравномерной доломитизацией исходной породы. Пустоты выщелачивания формировались по первичным внутрикаркасным пустотам и имеют размеры от 50 мкм до 5,00 мм. Их распределение

обусловлено первичной структурой породы. В пустотах данного типа отмечается наличие новообразованных кристаллов доломита.

Первичное пустотное пространство пород-коллекторов ербогаченского горизонта в значительной степени было изменено вторичными процессами. Направленность вторичных изменений также зависит от типа породообразующего палеоценоза. Слоистая структура цианобактериальных матов строматолитовых палеоценозов обуславливает послойное распределение аутигенных минералов: ангидрита, доломита, кварца и халцедона.

Процессы выщелачивания характерны как для строматолитовых пород, где пустоты повторяют слоистую структуру, так и для кальцибионтовых, где пустоты имеют хаотичное распределение, что полностью отражает строение первичного каркаса цианобактериального палеоценоза.

Процессы доломитизации значительно изменяют объем первичного пустотного пространства. При замещении кристаллов кальцита доломитом из-за разности молекулярных масс образуются межкристаллические пустоты размером 0,05 – 0,25 мм. В то же время наблюдаются процессы минерализации первичных внутрикаркасных пустот или пустот выщелачивания вторичными кристаллами доломита, размером 0,10 – 0,25 мм, что приводит к сокращению пустотного пространства

Сульфатизация проявляется в виде раннедиагенетического выделения тонко-микрористаллических ангидритов, формировавшихся в условиях повышенной солености, и катагенетических сульфатов (ангидрит, гипс), ассоциирующих со вторичными доломитами и выполняющих первичные пустоты, развитые по кальцибионтовым постройкам, и приводит к сокращению пустотного пространства.

Литература

1. Кузнецов В.Г. Природные резервуары нефти и газа карбонатных отложений// М.: Недра, 1992. 240 с.
2. Кузнецов В.Г, Илюхин Л.Н., Бакина В.В., Постникова О.В. и др. // Карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность//М.: Научный Мир, 2000. 104 с.
3. Скобелева Н.М. Литология и коллекторские свойства рифейских и вендкембрийских отложений юга Сибирской платформы. Диссертация. – М: Российский государственный университет нефти и газа им. ИМ Губкина, 2005. 137 с.

ВЛИЯНИЕ ЭВСТАЗИИ И УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЕМКОСТНОГО ПРОСТРАНСТВА В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОСТОЧНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ю.В. Ляпунов¹, Д.О. Алмазов¹, Л.А. Савинова²

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, almazov.d@gubkin.ru

² ФБГУ «РЭА» Минэнерго России, Москва

В работе приведены краткие результаты установления закономерностей пространственного распределения пород-коллекторов карбонатных природных резервуаров осадочных комплексов восточной и юго-восточной частей Прикаспийской впадины на основе анализа литофаций и гипергенных процессов, обусловленных эвстатическими колебаниями уровня моря.

В рамках исследования проанализированы условия осадконакопления, выделены и охарактеризованы литофациальные зоны. Представлена структурно-генетическая типизация и дифференцированная оценка параметров емкостного пространства в породах различных литофациальных зон.

Определение роли процессов осадконакопления и вторичных преобразований в формировании пустотного пространства, а также проведенный анализ влияния эвстатических колебаний уровня моря на формирование фильтрационно-емкостного пространства природных резервуаров позволили выполнить прогноз распространения и свойств природных резервуаров.

Наибольшая доля запасов углеводородов в осадочном комплексе Прикаспийской нефтегазоносной провинции связана с подсолевыми карбонатными комплексами верхнего палеозоя. Выявление залежей нефти и газа в природных резервуарах на данной территории, в свою очередь, характеризуется высокой неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов различного типа, обусловленных неоднородностью распределения литофаций.

С учетом того, что в девонский и каменноугольный периоды исследуемая территория располагалась в пределах Каспийского мегабассейна окраинно-морского типа, можно с высокой долей вероятности утверждать, что на условия осадконакопления и формирование первичного и вторичного пустотного пространства значительное влияние оказывали эвстатические колебания уровня Мирового океана.

Для наилучшего отражения обстановок осадконакопления наиболее характерные типы пород были классифицированы по Р. Данхэму с уточнением основного вида форменных элементов. Также для восстановления условий седиментации использованы концепции карбонатонакопления, описанные Дж. Уилсоном, К. Хэндфордом, Р. Лоуксом, М. Лонгманом.

На основании литофациального анализа изученных отложений выявлены пять зон с характерными условиями карбонатного осадконакопления (рисунок 1):

- зона относительно глубоководного бассейна;
- зона передового склона;
- зона передовой и ядерной частей рифа;
- зона тыловой части рифа;
- зона лагуны.

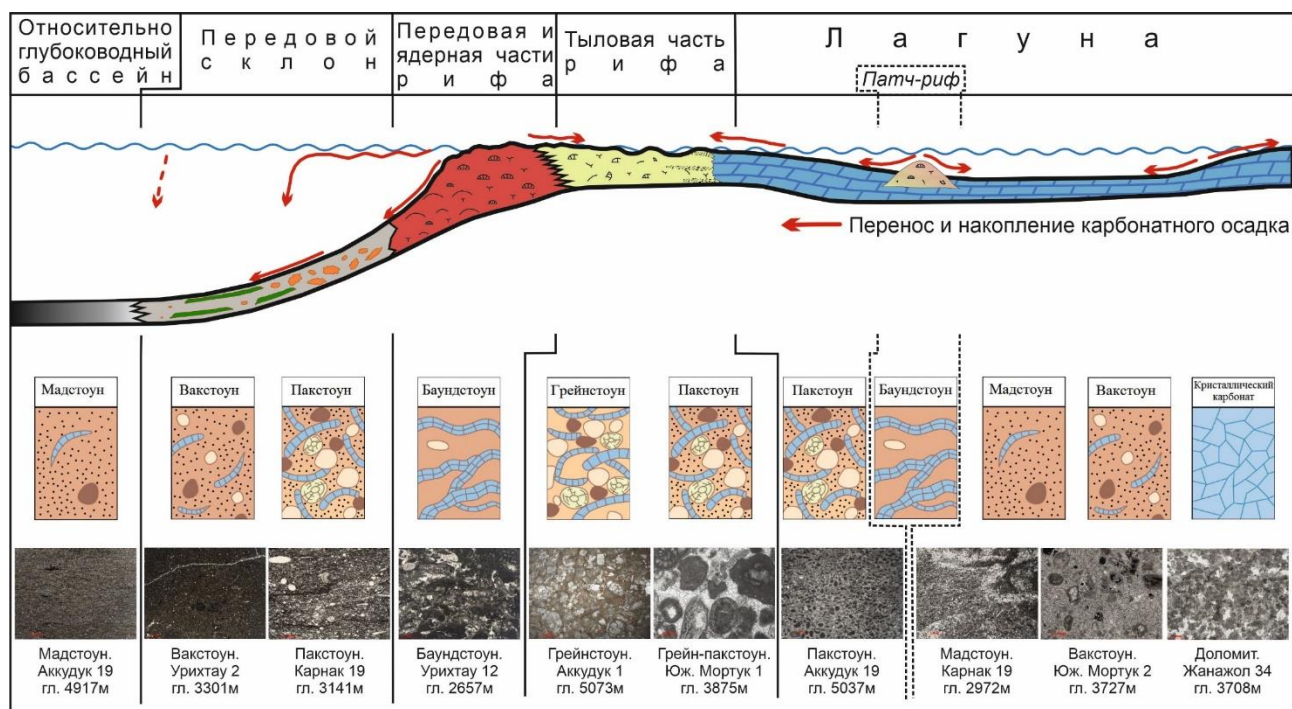


Рисунок 1 Принципиальная литофациальная схема (на основании [5, 6, 7])

Оценка пустотной составляющей проводилась на основании литологического изучения пород в шлифах, а также привлекались имеющиеся данные петрофизических исследований на образцах керна. Помимо учета общего объема емкостного пространства в шлифах также учитывался генезис пустот. Для наилучших пород-коллекторов, которые соотносятся с литофациальными зонами передовой и ядерной частей рифа и тыловой части рифа, характерно различное соотношение первичной и вторичной емкостной компоненты. Если, соответственно, для первой зоны наблюдается относительное преобладание вторичной пористости (около 60-62% от общей), то для второй зоны тыловой части прослеживается её значительное доминирование (76-77%).

Высокие значения пористости напрямую связаны с ростом вторичной пустотности, которая образовывалась по большей части за счет выщелачивания. Этот процесс происходил по причине растворения форменных элементов породы, что являлось следствием гипергенного воздействия.

Дальнейшее сопоставление изменений коэффициента пористости отложений, наличие следов вторичных преобразований, связанных с гипергенезом, поверхностей размыва с

эвстатическими колебаниями уровня моря продемонстрировало высокую связность этих характеристик.

Эвстатические вариации обусловили проявление интенсивных вторичных преобразований пород-коллекторов, где процессы активного выщелачивания и кавернообразование способствовали значительному росту фильтрационно-емкостной составляющей.

Проведенные исследования демонстрируют, что эвстатические колебания наряду с литогенетическими факторами обусловили формирование пород-коллекторов и предопределили закономерности их распространения в объеме природных резервуаров верхнепалеозойских нефтегазоносных комплексов восточной и юго-восточной частей Прикаспийской впадины.

Литература

1. *Абилхасимов Х. Б.* Особенности формирования природных резервуаров палеозойских отложений Прикаспийской впадины и оценка перспектив их нефтегазоносности. – 2016;
2. *Антипов М.П., Быкадоров В.А., Волож Ю.А., Куандыков Б.М., Сборнов К.О.* Особенности строения Приуральской краевой системы Восточно-Европейского континента в связи с нефтегазоносностью // Нефтегазоносные бассейны Казахстана и перспективы их освоения. Алматы, 2015. С. 264-280;
3. *Исказиев К.О., Хафизов С.Ф., Ляпунов Ю.В., Алмазов Д.О., Савинова Л.А., Антипов М.П.* Позднепалеозойские органогенные постройки Казахстанского сегмента Прикаспийской впадины. - Москва: URSS, 2019. - стр. 250;
4. *Уилсон Дж. Л.* Карбонатные фации в геологической истории. Пер. с англ. М., Недра, 1980, 463 с.;
5. *Dunham R. J.* Classification of carbonate rocks according to depositional textures. – 1962;
6. *Handford C. R., Loucks R. G.* Carbonate Depositional Sequences and Systems Tracts--Responses of Carbonate Platforms to Relative Sea-Level Changes: Chapter 1. – 1993;
7. *Longman M. W.* Carbonate diagenetic texture from nearshore diagenetic environment, American Association of petroleum Geol. – 1980;
8. *Lyapunov Y., Canter K. Lyn.* Precaspian Rock Atlas. – 1993.

ВАРИАЦИИ МОРФОЛОГИИ ПОСТРОЕК ФОСФАТНЫХ СТРОМАТОЛИТОВ ДОЛИНЫ Р. СУХОЙ ПЕСЧАНКИ И СРЕДА ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

С.Ю. Маленкина¹

¹ Музей Землеведения МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, maleo@mail.ru

Именно в долине р. Сухой Песчанки, в 50 км к западу от г. Соль-Илецка впервые в России (СССР) в 1989 г. В.Н. Силантьевым были описаны юрские строматолиты, в зоне сочленения Волго-Уральской антеклизы и Прикаспийской синеклизы [5]. Их уникальность состоит в том, что минеральной основой служат не карбонаты, как у большинства известных строматолитов, а фосфаты кальция, то есть они являются фосфатными песчаниками. Строматолиты описаны им довольно схематично в маленькой заметке. Поэтому возникла необходимость их тщательного изучения, итоги которого изложены в данной работе.

Разрез первый раз был изучен Д.Н. Соколовым еще в 1906 и уточнен в 1915 г. [6], позже, более детально, А.Л. Яншиным в 1932 [7], Д.И. Иловайским 1928-1931 гг. [1] и Н.П. Михайловым в 1964 г. [3]. Несмотря на то, что все эти исследователи в качестве характерной особенности разреза отмечали наличие в нем слоя «веретеновидных вертикально ориентированных фосфоритовых конкреций», природу их они не поняли. Лишь гораздо позже В.Н. Силантьевым данные образования были определены как столбчатые строматолиты, а ниже по разрезу выявлены пластовые строматолиты. Оба слоя залегают на песках келловей в составе оксфорд-кимериджской фосфоритоносной пачки (2 м). Если столбчатые строматолиты описаны им сравнительно подробно, то пластовые вообще никак не охарактеризованы [5]. Летом 2008 г. мы исследовали их на правом склоне долины р. Сухой Песчанки, в ее среднем течении [2], где снизу вверх наблюдался следующий разрез:

1. Пески зеленовато-серые, мелкозернистые, неслоистые, биотурбированные, кварц-глауконитовые и глауконитовые, несколько глинистые неравномерно насыщенные округлыми желваками (1-10 см) песчанистых фосфоритов. Мощность слоя 0,3-0,45 м.

2. Нижний пластовый строматолитовый слой. Мощность 0,15-0,2 м. Оксфорд.

3. Пески ожелезненные мелкозернистые биотурбированные кварц-глауконитовые с округлыми фосфоритовыми желваками (до 12 см), нередко слоистыми, возможно представляющие собой переотложенные фрагменты 2 слоя. Мощность 0,3-0,5 м. Кимеридж.

4. Верхний строматолитовый слой в аналогичных песках. Мощность 0,25-0,35 м. Венчается серыми пористыми комковатыми тромболитовыми наверхиями («шапочками»).

5. Пески биотурбированные, глауконит-кварцевые, насыщенные серого цвета округлыми фосфоритовыми желваками (3-10 см), неправильной формы, комковатого строения (тромболиты), пористыми, источенными сверлильщиками. Мощность 0,6-1 м.

Слои переполнены различной макрофауной с карбонатным скелетом и фосфатными ядрами. Строматолитовые постройки из нижнего слоя (оксфорд) по классификации М.Е. Раабен [4] относятся к пластовым. Они субгоризонтально слоистые, реже слабо

волнистые, с выпуклыми вверх наслоениями, иногда развиваются некрупные тела пространственно разделённых полусфероидов, соединяющихся общими наслоениями. Нередки раздувы, утонения или выклинивания отдельных слойков, четко различающихся по цвету.

Строматолитовые постройки из верхнего слоя (верхний кимеридж по определению Н.П. Михайлова [3]) можно отнести к морфологическому типу столбчатых неветвящихся строматолитов [4]. Это субцилиндрические вертикальные столбики диаметром 5-20 см, высотой 20-35 см, с шероховатой, реже ровной гладкой поверхностью, отделяющиеся от вмещающего песка, включающего их фрагменты (1-6 см). В основании строматолитов часты остатки макрофауны. Нередко они срastaются этими основаниями, а в верхней части расположены на расстоянии 1-10 см один от другого. Сечения столбиков с четкой слоистостью (0,1-1 см), подчеркнутой чередованием темных и светлых слойков. Столбики насыщены макрофауной (белемниты, раковины двустворок и аммонитов с фосфатными ядрами) и венчаются пористой светло-серой «шапочкой» (тромболит) грибовидной формы (3-10 см), со сверлениями, комковато-слоистой текстурой и вертикальными бороздками.

Оба слоя прослеживаются на десятки метров и на 40-50% сложены скрытокристаллическим фосфатным веществом (карбонат-фторапатит), в различной степени ожелезненным и загрязненным тонкодисперсными включениями органического вещества и терригенным материалом, присутствуют нефосфатные минералы, среди которых преобладает глауконит (до 50%), размерами 0,05-0,2 мм. Терригенная примесь алевритовой и мелкозернистой (редко более крупной) размерности, представлена в основном неокатанным кварцем (5—40%), реже полевыми шпатами, обломочками кремней, кварцитов и кварц-слюдяных сланцев. Среди биокластов преобладают спикеры губок, присутствуют скелетные элементы иглокожих. Также отмечаются известковые водоросли, копролиты, редко радиолярии и фораминиферы. Отмечается микроритмичность: нижний ритм представлен светлым слойком, верхний – темным. В светлых строматолитовых слойках фосфатное вещество характеризуется светло-серым (в шлифах - светло-коричневым) цветом, заметно большим количеством пор, спикер губок и примесью зерен полупрозрачного кварца; в темных слойках оно темно-серого, коричневатого цвета (органика), более плотное и с меньшей примесью. Тромболиты также сложены карбонат-фторапатитом.

Анализ морфологического разнообразия изученных построек строматолитов, а также фациальных особенностей отложений дал возможность смоделировать условия их образования. В среднеюрское время с юго-востока через Прикаспийскую синеклизу со стороны океана Тетис начала развиваться широкая трансгрессия и данная территория оказалась на перегибе склона, вероятно, в оксфорд-кимериджское время здесь существовали

локальные выступы рельефа, на которых и формировались строматолиты. Во время образования нижнего слоя, строматолитовые постройки формировались в достаточно тиховодных условиях сублиторали, на ровном стабильном субстрате, что обусловило их пластовую форму. Столбчатые строматолиты верхнего слоя, очень похожие по форме на строматолиты залива Шарк-Бей (Австралия), вероятно, также возникли на границе литоральной и сублиторальной зон [8] в условиях периодически активной гидродинамики (наличие фрагментов), с существенными поставками терригенного осадочного материала, возможно эолового происхождения, поступавшего в бассейн и отлагавшегося одновременно с нарастанием строматолитов. Обильный обломочный материал и неровное основание обуславливал разобщение строматолитовых построек, столбообразную форму, что давало возможность ссыпаться кластическому материалу с постройки в промежутки между ними. Режим постепенного медленного погружения и постоянное поступление осадочного вещества благоприятствовало росту биогермов до определенного момента, затем оно прекратилось, вероятно, из-за резкого обмеления. При этом нормальные слойки перестали откладываться, микроструктуры стали комковатыми, пористыми с вертикальными бороздками, как в Шарк-Бее [8], а выше слоя – многочисленные тромболитовые желваки.

Остается проблема фосфатизации строматолитов. Вероятнее всего, слойки обоих слоев сразу после отложения фосфатизировались путем бактериально опосредованного осаждения аморфного фосфата кальция, поскольку морская вода резко недосыщена фосфатами. Процесс минерализации происходил синседиментационно или во время самой ранней стадии диагенеза сразу после деградации и переработки органического вещества отмирающего микробиального мата, захваченных распадающихся макрофаунистических остатков нарастающим сверху матом. Это увеличивало концентрацию фосфатов и других ионов в иловых водах, что приводило к пересыщению и осаждению аморфного вещества, в дальнейшем подвергавшегося раскристаллизации апатита и более крупных кристаллов франколита. Вероятно, этому благоприятствовали жаркий аридный климат и периодические береговые апвеллинги.

Литература

1. Иловайский Д.И., Флоренский К.П. Верхнеюрские аммониты бассейнов рек Урала и Илека // *Материалы к познанию геологического строения СССР*. М. 1941. Вып.1. С. 7-195.
2. Малёнкина С.Ю. Юрские строматолиты Восточно-Европейской платформы // *Палеонтология и совершенствование стратиграфической основы геологического картографирования*. СПб. 2009. С.85-87.
3. Михайлов Н. П., Густомесов В. А. Бореальные позднеюрские головоногие. М.: Наука, 1964. С. 5-88.
4. Раабен М.Е. Строматолиты // *Бактериальная палеонтология*. М.: ПИН РАН, 2002. С. 52-58.
5. Силантьев В.Н. Фосфатные столбчатые строматолиты из верхней юры Оренбургского Приуралья // *Доклады АН СССР*. М. 1989, Т. 308. № 5. С. 1197-1199.
6. Соколов Д.Н. Геологическое исследование залежей фосфоритов в южной части Оренбургского и смежных Урал. и Актюб. уездов // *Труды комиссии Моск. с.-х. ин-та по исследованию фосфоритов*. М. 1918. Т.8. С.41-65.
7. Янишин А. Л. Рекогносцировочное обследование фосфоритовых залежей бассейна р. Сухой Песчанки, к западу от Илецкой защиты // *Агрономические руды СССР. Труды НИУ*. 1932. вып. 100. Т. 1. ч. 2. С. 3-14.
8. Reid R. P., James N., Macintyre I., Dupraz C., Burne R. Shark Bay stromatolites: Microfabrics and reinterpretation of origins // *Facies*, 2003. V. 49. № 1. pp. 299-324.

ПРЕДПОСЫЛКИ ПОИСКА ПОРОД С ПОВЫШЕННЫМИ КОЛЛЕКТОРСКИМИ СВОЙСТВАМИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ДОМАНИКОВОГО ТИПА

В.П. Морозов¹, А.С. Хаюзкин¹, Э.А. Королев¹, А.А. Ескин¹, А.Н. Кольчугин¹,
Е.В. Морозова¹, Н.С. Захарова¹, А.И. Баширов¹

¹ КФУ, Казань, *Vladimir.Morozov@kpfu.ru*

В работе проведен анализ стратиграфической распространенности отложений доманикового типа в Камско-Кинельской системе прогибов и за ее пределами. Показано, что такие отложения в прогибах могут достигать мощности в 300 м и охватывать стратиграфический диапазон от семилукского горизонта франского яруса до турнейского яруса. Тогда как вне прогибов стратиграфический интервал их распространенности сужается до семилукского горизонта, что обусловлено высокой расчлененностью дна бассейна осадконакопления в позднефранско-турнейском веках вследствие развития на востоке Русской плиты Камско-Кинельской системы прогибов.

Полученные результаты показывают, что среди отложений доманикового типа наиболее распространены карбонатные и карбонатно-кремнистые, обогащенные органическим веществом, породы. Среди них постоянно встречаются карбонатные брекчии и меньше вторичные доломиты. В двух последних типах пород обнаруживаются повышенные значения пористости, проницаемости и более легкий состав вмещаемых углеводородов. На основании собственных исследований и проведенного литературного обзора доказывается, что максимальное развитие карбонатных брекчий и вторичных доломитов следует ожидать в бортах (на склонах) Камско-Кинельской системы прогибов. Предполагается, что их следует рассматривать в качестве наиболее перспективных объектов для поиска промышленно значимой нефтеносности в отложениях доманикового типа.

Отложения доманикового типа образованы преимущественно переслаивающимися карбонатными и глинисто-карбонатно-кремнистыми породами, обогащенными органическим веществом. Они широко распространены на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и рассматриваются в качестве нефтематеринских пород, частично реализовавших свой нефтегенерационный потенциал. В то же время, по мнению ряда исследователей, потенциал таких отложений в качестве источника углеводородов еще не исчерпан.

В некоторых зарубежных странах, например, США, Китае, Бразилии, Конго ведется их промышленная разработка. Основными факторами их промышленного освоения служат: высокое содержание органического вещества, наличие миграционно способных углеводородов, а также наличие слоев пород, обладающих повышенными коллекторскими свойствами.

Целью работы является выявление мест развития среди отложений доманикового типа пород, отличающихся повышенными коллекторскими свойствами, а вмещаемые нефти которых являются эпигенетическими и отличаются от сингенетических битумоидов более низкой вязкостью и, соответственно, более легким составом вмещаемых углеводородов. Достижение сформулированной цели решалось путем обобщения публикаций по геологическому положению нефтегазоматеринских толщ, развитых на территории Волго-Уральского региона, а также собственных исследований по выявлению среди изученных

отложений различных литотипов, отличающихся друг от друга по коллекторским свойствам и степени подвижности вмещаемого органического вещества, а также положения таких отложений в различных тектонических структурах и типизация их разрезов.

Проведено макроскопическое описание кернового материала с выявлением основных литотипов, слагающих разрезы. В лабораторных исследованиях образцов использованы оптико-микроскопический анализ шлифов, рентгенографический анализ, электронная микроскопия, пиролитические исследования, синхронный термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, SARA-анализ, методы определения пористости, проницаемости и нефте(битумо)насыщенности.

Согласно собственным исследованиям и литературным данным, выявлено, что изученные разрезы отложений доманикового типа сложены тремя основными типами пород. Они выделены на основе изучения минерального состава пород, их структуры, текстуры и содержания органического вещества. При этом в каждом из трех основных литотипов могут обнаруживаться их разновидности, отличающиеся друг от друга структурными характеристиками, количественным минеральным составом, качеством и количеством органического вещества.

Благодаря применению современных методов исследования кернового материала, определено, что в разрезах преобладают два основных литотипа: карбонатные и карбонатно-кремнистые образования, обогащенные органическим веществом. И те и другие сложены скрытозернистым материалом. Их мощности различны: от первых миллиметров до первых десятков сантиметров. Третий литотип, также отнесенный к числу основных – карбонатные брекчии – пользуется меньшим распространением, хотя обнаруживается во всех изученных скважинах вне зависимости от их тектонического положения.

Таким образом, среди изученных отложений доманикового типа семилукского горизонта, пользующихся площадным распространением, обнаружены три основных литотипа:

1) Карбонатные породы, представленные известняками – мадстоуны, реже пакстоуны. Породы плотные, не пористые. По разрезу распространены весьма широко. Их вторичные изменения – доломитизация – приводит к появления либо плотных доломитов, развитых над отложениями доманикового типа, либо редко встречающихся пористых доломитов, развитых среди отложений доманикового типа и обладающих более подвижной нефтью.

2) Карбонатно-кремнистые породы, обогащенные органическим веществом. Относятся к нетрадиционным породам-коллекторам, обладающим высоким генерационным потенциалом. Считается, что такие отложения могут быть перспективными при разработке технологий извлечения из них углеводородов. Разновидностью пород служат не часто

встречающиеся аналогичные по минеральному составу породы, в которых обнаруживаются остатки радиолярий.

3) Карбонатные брекчии по распространенности уступают двум первым литотипам. Однако они постоянно обнаруживались во всех изученных разрезах, образуя отложения мощностью в первые десятки сантиметров, реже более одного метра. Эти породы также, как и вторичные доломиты, подверглись миграции флюидов, в силу чего состав углеводородов в них более легкий, выше и коллекторские свойства материала, цементирующего карбонатные обломки.

Изложенное выше свидетельствует, что среди изученных отложений карбонатные брекчии и вторичные доломиты, заключенные в толще отложений доманикового типа, характеризуются повышенными коллекторскими свойствами и более легким составом углеводородов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-299 в рамках программы развития НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», а также поддержке ПАО Татнефть.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ЯМАЛО-
ТАЗОВСКАЯ МЕГАСИНЕКЛИЗА) ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «М»

А.А. Назарова¹

¹ ТПУ, Томск, aan54@tpu.ru

Для оценки нефтегазоносности меловых сложно построенных терригенных отложений севера Западной Сибири были использованы комплексные литолого-петрографические и геохимические методы.

Месторождение «М» располагается в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) на Тазовском полуострове и частично в Тазовской губе на шельфе Карского моря. В тектоническом отношении лицензионный участок приурочен к Ямало-Тазовской мегасинеклизе и находится в зоне сочленения структур I порядка: Северо-Ямбургского мегапрогиба и Адерпаютинского мегавала.

Меловые отложения неоднородны по гранулометрическому и минеральному составу; представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, которые характеризуются разнообразными текстурно-структурными признаками. Изучаемые отложения приурочены к трем свитам: покурская (K1-2pk), тангаловская (K1tg) и сортымская (K1sr).

На основании результатов исследования текстурно-структурных и петрографических признаков пород было выделено 3 литотипа, чётко приуроченных к определённым свитам. Литотип 1 – K1-2pk – сложен мелкозернистыми песчаниками, крупно- и мелкозернистыми алевролитами и аргиллитами с преимущественно полого-слоистыми, реже косо- и линзовиднослоистыми микротекстурами. Литотип 2 – (K1tg) – представлен теми же литологическими разностями, что и литотип 1, но с нарушенными текстурами. Литотип 3 – K1sr – сложен аргиллитами преимущественно с полого-слоистыми текстурами [3].

По классификационной диаграмме В.Д. Шутова в отложениях покурской свиты преобладают аркозовые песчаники, в отложениях тангаловской свиты – аркозовые и граувакковые песчаники. Анализ лито-генетических диаграмм свидетельствует о морских и переходных условиях осадконакопления: по Г.Ф. Рожкову – выходы на мелководье, прибрежно-морские фации (области V, VII); по Р. Пассеги – приподнятая часть шельфа, пляжи мелководья и под действием мутьевых потоков (области 2, 4, 10).

По результатам петрографического исследования шлифов были выявлены перспективные порово-трещинные коллекторы УВ в пределах пластов БУ1-2 (средняя подсвета K1tg) и БУ9(3) (нижняя подсвета K1st). В породах данных пластов отмечаются интенсивные эпигенетические преобразования, которые выражены в интенсивном катаклазе и коррозии, разложении полевых шпатов на кварц-каолиновый агрегат, образовании вторичных пор выщелачивания, вторичной карбонатизации, слабой пелитизации. Наблюдается рост катагенеза от пласта ПК1 к ачимовским пластам.

Образования аутигенных минералов в горных породах при вторичных геохимических процессах в большинстве своем обусловлены наложенным эпигенезом, проходящим в результате субвертикальной миграции флюидов по проницаемым зонам литосферы, вследствие действия градиента литостатического давления [1]. Поровые воды на стадии катагенеза имеют щелочной характер, и минеральные компоненты породы находятся в геохимическом равновесии с ними. Приход в коллектор миграционных кислых вод, сопровождающих нефть, приводит к нарушению этого равновесия в сторону увеличения кислотности среды, в результате чего начинается изменение минеральной матрицы породы и её растворение. В условиях затрудненного водообмена по мере увеличения концентрации в растворах катионов щелочноземельных элементов в результате каолинитизации и пелитизации полевых шпатов кислотные свойства растворов ощелачиваются и растворение сменяется вторичным минералообразованием. В нейтральных и слабощелочных условиях (рН=7,0–7,5) реализуется серицитизация плагиоклазов, начинается сидеритизация биотита. Растворяющийся биотит, взаимодействуя с водой, приводит к локальному повышению щёлочности порового раствора и интенсивной вторичной карбонатизации [5].

При изучении образцов пластов БУ1-2 и БУ9(3) в УФ-свете было зафиксировано большое количество битумоидов лёгкого и маслянистого состава (желтоватое свечение), пропитывающих цементирующую массу. Перекрывающие и подстилающие эти горизонты глинистые породы, на первый взгляд, являются нефтегенерирующими за счет наличия большого количества ОВ, равномерно распределённого в основной массе.

Анализ результатов пиролитических исследований (метод Rock-Eval) позволил выделить 4 интервала, обладающих явными признаками насыщения углеводородами: 2629,4-2652,65 м (пласт БУ1-2); 3120,05-3162,73 м (пласт БУ9(3)); 3478,9-3486,85 м (пласт Ач1БУ11); 3619-3701 м (пласт Ач1БУ14-Ач2БУ16). Однако меловые отложения из пластов БУ и сортымской свиты не обладают нефтематеринскими свойствами даже с учетом высокой термической зрелости. Такими свойствами обладают только единичные прослои черных аргиллитов с прослоями угля и аргиллитов с повышенным содержанием гумусовой органики (образцы пласта БУ1-2 - № 1325, 1326 и 1328, БУ9(3) - № 1348). [4]

По результатам РФА, РСА по Я.Э. Юдовичу и М.П. Кетрис [2] были рассчитаны литохимические модули, которые позволили установить, что породы пластов потенциальных коллекторов относятся к нормоглиноземистым, приурочены к типу «сиаллиты и сиферлиты». Породы пластов ПК1, АУ9, АУ11 относятся к гиперщелочным, остальные породы пластов – к нормощелочным. В породах всех пластов отмечается преобладание хлоритов при низких значениях ЩМ (щелочного модуля) и плагиоклазов – при высоких ЩМ. Формирование пород покурской и тангаловской свит происходило преимущественно в семиаридном климате, а пород сортымской свиты в условиях гумидного климата.

Расчет лито-химических показателей по результатам ICP-MS (Ti/Zr, Sr/Ba, U/Th, La/Yb, Ce/Ce*, Eu/Eu*) свидетельствуют, что формирование глинистых пород происходило вдали от источников сноса в морских глубоководных условиях осадконакопления в окислительной обстановке.

Таким образом, результаты комплексных литолого-геохимических исследований керна меловых отложений месторождения «М» позволили установить перспективные терригенные коллекторы в пределах пластов БУ1-2 и БУ9(3). Отличительной особенностью данных пород является повышенное содержание каолинита – 9,1-69,2%, а также хлорита – 15,8-60,4% в цементе. Зафиксирована высокая степень вторичной минерализации, что отмечается в породах, подвергающихся интенсивной флюидомиграции.

Литература

1. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л.: Изд-во «Недра», 1992. – 239 с.
2. Юдович, Я.Э., Кетрис, М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимии). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – С. 59-64.
3. Назарова А.А., Щур Е.А. Использование литолого-фациальных, палеогеографических и палеоихнологических характеристик меловых отложений севера Западной Сибири (Ямало-Тазовская мегасинеклиза) для оценки перспектив нефтегазоносности // Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии: материалы XXXIII молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. Ф.П. Митрофанова, Апатиты, 3-7 Октября 2022. – Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2022. – 130-133 с.
4. Тиссо Б. Образование и распространение нефти / Б. Тиссо, Д. Вельте; [пер. с англ. А. И. Конюхова [и др.]; под ред. Н. Б. Вассоевича и Р. Б. Сейфуль-Мулюкова]. – М.: Мир, 1981. – 504 с.
5. Чепиков К.Р., Ермолова Е.П., Орлова Н.А. Эпигенетические минералы как показатели времени прихода нефти в песчаные промышленные коллекторы // Докл. АН СССР. – 1959. – № 5. – 1097–1099 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ КАБОНАТНЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Р.Р. Нуриахметов¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, nuriahmetov25@gmail.com

Карбонатные породы-коллекторы часто характеризуются сложным и неоднородным строением из-за чего в них затруднено определение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). Петрофизические исследования не всегда отображают реальные коллекторские свойства пород, так как масштаб их неоднородного распределения может быть больше, чем размер исследуемого образца. В работе предложена методика определения ФЕС неоднородных карбонатных пород-коллекторов на основе текстурно-структурного имидж-анализа. Рассмотрена литолого-петрофизическая характеристика водорослевых известняков в разрезе фаменского возраста в пределах Садаггинской ступени Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В настоящее время все больше данных о строении пород получают с использованием технологий цифровизации. К одной из таких технологий относится имидж-анализ, суть которого заключается в оцифровке различных компонентов пород и пустотного пространства на основе фотографий шлифов или керна. Тем не менее, выделение компонент без учета особенностей строения и условий формирования пород, в частности особенностей их неоднородного строения, зачастую дают некорректные статистические данные.

В данной работе с помощью имидж-анализа шлифов были определены структуры заполнителя и каркаса, выделены однородные по строению зоны и вычислены значения пористости для этих зон. Тектурный анализ проводился с использованием фотографий керна в дневном и ультрафиолетовом свете. На основании цветности, с учетом структурного анализа по шлифам были выделены разные типы заполнителя и каркаса. На основе пространственного взаимоотношения выделенных элементов были определены текстуры. Исследуемый разрез был разделен на интервалы с однородной текстурой и каждый интервал увязывался с результатами петрофизики на данном интервале.

На структурном уровне было выделено два основных типа элементов. Это автохтонный каркас, представленный водорослевым известняком и аллохтонный межкаркасный заполнитель, состоящий из комков, сгустков и обломков водорослей [1]. Водорослевый каркас, с точки зрения коллекторских свойств, обладает низкими значениями пористости и проницаемости ($K_p=2\%$; $K_{пр}=0,1-0,7$ мД). В отличие от каркаса, межкаркасный заполнитель может иметь разные ФЕС в зависимости от форменных элементов, слагающих его. В случае, если основой заполнителя будут комки, то фильтрационно-емкостные свойства будут высокими ($K_p=13-14\%$; $K_{пр}>100$ мД), а если основным элементом будут сгустки, то такой заполнитель будет характеризоваться микропористостью и низкой проницаемостью ($K_p=4\%$; $K_{пр}=0,15$ мД)

На текстурном уровне было выделено 5 основных типов текстур (рисунок 1), каждая из которых характеризуется собственными пространственным взаимоотношением каркаса и межкаркасного заполнителя. По результатам текстурного анализа керн и увязки с результатами петрофизических исследований для каждой текстуры были выявлены диапазоны изменения ФЕС. Было определено, что породы с пятнисто-петельчатой текстурой обладают наилучшими ФЕС, а породы со слоистой текстурой – наихудшими. Помимо этого, также отмечено выщелачивание проявляющаяся нефтенасыщенными пятнами по зоне заполнителя вблизи водорослевых каркасов. Это определяет появление локальных участков с повышенными ФЕС и усложняет пятнистую текстуру пород

По итогам текстурно-структурного анализа, а также последующей увязки с результатами петрофизических исследований была построена таблица (таблица 1) в которой отображены ФЕС для каждого сочетания структуры и текстуры.

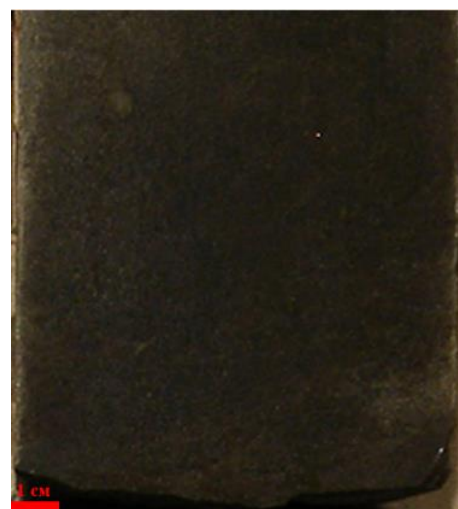
Таким образом в результате работы было определено, что водорослевый известняк в зависимости от конфигурации структуры и текстуры будут иметь разные показатели ФЕС. Полученные результаты можно распространить на другие типы карбонатных пород-коллекторов и использовать для более точного определения коллекторских свойств карбонатных пород.



Пятнисто-петельчатая текстура



Пятнисто-слоистая текстура



Массивная текстура

Рисунок 1 – Наиболее типичные текстуры в исследуемом разрезе

Таблица 1 – ФЕС для сочетаний текстур и структур в исследуемом разрезе

Текстура	Структура	Пористость, %	Проницаемость, мД
Массивная	Комковатая	13.93	104.01
Пятнистая	Комковатая	13.18	241.37
	Сгустково-комковатая	6.81	9.45
	Комковато-сгустковая	4.76	2.08
	Сгустковая	7.28	2.07
	Водорослевая	3.16	0.71
Пятнисто-петельчатая	Комковатая	7.16	71.96
	Сгустково-комковатая	9.35	53.50
Пятнисто-слоистая	Комковатая	11.52	63.94
	Сгустково-комковатая	11.94	23.20
	Комковато-сгустковая	9.25	1.75
	Сгустковая	6.19	0.01
Слоистая	Сгустково-комковатая	11.50	19.44
	Сгустковая	3.60	0.13
	Водорослевая	2.56	0.02

Литература

1. Кузнецов В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение. Москва: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2007, 511 с.

ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ
НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ
НОВОЯКИМОВСКАЯ 1 (ЗАПАДНЫЙ ТАЙМЫР)

К.Ю. Оленова^{1,2}, А.В. Грачева¹

¹ *Апрелевский филиал ФГБУ ВНИГНИ, Москва, k.olenova@vnigni.ru, a.grachova@vnigni.ru*

² *РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва*

В работе комплексными литолого-петрофизическими исследованиями изучены отложения яковлевской и суходудинской свит нижнего мела в разрезе параметрической скважины Новоякимовская 1, пробуренной вблизи зоны сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы. Выделены типы пород, охарактеризован их минеральный состав, структурно-текстурные особенности, проведен фациальный анализ, дана характеристика пустотного пространства, ФЕС различных литотипов. Установлено, что общая направленность седиментации нижнемеловых отложений (от валанжина до апта) характерна для регрессии и уменьшения глубины морского бассейна, постепенного перехода от морских в прибрежные и континентальные обстановки осадконакопления низменной аккумулятивной равнины.

Новоякимовская скважина 1 расположена за полярным кругом в Таймырском муниципальном районе Красноярского края, в тектоническом отношении приурочена к Центрально-Таймырскому мегапрогибу в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и занимает восточную часть Агапского прогиба, располагающегося вблизи зоны сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы.

Статья посвящена характеристике отложений яковлевской и суходудинской свит нижнего мела, по данным изучения макро- и микрофоссилий установленный возраст пород от валанжина до апта. Выводы основаны на детальном описании керна, исследовании пород в прокрашенных петрографических шлифах, изучении в растровом электронном микроскопе с применением энергодисперсионного детектора (РЭМ), аналитических исследованиях минералогического, элементного состава пород методами рентгенофазового, рентгеноспектрального флюоресцентного анализа. Для анализа пустотного пространства использовались методы оптической микроскопии с применением программного обеспечения Керн С7 Панорама, методы РЭМ, данные пористости и проницаемости, определенные петрофизическими методами. Исследования выполнены в лабораториях Апрелевского отделения ВНИГНИ.

Суходудинская свита вскрыта тремя интервалами отбора керна. Нижняя часть (гл. 3060 – 3160 м) сложена аргиллитами алевритистыми, алевритовыми и алевролитами глинистыми, с редкими, тонкими линзами, прослойками песчаных пород, к последним часто приурочены участки развития кальцитового цемента. Спорадически присутствуют маломощные пачки известняков алевритистых и смешанных глинисто-алевро-карбонатных (ГАК) пород, единичные глендониты. Породы в разной степени биотурбированы: ихноходы

Phicosiphon, реже Helminthopsis, единичные Cosmotharpe, это морские неритовые ихнофагии с низкой и средней гидродинамической энергией среды, по типу субстрата – мягкого грунта. По методике Я.Э. Юдовича [3, 6] было выявлено, что большая часть проб представлена сиалитами и гидролизатами, средние значения титанового модуля составляют 0,05, что соответствует прибрежным и морским фаціальным обстановкам. Среднее значение $Al_2O_3/TiO_2 = 0,36$, распределение неравномерно, указывает на преимущественно гумидный климат в области сноса. В средней (гл. 2610 – 2710 м) и верхней (гл. 2450 – 2550 м) частях свиты доминируют песчаные пачки, развиты повсеместно, неравномерно. Мощности песчаных тел составляют 4 – 18 м. Песчаники от тонко- (ТЗ) до мелко-среднезернистых (М-СЗ), к верхней части толщи прослеживается укрупнение размеров зерен, цемент каолиновый, реже хлоритовый, участками кальцитовый. Повсеместно развиты пачки, сложенные тонким, неравномерным, редко градационным переслаиванием алевролитов, песчаников и аргиллитов. Пачки алевролитов и аргиллитов развиты ограниченно, присутствуют единичные прослои известняков глинистых, алевро-песчанистых, в верхней части присутствуют редкие прослои углей и единичный прослой, по-видимому, представляющий собой палеопочву. Большая часть проб представлена сиалитами и сиалитами, что указывает на прибрежные и морские условия формирования осадков. Среднее значение $Al_2O_3/TiO_2 = 0,26$, распределение неравномерно, осадконакопление происходило в области сноса в гумидном и аридном климате поочередно, но в целом, имеет тенденцию к увеличению вверх по разрезу, что указывает на переход аридных условий в гумидные.

В разрезе яковлевской свиты (гл. 1950,00 – 1998,08 м) доля песчаных пачек увеличивается к верхней части, песчаники с глинистыми прослоями и интракластами, по структуре от мелко- (МЗ) до среднезернистых, цемент глинистый, редко кальцитовый. Пачки алевролитов доминируют в нижней части свиты, в верхней встречаются спорадически. Пачки тонкого переслаивания терригенных пород в различных количественных структурных и текстурных соотношениях преобладают в нижней и средней частях разреза, аргиллиты – в средней. Встречены единичные прослои углей, сидерита известковистого и смешанной ГАК породы. В породах свиты прослеживаются прибрежные обстановки осадконакопления, характерные для дельт предположительно с преобладанием речного выноса. Периодические перемены фаціальных обстановок связаны, главным образом, с изменением глубины бассейна. Тонкая слоистость различного ранга и типа формировалась в условиях активной гидродинамики, что подтверждается текстурами взмучивания, оползания, косой слоистости и локальных перерывов. В верхней части отмечается постепенный переход в континентальные речные условия формирования осадков. Большая часть проб литотипов

представлена силитами и сиалитами, что подтверждает прибрежные с постепенным переходом в континентальные условия формирования осадков. Среднее значение $Al_2O_3/TiO_2 = 0.29$, распределение неравномерно, осадконакопление происходило в гумидном и аридном климате попеременно.

Общая направленность седиментации нижнемеловых отложений (от валанжина до апта) характерна для регрессии и уменьшения глубины морского бассейна, постепенного перехода от морских в прибрежные и континентальные обстановки осадконакопления низменной аккумулятивной равнины, что, в целом, увязывается с данными палеогеографической схемы [2]. Величина среднего значения НКМ порядка 0,29-0,37 отражает нормально-щелочной характер отложений в нижнемеловое время. Минеральный состав песчаников при описании петрографических шлифов определялся по классификации В.Д. Шутова [1, 5]. Песчаники суходудинской свиты – аркозы, граувакковые аркозы, полевошпат-кварцевые граувакки и кварцево-полевошпатовые граувакки. Песчаники яковлевской свиты по составу более зрелые, полевошпат-кварцевые и аркозовые, реже полевошпат-кварцевые граувакки. При этом также отмечается направление созревания осадочного материала в зонах гумидной и аридной седиментации [4].

В разрезе суходудинской свиты наиболее высокими значениями пористости (5-23%) обладают песчаники различные по зернистости с пленочно-контактово-поровым глинистым цементом. Породы нижней части суходудинской свиты не обладают значимыми величинами ФЕС. Наилучшими коллекторами яковлевской свиты являются песчаники С-МЗ с контактово-поровым глинистым цементом (пористость до 26%). В целом, пористость пород-коллекторов по результатам петрографических исследований изменяется в диапазоне от 11 до 26%, что сопоставимо с данными геофизических (в среднем 15,8 – 27,5%) и петрофизических (от 8,3 до 29,8%) исследований. Пустотное пространство представлено преимущественно межзерновой пористостью. Отмечается наличие внутризерновой пористости, связанное с выщелачиванием обломков полевых шпатов, а также активное развитие вторичных пор, приуроченных к каолинитовому цементу, характерному для основных типов пород-коллекторов.

Литература

1. *Граувакки / Под ред. В.Д. Шутова.* Труды ГИН АН СССР, вып. 238. М., «Наука», 1972 г. 349 с.
2. *Конторович А. Э. и др.* Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 972–1012.
3. *Маслов А. В.* Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ. -2005. – С. 289.
4. Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов / Шванов В.Н., Фролов В.Г., Сергеева Э.И. и др. – СПб: Недра, 1998. – 352 с.: ил.
5. *Шутов В.Д.* Классификация песчаников. - Литол. и полезн. ископ., 1967, №5. – С. 86 – 103.
6. *Юдович Я. Э., Кетрис М.П.* Основы литогеохимии. СПб: Наука. -2000.-С. 479.

ТЕТРАМЕТИЛБЕНЗОЛЫ КАК ИНДИКАТОРЫ АНОКСИ ЗОНЫ

С.Б. Остроухов¹, Н.В. Пронин², И.Н. Плотникова^{1,3}

¹ Академия наук Республики Татарстан, Казань, *ostso@mail.ru*

² ООО "РН-БашНИПИнефть", Уфа, *nikita.oilgeol@mail.ru*

³ Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, *irena-2005@rambler.ru*

В данной работе на основании состава тетраметилбензолов в нефти и органическом веществе пород рассматривается возможность идентификации аноксических условий при формировании нефтематеринского вещества.

В формировании состава доманиковых отложений значительную роль сыграли аноксические события, доминирующие в тот геологический период. Они характеризуются рядом особенностей в составе нефтематеринского вещества, выделяющие его среди отложений другого возраста. К ним в первую очередь относится особый вид биоты, обитающей исключительно в аноксических зонах в составе водного бассейна. Особенность их состава позволяет использовать в комплексе геохимических исследований в качестве надёжного индикатора данных условий отложений [1]. В первую очередь к ним необходимо отнести биологические ароматические каротиноиды (БАК).

БАК в природной среде синтезируются организмами для сбора и фильтрации света и адаптации к экстремальным условиям их обитания. Как правило, они ассоциируются с определенными группами бактерий. Согласно общепринятому мнению БАК относятся к фототрофным сероокисляющим бактериям (также известным как фототрофные серобактерии или серобактерии). Известно, что фототрофные серные бактерии процветают в фотической зоне и используют сульфиды в качестве доноров электронов. Присутствие БАК, связанных с серными бактериями, указывает на эквизию фотической зоны (ЭФЗ), явление, при котором сульфид проникает в бескислородную фотическую зону. БАК также отмечаются в геологических разрезах, в которых зафиксированы события массового вымирания и океанические бескислородные события (ОБС). Таким образом, они демонстрируют широту распространения ЭФЗ в природной среде наряду с океаническими аномалиями.

В дальнейшем БАК, откладываясь в донных отложениях претерпевают диагенетические и катагенетические преобразования. Их состав содержит несколько двойных связей и может состоять из двух ароматических колец, гидроксильных и карбоксильных функциональных групп. Эти нестабильные химические структуры делают их склонными к диагенетическим изменениям с течением геологического времени. В кислородных условиях биогенные каротиноиды частично перерабатываются

аэробными микробами, адаптирующиеся выше хемоклина. Ниже его в более глубокой части водоема остаточная фракция достигает границы вода-осадок где и происходит их отложение. Эти соединения представляют большой интерес по идентификации вида отложений.

Насыщение алифатических цепей БАК в процессе гидрирования не изменяет их углеродный скелет, что позволяют провести логическое сопоставление биогенных предшественников каротиноидов и их геостабильных аналогов. Типичным примером этого процесса является превращение isorenieratene в isorenieratane.

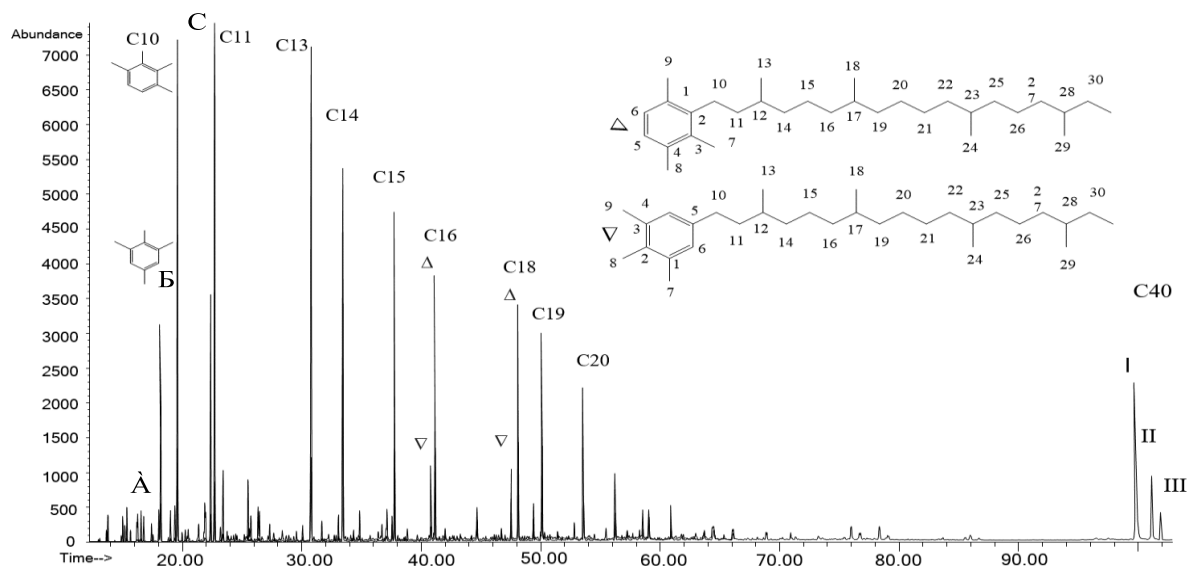


Рисунок 1 Масс-фрагментограмма, характеризующая присутствие в нефти диарилизопреноидов состава C40 и арилизопреноидов состава C10-C20. I- paleorenieratane; II- isorenieratane; III- renieratane); C10-C20- число атомов углерода.

На рисунке 1 представлена масс-фрагментограмма, характеризующая исходный состав БАК и их низкомолекулярные продукты в составе нефти из доманиковых отложений. На ней хорошо просматривается группа соединений состава C40, геостабильных аналогов БАК, и группа низкомолекулярных соединений состава C10-C20. Основное содержание соединений приходится на низкомолекулярную область второй группы. Среди них ТМБ состава C10 являются наиболее представительными.

На хроматограммах (рисунок 2) нефракционированных нефтей ТМБ представлены тремя пиками разной интенсивности со следующим обозначением: А (дурол), В (изодурол) и С (пренитол). Обычно в составе нефтей и ОВ пород они представлены в основном двумя изомерами: пренитолом (С) и изодуролом (В). Содержание дурола (А) всегда низкое и находится на уровне предела измерения. Присутствие двух изомеров С и В связано с наличием у диарилизопреноидов двух типов кольцевого бензольного замещения. При этом высокое содержание пренитола указывает на доминирование в нефти диарилизопреноидов с метильным замещением бензола 1,3,4- (isorenieratane). Присутствие изодурола в нефти

характеризует наличие у диарилизопреноида одного концевго бензола с замещением 1,2,3- (paleogenieratane). Таким образом, ТМБ в составе нефти характеризуют аноксические условия, существовавшие в процессе формирования и отложения нефтематеринского вещества.

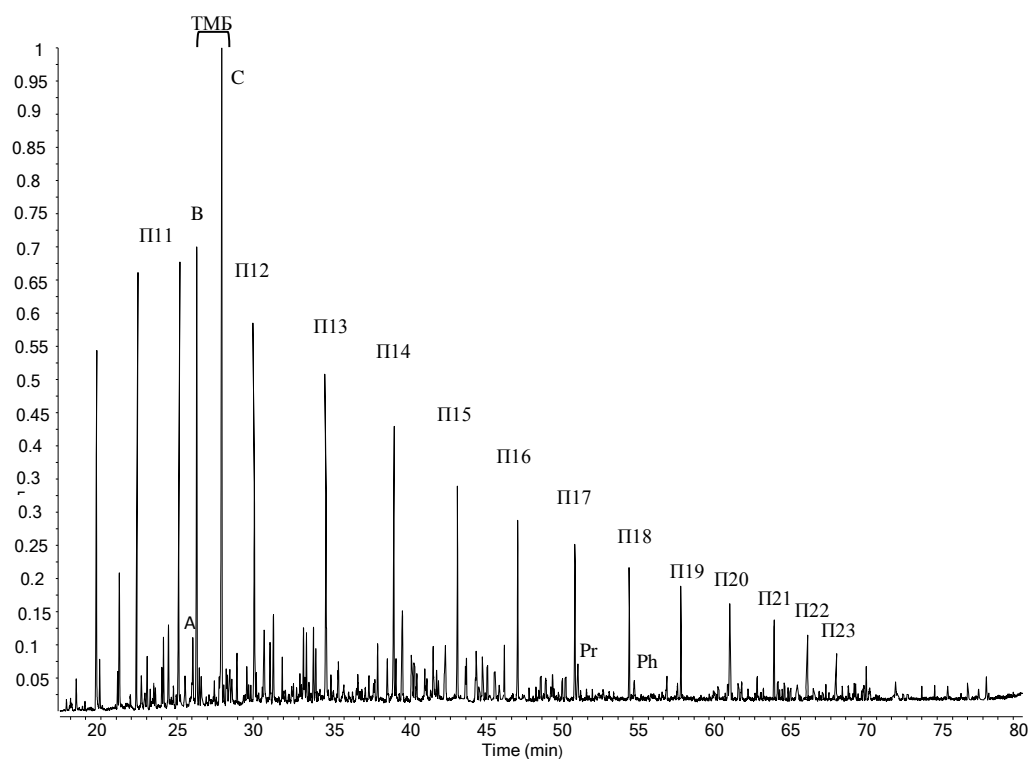


Рисунок 2 Хроматограмма нефракционированной нефти с высоким содержанием ТМБ

Литература

1. *Ostroukhov S.B., Pronin N.V., Plotnikova I.N., Khairtdinov R.K.* A new method of «geochemical logging» for studying Domanic deposits. *GEORESURSY =Georesources*, 2020, Vol. 22. Is. 3. pp. 28–37

РОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ ЛИТОГЕНЕЗА САПРОБИТУМОЛИТОВ ОНЕЖСКОЙ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЙ СТРУКТУРЫ

А.В. Первунина¹, О.В. Мясникова¹

¹ *Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
aelita@krc.karelia.ru*

Определено влияние субвулканических комплексов на формирование залежи пелитоморфных пород с высоким содержанием углерода – сапробитумолитов ($C_{св}$ 35-45%), на примере Максовского месторождения надгоризонта (2100-1920 млн лет) Онежской палеопротерозойской структуры (Карельский кратон, Восточная часть Фенноскандинавского щита). В литостратиграфическом разрезе заонежской свиты выявлены десять силлов габбродолеритов. Ранее предполагалось, что термальное воздействие на сапробитумолиты в области контактов с субпластовыми интрузиями основного состава не влияют на технологические свойства пород. Установлено, что прогрев горизонтов высокоуглеродистых пород способствовал преобразованию органического вещества и оказал влияние на формирование залежи, в частности за счет появления миграционных углеводородов. Механическое воздействие и термальные условия, возникшие в результате внедрения интрузий габбродолеритов в разной степени литифицированные породы Максовского месторождения, способствовали изменению структурно-текстурных свойств и петрофизических характеристик сапробитумолитов.

Максовское месторождение протерозойских высокоуглеродистых пород, приурочено к шестому продуктивному горизонту заонежской свиты людиковийского надгоризонта (2100-1920 млн. лет) Онежской палеопротерозойской структуры (Карельский кратон, Восточная часть Фенноскандинавского щита). Месторождение представлено субгоризонтально залегающей линзой (700 м×500 м) сапробитумолитов с содержанием углерода $C_{орг.}$ от 20% до 45%. Органическое вещество (ОВ) является метасапропелевым, частично - миграционным ОВ [1, 2]. Мощность тела в центральной части достигает 120 м. Структура сапробитумолитов пелитоморфная, текстура массивная, реже брекчиевая и слоистая. Минеральное вещество сапробитумолитов состоит из кварца, альбита, хлорита, серицита и пирита.

Характерной особенностью геологического строения месторождения является наличие в разрезе трех субгоризонтально залегающих невыдержанных по мощности тела габбродолеритов [3]. В одном из силлов установлен подводящий канал. Габбродолериты претерпели метасоматические преобразования до мелкозернистых слюдитов с переменным содержанием кварца, хлорита и альбита. В эндоконтакте развиты темно-серые афанитовые габбродолериты (аподолериты) с миндалинами и пустотами овальной или неправильной формы диаметром до 0,5 см (рисунок 1). Структура пород миндалекаменная или порфировая с реликтами интерсертальной в основной массе. Отмечается окварцевание, эпидотизация и обуглероживание. Фенокристаллы и микролиты плагиоклаза замещены тонкозернистым агрегатом мусковита и альбита. Наблюдается наложенная прожилково-вкрапленная медно-сульфидная минерализация, представленная пиритом совместно с халькопиритом,

пентландитом, пирротинном, сфалеритом. Подводящий канал силла в центральной части сложен мелко- и среднезернистыми, а на контакте с сапробитумолитами – тонкозернистыми разновидностями.

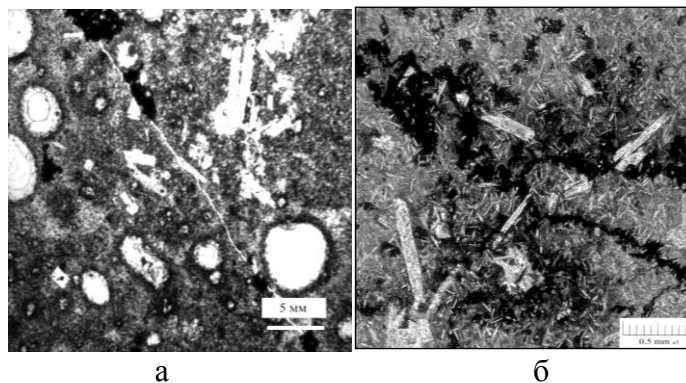


Рисунок 1 Обуглероженный миндалекаменный аподолерит эндоконтакта, Максовское месторождение. Порфиновый, структура основной массы – интерсертальная и афанитовая. Прозрачный шлиф, без анализатора; (а) – углерод (темно-серое) образует каймы вокруг миндалин, заполненных кремнеземом; (б) – углерод (черное) заполняет микротрещины

Верхняя часть целиком сложена обуглероженными аподолеритами с миндалекаменной текстурой. Нижний контакт с сапробитумолитами неровный, с тонким (1-3 см) слоем сажистой разновидности вмещающих пород. Мощность обуглероженной зоны минимальна. Углерод в ассоциации с поздними генерациями слюды, кварца и пирита, выполняет межзерновые промежутки, поры и пустоты. Габбродолериты разбиты многочисленными трещинами, которые заполнены сапробитумолитами. Вероятно, материал заполнял трещины в результате снижения вязкости вмещающих пород под влиянием прогрева внедряющейся магмы и локального повышенного давления, возникающего за счет быстрого катагенеза ОВ. Сапробитумолит в трещинах состоит преимущественно из слабораскристаллизованного кремнезема и ОВ.

Сапробитумолиты испытали наиболее глубокие преобразования в мелких (20 см в поперечнике) ксенолитах. Содержание ОВ в них снижается до 10%, а слюды (преимущественно биотита) возрастает до 25%. Породы тонкозернистые трещиноватые и рассланцованные, с многочисленными мелкими пустотами (размером до 0,5 мм), выполненными миграционным ОВ, а также кварцем и биотитом. В породах наблюдается флюидальная микротекстура. Биотит в виде мелкокристаллических чешуек размером 1-3 мкм развит между зернами кварца в миндалинах, обрамляет поры и слагает полосчатые агрегаты. Часто присутствуют зерна пирита, которые иногда образуют каемки вокруг зерен магнетита и биотита, содержат включения сульфидов меди и никеля. Пирит замещается ярозитом. В экзоконтакте сапробитумолитов выявлена зона коксования мощностью до 1,5 м. Характерными особенностями природных коксов являются призматическая полигональная отдельность в виде удлиненных призм размером 4x10 см, флюидальная микротекстура и

высокая пористость. В составе пород – шунгитовое вещество (15-50%), кварц и мусковит (до 25%), а также биотит, хлориты, пирит, рутил, фторопатит и лейкоксен, иногда КПШ. Зона коксования выдержана по всей площади кровли силла. По мере удаления от контакта признаки термального воздействия силла в сапробитумолитах обнаруживаются лишь микроскопически. Исследования в зоне верхнего экзоконтакта показали, что способность ОВ при нагревании образовывать естественный кокс, связана с внедрением магматического расплава в слаболитифицированный органоминеральный комплекс, не испытывавший к тому времени катагенетического преобразования. Первичное ОВ не прошло стадию главной фазы образования нефти [5]. Признаками слабой литификации являются массивная текстура сапробитумолитов, отсутствие слоистости и практически полное отсутствие в породе кристаллических форм минеральных зерен. За счет катагенетического преобразования ОВ и низкой проницаемости пелитовых пород происходило насыщение расплава газообразными углеводородами, создавалось высокое давление, инициирующее брекчирование сапробитумолитов. Высокая теплоемкость органоминеральных соединений способствовала широкому проявлению гидротермальных и метасоматических процессов, как в габбродолеритах, так и во вмещающих породах.

Термальные условия, возникшие в результате внедрения интрузий в слаболитифицированные породы способствовали возникновению подвижных углеводородов, склонных к быстрой полимеризации и способных к миграции. Коксы по сапробитумолитам по литологическим характеристикам сходны с природными коксами, развивающимися в угольных пластах на контактах с интрузиями. При наличии консервативных покрышек миграция в более высокие горизонты приводила к формированию вторичных залежей, подобно тем, что установлены в кайнозойско-мезозойских нефтегазоносных комплексах Сибирской платформы [4].

Стадийное преобразование ОВ в сапробитумолитах является результатом термального воздействия на значительной площади всего Максовского месторождения, проявляющегося за счет одноактного внедрения интрузий габбродолеритов.

Литература

1. Филиппов М. М. (2002). Шунгитоносные породы Карелии. Издательство КарНЦ РАН: Петрозаводск. 280 с.
2. Шванов В.Н., Баженова Т.К., Фролов В.Г. (1998). Органические породы // Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов. Недра: С.-Пб. С. 249–269
3. Филиппов М.М., Бискэ Н.С., Первунина А.В. (2009). Контактный метаморфизм шунгитоносных пород Максовского месторождения (Карелия) // Труды VI Всероссийской (с международным участием Фермановской научной сессии. Изд-во ООО К&М: Апатиты С. 199-203
4. Иванов Ю.А., Мясникова И.П. (2000). Новые аспекты перспектив нефтегазоносности северных районов Сибирской платформы // Геология нефти и газа. № 3
5. Melezhik V.A., Fallick A.E., Filippov M.M., Larsen O. (1999). Karelian shungite - an indication of 2.0-Ga-old metamorphosed oil-shale and generation of petroleum: geology, lithology and geochemistry // Earth-Science Reviews. Vol.47, pp. 1-40

ЛЕОНИД ВАСИЛЬЕВИЧ ПУСТОВАЛОВ В ИНСТИТУТЕ ПРИКЛАДНОЙ
МИНЕРАЛОГИИ

И. Г. Печенкин¹

¹ ФГБУ «ВИМС», Москва, *pechenkin@vims-geo.ru*

Выдающийся отечественный литолог, петрограф и геохимик Л. В. Пустовалов (1902–1970) в 1923–1928 гг. работал в Институте прикладной минералогии. В эти годы началось его формирование как исследователя осадочных пород под руководством Я. В. Самойлова. Он изучал известняки, доломиты и мергели Центрального района, селитру в Северной Осетии, соляные отложения озера Баскунчак. Особое внимание было уделено волконскоиту – хромовому минералу, ставшему основой получения новой краски.

Приехав в 1922 г. в Москву, Леонид Васильевич Пустовалов продолжил учебу на естественном отделении физико-математического факультета I МГУ. Переломным моментом в его профессиональном росте стало знакомство с профессором Я. В. Самойловым. В первый год обучения он был покорен его лекциями о минералогии. Яков Владимирович Самойлов (1902–1970) – минералог, геохимик и литолог, один из организаторов Института прикладной минералогии (ИПМ, ныне ВИМС). Именно он и другой сотрудник ИПМ – Александр Антонович Мамуровский сыграли особую роль в судьбе молодого исследователя. Благодаря их ходатайству с 17 августа 1923 г. Л. В. Пустовалов стал сотрудником ИПМ НТО ВСНХ СССР, а с 3 февраля 1925 г. штатным аспирантом и научным сотрудником I разряда НИИ Минералогии и петрографии I МГУ с предоставлением права ведения научно-исследовательской работы и преподавания в вузах [1, 2].

ИПМ с 1923 г. – одно из ведущих учреждений по изучению минеральных богатств страны. Став в 1924 г. аспирантом Я. В. Самойлова, Л. В. Пустовалов работал в лабораториях университета и ИПМ, а летом – в экспедициях. С июля 1923 по март 1925 г. он неоднократно командировался ИПМ в Тверскую губернию для проведения геолого-минералогических исследований под руководством знатока геологии этого района – Виктора Гавриловича Хименкова (1881–1949). На начальном этапе исследований с ними совершил поездку по Уралу и Приуралью Я. В. Самойлов. В 1926 г. вышла в свет монография о карбонатных породах Тверской губернии, написанная им совместно с учеником. Опубликованный труд содержал детальное описание ряда карбонатных пород и осветил вопросы, связанные с геохимией данного района [7]. После смерти учителя осенью 1925 г. шефство над его аспирантами взял на себя Александр Евгеньевич Ферсман (1883–1945). В 1926 г. Л. В. Пустовалов закончил аспирантуру и защитил научную работу [1].

Дальнейшая научная деятельность Леонида Васильевича преимущественно проходила в ИПМ. В работе, опубликованной в журнале Минеральное сырье № 12 в 1927 г., он привел результаты лабораторной обработки известняков и мергелей серпуховского яруса. Из

проведенного анализа следовало, что розоватый «мергель» является почти чистым нормальным доломитом. Широкое распространение тверских доломитов в Центральном промышленном районе создало перспективу добычи легкодоступного минерального сырья для нужд Брянских заводов.

Академик А. Е. Ферсман в 1922 г. писал: «До сих пор и генетически и геохимически образование этого минерала [волконскоита] нам кажется загадочным ...». По его рекомендации им стал заниматься ИПМ. Решение этой задачи поручили Л. В. Пустовалову. Он получил материал из АН СССР от Владимира Ильича Крыжановского (1881–1947), собранный еще в 1915 г. Коллекция обладала одним, но важным недостатком – в ней скудно были представлены образцы, включающие волконскоит. В 1925 г. состоялась экскурсия Леонида Васильевича с участием Я. В. Самойлова, обследовавших Ефимятское месторождение. Летом 1926 г. Л. В. Пустовалов совместно со студентом I МГУ М. Ф. Смирновым посетили волконскоитовые месторождения Оханско-Осинского Прикамья и получили новые научные данные и весомые практические результаты. Предварительные итоги были изложены в докладе «К вопросу об установлении хромоносного горизонта в верхнепермских отложениях» в 1926 г. в Киеве, где с 30 сентября по 6 октября проходил II Всесоюзный съезд геологов. Подробное описание месторождений волконскоита Пермской области было опубликовано Леонидом Васильевичем в 1928 г. в трудах ИПМ, а позднее и в Материалах по изучению Камского Приуралья [3, 4].

Благодаря профессору Н. В. Туркину (ВХУТЕМАС) осенью 1927 г. минерал волконскоит был выпущен в тюбиках, как декоративная краска под названием «зеленая земля – минерал волконскоит». Она была высоко оценена художниками (а приготовленная темпера – иконописцами) за высокую прозрачность красочного слоя (лессировочность) и чистый сочный цвет неповторимого оттенка. Богатые колористические качества выдвинули ее на первое место по сравнению с лучшими красками типа природных зеленых земель (Веронская, Богемская и др.) [8]. Пабло Пикассо специально заказывал ее для работы над своими полотнами. Период появления волконскоитовой краски в начале 1960-х гг. в картинах Пабло Пикассо может именоваться «зеленым». Л. В. Пустовалов стал организатором первого промышленного получения зеленой краски. Им был получен патент № 16084 от 20.02.1928 г. «Способ получения зеленой хромовой краски». Открытие ряда новых месторождений и изучение волконскоита, начатое еще с Я. В. Самойловым, позволило ввести в лакокрасочную промышленность новую хромовую краску, которая широко использовалась в годы Великой Отечественной Войны для окраски танков и других вооружений.

С 26 июля по 30 августа 1927 г. Леонид Васильевич был командирован в Северную Осетию, где исследовал у с. Урсдон месторождение селитры. Результаты работ публикуются в Известиях Ассоциации НИИ И МГУ [5].

На основе материалов партии Геолкома 1927 г. (80 скв., одна из них глубиной 257,25 м) выдающийся гидрогеолог Александр Николаевич Семихатов (1882–1956) и Л. В. Пустовалов определяют общие запасы верхней соляной залежи месторождения Баскунчак и ее возраст в 969 лет, выделяют разновидности соли (гранатка, чугушка, корневая соль, новосадка), их физико-механические свойства и химический состав, устанавливают дебет источников, впадающих в озеро, и количество солей, вносимых источниками, их влияние на жизнь озера, а также климатические особенности района. Результаты исследований соленого озера Баскунчак были учтены при составлении проекта механизации добычи соли, извлекавшейся ранее крайне тяжелым ручным способом [6].

1929 г. Л. В. Пустовалов, покидает ИПМ и по приглашению И. М. Губкина организует лабораторную базу Московского отделения Геолкома, где стал ее заведующим и научным руководителем (в 1936 г. лаборатория вошла в состав ВИМС) [1].

Литература

1. *Дмитриевский А. Н., Лапинская Т. А.* Член-корреспондент АН СССР Леонид Васильевич Пустовалов. (1902–1970). – М.: Нефть и газ, 1997. – 52 с. (Сер. Выдающиеся ученые ГАНГ им. И. М. Губкина. Вып. 28).
2. *Оноприенко В. И.* Яков Владимирович Самойлов: 1870–1925 / отв. ред. А. Ю. Митропольский. – Киев.: Информ.-аналит. агентство, 2015. – 335 с. (Серия РАН «Научно-биографическая литература»).
3. *Пустовалов Л. В.* Волконскоит. С прилож. статьи В. И. Крыжановского. Месторождения волконскоита Вятской и Пермской губ. – М.: Науч.-технич. упр-ние В.С.Н.Х., 1928. – 60 с. (Труды Института прикладной минералогии и металлургии. Вып. 36).
4. *Пустовалов Л. В.* Месторождения волконскоита в Камском Приуралье // Материалы по изучению Камского Приуралья. – Пермь: Пермское общество краеведения и Пермский государственный областной музей. Вып. 1. – 1928. – С. 13–17.
5. *Пустовалов Л. В.* Месторождение селитры близ с. Урсдон в Северной Осетии на Кавказе // Изв. Ассоц. науч.-исслед. ин-тов при физ.-мат ф-те I Моск. ун-та. 1929. Т. 2. Вып. 2. – С. 206–231.
6. *Пустовалов Л. В.* Материалы к геохимии озера Баскунчак // Баскунчакское озеро. – Л.; М.: Гос. науч.-техн. геол. развед. изд-во, 1933. – С. 25–69. (Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения. НКТП СССР. Вып. 284).
7. *Самойлов Я. В., Пустовалов Л. В.* К литологии карбонатных осадочных пород: Известняки и мергеля Поволожья Тверской губернии. – М.: Науч.-техн. отд. В.С.Н.Х., 1926. – 72 с. (Труды Института прикладной минералогии и металлургии. Вып. 26).
8. *Соболев М. Н., Чернов В. В.* Применение волконскоита в качестве краски // Минеральное сырье и его переработка. 1928. № 6–7. С. 509–511.

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ПЕСЧАНИКОВОГО ТИПА В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНАХ

И.Г. Печенкин¹

¹ ФГБУ «ВИМС», Москва, *pechenkin@vims-geo.ru*

Комплексный анализ рудоносности нефтегазоносных бассейнов начал интенсивно проводиться в конце XX в. Были разработаны теоретические модели формирования руд различных полезных ископаемых в осадочных толщах. Особое место занимают исследования, связанные с эпигенетическими (наложенными) процессами как восстановительного, так и окислительного ряда, которые играют важную роль в расшифровке направленности и последовательности уранового рудогенеза.

Открытие в середине XX в. в осадочных породах Средней Азии урановых месторождений нового генетического типа – экзогенного инфильтрационного (песчаникового по типизации МАГАТЭ), заставило обратить на них серьезное внимание. Интерес к рассматриваемым объектам определялся их крупными и уникальными масштабами, а также легкостью и экономической выгодой отработки способом подземного выщелачивания. Уже на первых этапах исследований было установлено, что урановые месторождения часто локализуются в краевых частях нефтегазоносных бассейнов.

В 1950-е гг. на месторождении Майлисай (Ферганская впадина) впервые изучалось взаимоотношение окислительных и восстановительных процессов в карбонатной толще палеогена. Было определено наличие дорудного и пострудного эпигенеза нефтяного ряда. Часть уранового оруденения оказалась залита жидкой нефтью. Несмотря на превалирующую в это время сингенетическую гипотезу рудогенеза, удалось отстоять точку зрения об эпигенетическом формировании урановых руд [5].

В середине 1960-х гг. на месторождении Сабырсай (Узбекистан) в первично-красноцветных континентальных отложениях мелового возраста изучались дорудные восстановительные изменения, благодаря которым на контрастном геохимическом барьере сформировалось промышленное урановое оруденение. Дальнейшие работы показали, что разнонаправленные эпигенетические процессы сменялись неоднократно. Изучение рудной зональности подтвердило, что важную роль при этом играли углеводороды и продукты их разрушения (рисунок 1). Наиболее благоприятные обстановки для контрастного уранового рудообразования создаются в аконсервационных зонах бассейнов, где происходит разгрузка и разрушение нефтяных и газовых флюидов. Это способствует повышению восстановительной емкости пород различных первичных геохимических типов. В прибортовых частях бассейнов восстановительный эпигенез имеет площадное

распространение, а в центральных – преимущественно тяготеет к зонам разрывных нарушений [1, 4].

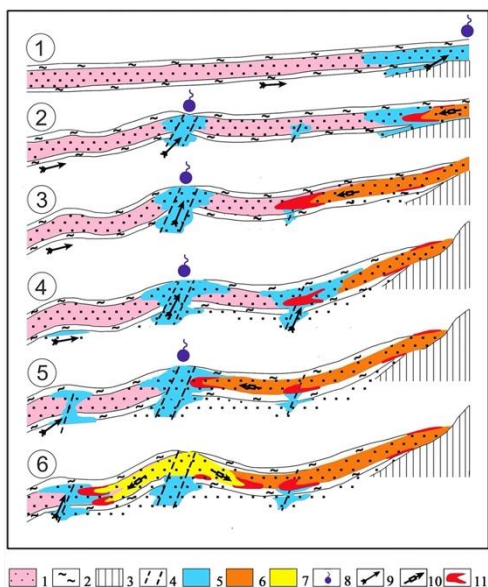


Рисунок 1 Эпигенетические процессы в краевой части нефтегазоносного бассейна

1 – пески и песчаники красноцветные, 2 – глины и алевролиты сероцветные, 3 – породы фундамента, 4 – тектонические нарушения, 5 – эпигенетическое восстановление, 6 – зона пластового окисления, 7 – зона грунтового окисления пластовой морфологии, 8 – очаги разгрузки пластовых вод, 9 – направления движения нефтегазовых флюидов, 10 – направления движения кислородных инфильтрационных вод, 11 – урановое оруденение

сырья. С другой стороны, внедрение битумов и их разрушение в зоне аэрации приводит к захоронению сформированного ранее оруденения и исчезновению следов его образования – эпигенетической окислительной зональности. Это затрудняет прогнозные и последующие поисково-разведочные работы.

Порядок процессов формирования наложенных изменений окислительного и восстановительного ряда, а также их взаимоотношение – один из ведущих факторов, влияющих на распределение полиминерального оруденения. Последние преобразования осадочных пород отмечаются в наиболее водопроницаемых разностях разреза – песках, гравелитах, конгломератах. Ранние процессы могут сохранять свои следы в алевролитистых и глинистых частях осадочной толщи. Это выражается в появлении в них на контакте с водопроницаемыми породами цветных каемок различного генезиса. Дополнительными диагностическими признаками произошедших изменений служит и наличие различных

Над локальными разрушающимися залежами углеводородов, как правило, формируются поля, характеризующиеся восстановительными геохимическими условиями. При этом красноцветные песчано-алевритистые толщи приобретают голубые, зеленые и белесые окраски. Известняки подвержены интенсивной доломитизации с повышением их проницаемости. При последующем прохождении через эти преобразованные породы кислородных инфильтрационных вод с повышенными концентрациями урана и других компонентов образуются эпигенетические руды [1, 2].

Сложность процессов определяется двоякой ролью углеводородных флюидов и продуктов их разрушения. С одной стороны, битуминизация проницаемых пластов, а также связанные с этим пиритизация, хлоритизация, доломитизация и др. изменения, создают благоприятную геохимическую обстановку восстановительного характера для последующей концентрации рудного и нерудного

минералов, типичных для определенных процессов или цементация ранее водопроницаемых пород продуктами эпигенеза (рисунок 2) [3].

Взаимоотношение эпигенетических процессов обуславливает особенности рудогенеза в различных частях нефтегазоносных бассейнов. Их выявление на основе специализированного картирования создает предпосылки для определения перспектив как для локальных участков недр, так и крупных геологических структур. Это хорошо видно на примере Западно-Сибирской низменности, в центральной части которой широко развиты

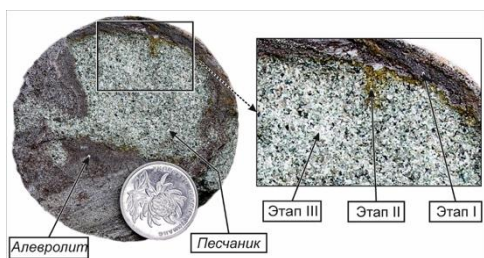


Рисунок 2 Пример последовательности эпигенетических изменений.

Этап-I – первичная неизменная красноцветная порода, Этап-II – реликты окисления в виде каймы желтого цвета, Этап-III – восстановление (голубовато-зеленая окраска) после окисления по наиболее проницаемой части разреза

нефтематеринские толщи и локализуются многочисленные месторождения углеводородов. Южное обрамление региона выделяется наличием инфильтрационных кислородсодержащих вод и, как следствие, формированием урановых руд. Картина осложнена частым превалированием восходящих эксфильтрационных растворов, что затрудняет поисковые работы [4].

Устанавливаемая последовательность эпигенетических изменений позволяет проводить специализированное картирование на перспективных

площадях с выявлением скрытых частей эпигенетической окислительной зональности и «захороненного» оруденения. Такие работы осуществлены автором в пределах Ордосского нефтегазоносного бассейна (КНР). Они отражают взаимоотношение гидрогенных процессов окислительного и восстановительного ряда на протяжении крупных этапов геологической истории региона. На этой основе разработана поисковая модель формирования эпигенетических урановых месторождений [3].

Примененная при работе методика изучения эпигенетических изменений в породах нефтегазоносных осадочных бассейнов способствует повышению эффективности прогнозных работ на уран и оценке при этом роли углеводородов.

Литература

1. Гидрогенные месторождения урана. Основы теории образования / С. Г. Батулин, Г. В. Грушевой, О. И. Зеленова и др. – М.: Атомиздат, 1980. – 270 с.
2. Зеленова О. И., Кондратьева И. А., Лисицын А. К. Эпигенетические изменения красноцветных пород и урановое рудообразование над залежами углеводородов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1969. № 2. С. 68–89.
3. Печенкин И. Г. Особенности прогнозирования песчаниковых месторождений урана в нефтегазоносных бассейнах // Разведка и охрана недр. № 12. 2017. С. 3–11.
4. Печенкин И. Г., Грушевой Г. В. Металлогения ураноносных осадочных бассейнов Евразии. – М.: ВИМС, 2015. – 224 с.
5. Холодов В. Н. Геохимия осадочного процесса. – М.: ГЕОС, 2006. – 608 с. Труды Геологического института. Вып. 574.

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ, ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СВЯЗЬ С УСЛОВИЯМИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЕСЧАНИКАХ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КРЫЛА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

М.В. Платонов¹

¹ СПбГУ, Санкт-Петербург, *geolog2006@mail.ru*

В работе рассматриваются вопросы механизма образования и условий накопления песчаных отложений саблинской свиты среднего кембрия северо-западного крыла Московской синеклизы.

Среднекембрийские отложения северо-западного крыла Московской синеклизы в пределах Ленинградской области представлены высококварцевыми песками и песчаниками саблинской свиты, имеющей максимальную мощность около 13 м и обнажающуюся вдоль Балтийско-Ладожского глинта на протяжении 240 км. Отложения свиты залегают согласно или с размывом на «синих глинах» сиверской свиты лонтоваского горизонта нижнекембрийского возраста и с размывом перекрываются песками и песчаниками маломощной (до 2,5 м) ладожской свиты верхнего кембрия.

Песчаники являются типичными платформенными отложениями. Строение толщи в целом можно охарактеризовать как аритмичное чередование слоев мощностью 10–50 см, которые являются косослойчатыми, троговыми и горизонтально слойчатыми сериями.

Не смотря на общую схожесть песков и песчаников саблинской свиты, набор вещественно-структурных признаков позволяет выделить среди них несколько литотипов, сменяющих друг друга в вертикальном и латеральном направлении. Наиболее важными характеристиками литотипов являются характер внутрипластовой слойчатости, мощность и протяженность слойчатых серий, форма и характер слоевых швов, направления падения косых слойков, их изменение по разрезу, гранулометрический состав песчаников, содержание аксессуарных минералов и наличие в отложениях детрита раковин беззамковых брахиопод.

Выделенные литотипы как правило, но не всегда соответствуют принятому в литературе делению саблинской свиты на пачки [3, 4]. Перечисленные выше первичные вещественно-структурные признаки позволили нам определить и литогенетические типы отложений, отражающие, во-первых, механизм и способы образования песчаных осадков, а во-вторых, физико-географическое условия их накопления, в том числе по их парагенезам.

Литогенетические типы.

1. Горизонтально слойчатый тип. Песчаники тонко- и мелкозернистые.
2. Переходный тип. Песчаники однородны, изредка появляются косослойчатые.

3. Тип отложений с мелкими косослойчатыми сериями. Текстуры представлены плоскостной параллельной разнонаправленной косой слоичатостью. Песчаники средне-мелкозернистые. Режим формирования – перемещение прямолинейных поперечных песчаных гряд высотой до 0,5 м под воздействием ламинарных потоков противоположных направлений.

4. Тип отложений с крупными косослойчатыми сериями. Текстуры – плоскостная параллельная однонаправленная косая слоичатость. Песчаники среднезернистые с детритом брахиопод. Режим формирования – устойчивый высокодинамичный однонаправленный ламинарный поток, формирующий прямолинейные песчаные гряды высотой 0,5-1 м.

5. Тип отложений с крупными косослойчатыми сериями и вогнутыми слоевыми швами. Текстуры – плоскостная параллельная однонаправленная косая слоичатость. Пески среднезернистые. Режим формирования – высоко турбулентный поток, продуцирующий серповидные гряды высотой скорее всего более 1 м.

6. Тип отложений с текстурами смятия и взмучивания и горизонтальной слоичатостью. Текстуры – деформированные косослойчатые. Пески крупно-среднезернистые. Режим формирования – скорости потока выше критической величины существования грядного режима, вторая гладкая фаза [1, 5]. Скорости потока могли составлять, не менее 100 см/сек [6].

7. Тип отложений с градационной слоистостью. Пески крупно-среднезернистые. Режим формирования – скорости потока превышали 200 см/с, быстрая разгрузка материала, приводящая к градационной рассортировке.

Генетическая и фациальная интерпретация.

Нижнесаблинская посвита. Для песков и песчаников *пачки А*, характерен первый горизонтально слоичатый тип, соответствующий режиму спокойного осаждения.

Отложения *пачки В* и *пачки С* в долинах рек Сарья и Ладожка относятся ко второму переходному типу, формирование которого происходило при усилении интенсивности динамического режима.

Для *пачки С*, которая в основном развита в долинах рек Тосны и Лавы и занимает большую часть разреза характерен третий литогенетический тип с мелкими косослойчатыми сериями. Диаметрально противоположные направления падения косых слоев позволяют говорить об их формировании в мелководных высокодинамичных морских условиях под воздействием приливно-отливных течений в условиях частично закрытого участка бассейна, где увеличивается роль осадкообразующей деятельности приливов и отливов. Это могут быть участки дельт, эстуарии, узкие проливы или заливы. Существование подобных режимов подтверждается и исследованием современных дельтовых осадков [7].

Верхнесаблинская подсвета. Отложения *гертовской* и *ребровской* пачек, обнажающихся в долинах рек Тосна, Ладожка и Сясь состоят из трех литогенетических типов: горизонтально слойчатого, с крупными косослойчатыми сериями (преобладает) и с текстурами смятия и взмучивания и горизонтальной слойчатостью. Однонаправленным потоком, который формировал эти пески мог быть поперечный, с меньшей вероятностью вдольбереговой поток наносов, формировавшийся под воздействием волн, например, зыби в условиях открытого побережья.

В состав отложений *путиловской* пачки, выделенной недавно обнажение близ пос. Путилово входят литогенетические типы с крупными косослойчатыми сериями, текстурами смятия и взмучивания. Подобный текстурный облик как правило характерен для подводно-русловых или скорее подводно-дельтовых образований [1, 2].

Пески и песчаники *новолуцкой* пачки самые разнообразные по строению и составу. Литогенетические типы, которые входят в ее состав – это типы с крупными косослойчатыми сериями, текстурами смятия и взмучивания и горизонтальной слойчатостью, с градационной слоистостью. Вероятно, мы можем говорить о сверхплотном потоке, занимающем промежуточное положение между преимущественно ламинарным концентрированным потоком и турбулентным, нагруженным осадками [8], который мог иметь аллювиальный, либо пролювиальный, но по крайней мере однонаправленный потоковый генезис.

Таким образом, на основании выделения литогенетических типов и анализа их парагенеза были установлены генезис и условия образования песков среднего кембрия, которые накапливались не только в прибрежно-морских обстановках, но, возможно, в переходных или даже континентальных.

Литература

1. *Кутырев Э.И.* Условия образования и интерпретация косо́й слойчатости. – Л.: Недра, 1968. – 128 с.
2. *Платонов М.В., Тугарова М.А.* Континентальные и переходные обстановки осадконакопления среднего кембрия северо-западного крыла Московской синеклизы // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Оренбург, 18–20 ноября 2019 г. Оренбург: ИП “Востриков К “Полиарт”, 2019. С. 54–59.
3. *Попов Л.Е., Хазанович К.К., Боровко Н.Г., Сергеева С.П., Соболевская Р.Ф.* Опорные разрезы и стратиграфия кембро-ордовикской фосфоритоносной оболочевой толщи на северо-западе Русской платформы. – Л.: Наука, 1989. – 222 с.
4. *Рухин Л.Б.* Кембро-силурийская песчаная толща Ленинградской области // Ученые записки ЛГУ. Серия геолого-почвенных наук. 1939. Вып. 4(11). - Л.: Изд-во ЛГУ, 1939. - 171 с.
5. *Шванов В.Н.* Песчаные породы и методы их изучения. – Л.: Недра, 1969. – 248 с.
6. *Rubin D.M., McCulloch D.S.* Single and Superposed Bed Forms: A Synthesis of San Francisco Bay and Flume Observations // J. Sediment. Petrol. 1980. V. 26. – P. 207–231.
7. *Shanmugam G.* 2018. The hyperpycnite problem. // Journal of Palaeogeography, 2018. 7, Article n. 6. –P. 1–42.
8. *Zavala C.* Hyperpycnal flows and deposits. // Journal of Palaeogeography. 2020. V. 9. Article n. 17. – P. 1–21.

КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ УРАЛО-ПОВОЛЖЬЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И УНИКАЛЬНЫХ ОТКРЫТИЙ

И.Н. Плотникова¹

¹ *Академия наук Республики Татарстан, Казань, irena-2005@rambler.ru*

Более семидесяти лет ведется разведка и разработка нефтяных месторождений Татарской нефтеносной области, которая почти 20 лет прочно удерживала первое место в нашей стране по объему нефтедобычи, дав к 1981 году второй миллиард тонн нефти. Значительное снижение нефтедобычи в последние годы, истощение фонда традиционных нефтяных объектов осадочного чехла создают необходимость поиска воспроизводства промышленных запасов нефти и газа за счет нетрадиционных объектов. Одним из них является докембрийский кристаллический фундамент. Это обусловлено, прежде всего, тем, что промышленная нефтегазоносность разновозрастного кристаллического фундамента установлена в более чем 50-ти нефтегазоносных бассейнах мира. И хотя изучение нефтегазоносности фундамента и промежуточного комплекса уже имеет довольно продолжительную историю, остается очень много неразрешенных и дискуссионных вопросов. Наиболее значимым и актуальным остается то, что проблема нефтегазоносности докембрийского фундамента древних платформ является наиболее важной составной частью общей геологической проблемы, связанной с оценкой перспектив нефтегазоносности гранитного слоя земной коры как нового нефтегазоносного этажа литосферы, с закономерностями формирования нефтяных и газовых месторождений осадочного чехла, с глубинным строением Земной коры и протекающими в ней флюидодинамическими процессами.

Изучение газонефтяного потенциала кристаллического фундамента (КФ) осадочных бассейнов в старых или стареющих нефтегазодобывающих районах и областях может создать условия для увеличения сырьевой базы нефтяной промышленности, поэтому оценке перспектив нефтегазоносности кристаллических пород Татарстана уделяется серьезное внимание уже более 60-ти лет. Основой для выбора данного объекта в качестве перспективного на нефть и газ явились результаты многолетних комплексных геолого-геофизических и геохимических исследований, которые включали бурение более 20-ти скважин, вскрывших кристаллический фундамент на глубину от первых сотен метров до 4-х километров. Выполненные работы показали, что проблема формирования крупнейших месторождений нефти и газа не может быть решена в рамках изучения ограниченного геологического пространства осадочной толщи, а должна рассматриваться в тесной связи с эндогенным фактором, влияние которого на процессы миграции и аккумуляции нефти, зачастую, учитывается не в полной мере.

Во второй половине прошлого столетия в Урало-Поволжье кристаллический фундамент стал новым объектом исследования, в которых одна из наиболее значимых ролей была отведена кафедре петрографии и геохимии осадочных пород (ныне кафедра литологии) Московского института нефтехимической и газовой промышленности имени И.М. Губкина. Благодаря многолетним исследованиям в пределах Волго-Уральской области было выделено 16 архейских и 9 раннепротерозойских комплексов. Все они подробно рассмотрены и описаны в работах Т.А. Лапинской, А.В. Постникова, Л.П. Поповой и др. Сложность и многоступенчатость геологического развития региона Урало-Поволжья в конечном итоге

определили блоковую тектонику его строения, что уже не вызывает никакого сомнения и доказано наличием широкой сети дизъюнктивных нарушений различной глубины заложения. Активная разработка гипотезы о наличии разломов в КФ Русской плиты была начата в середине 1950-х годов и осуществлялась рядом исследователей. К концу прошлого столетия системы тектонических нарушений, секущих осадочный чехол и уходящих в кристаллический фундамент, установлены как по петрографическим признакам пород КФ (Т.А. Лапинская, Б.С. Ситдинов, С.В. Богданова, Д.В. Постников, А.В. Постников и др.), так и по комплексной интерпретации геофизических методов (В.П. Боронин, В.П. Степанов, М.А. Камалетдинов и др.). При этом петрографическими критериями выделения дизъюнктивных нарушений служат дайковые и силовые внедрения габбро-диабазов, зоны распространения трещиноватости, катаклаза, милонитизации, наложенной гидротермальной минерализации, соседство пород (вертикальное или площадное) резко различных фаций метаморфизма, проявление позднепротерозойского и девонского вулканизма.

Геофизиками тектонические разломы фиксируются по зонам высоких градиентов сил тяжести, по полосовидным магнитным аномалиям, линейным границам, разделяющим типы гравитационного и магнитного полей и по зонам нарушения корреляции отражающих сейсмических границ. На основании перечисленных критериев были разработаны различные схемы блокового строения ЮТС. Так. По данным Лапинской Т.А., Постникова А.В., Богдановой С.В., Поповой Л.П. и др., поверхность КФ Урало-Поволжья представляет собой совокупность резко очерченных блоков с различным петрографическим составом кристаллических пород. Они группируются в узкие (первые десятки километров) линейно-вытянутые зоны северо-восточного и северо-западного простираний, осложненные также субширотной и субмеридиональной системой разломов.

Особенностью дизъюнктивных нарушений КФ исследуемой территории является то, что, будучи заложенными в архей-протерозойское время, они испытали неоднократную активизацию в последующие геологические периоды. Данный факт отмечается многими исследователями и подтверждается как омоложением датировок возраста вмещающих пород вследствие наложения их вторичных изменений, так и ярко выраженной унаследованностью дислокаций фундамента в строении всех структурных этажей осадочного чехла и рельефе современной дневной поверхности. Кроме того, неоднократно зафиксированные в центре и на периферии Южно-Татарского свода землетрясения силой в 3-5 баллов по шкале Рихтера, свидетельствуют о неотектонических движениях и продолжении формирования структуры КФ.

Влияние дизъюнктивных разломов на нефтегазонасыщенность осадочной толщи было установлено давно и изучалось многими исследователями. Выявлено, в частности, что доля

нефтеносных структур, стратиграфический диапазон нефтеносности, степень заполненности ловушек и продуктивность пластов увеличивается в направлении к тектонически ослабленным зонам. Однако блоковой тектонике фундамента в основном отводилась косвенная роль структурообразующего фактора, а дизъюнктивы рассматривались, в первую очередь, как границы тектонических элементов – структурных ступеней, валообразных структур и высокоамплитудных поднятий, контролирующих залежи нефти.

Впервые на взаимосвязь нефтеносности осадочного чехла и состава пород, слагающих КФ, обратили внимание А.В. Постников и Л.П. Попова.

Исследования современной дефлюидизации глубоких зон и возможного насыщения нефтеносных пластов осадочного чехла газовыми компонентами впервые были начаты под руководством Р.Х. Муслимова. Уже первые полученные данные по изотопному и компонентному составу газов, отобранных из фундамента в скв. 20009-Новоелховской, показали их нестабильность во времени. Особый интерес представляет тот факт, что изотопный состав углерода метана при периодическом отборе изменялся от -10 до -90 ‰ с соответствующим облегчением или утяжелением $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$. Реальность современных процессов дегазации глубоких зон подтверждают и данные изотопного состава углерода нефтей Ново-Елховского месторождения, отобранных до и после сейсмических событий.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что декомпрессия глубинных зон, вызванная мантийными процессами на протяжении всей истории развития региона, привела к становлению древних докембрийских комплексов различного петрографического состава, заложению в раннем протерозое линейных разломов и более поздних систем нарушений, сформировавших, с одной стороны, структуру осадочного чехла ЮТС и Мелекесской впадины, с другой – обеспечивших проникновение флюидных систем и формирование аномальных геохимических полей в отложениях палеозоя. Структурно-вещественная неоднородность фундамента определяет его флюидопроницаемость в периоды тектонической активности и влияет на характер распределения нефтеносности осадочного чехла. Следовательно, вещественный состав фундамента, степень неоднородности его состава и последующей гидротермальной переработки в совокупности с параметрами современной флюидодинамики и неотектонической активности могут рассматриваться в качестве новых поисковых критериев оценки нефтегазонасности осадочного чехла и кристаллического фундамента.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОРОД ДОМАНИКОВОЙ ФОРМАЦИИ И ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

И.Н. Плотникова¹, С.Б. Остроухов¹, Н.В. Пронин¹

¹Академия наук Республики Татарстан, Казань, irena-2005@rambler.ru

Изучен микроэлементный состав пород семилукского горизонта из скважина юго-восточного склона Южно-Татарского свода. Исследования проведены на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Nexion 300D и системой лазерной абляции NWR213 (PERKINELMER). Для исследования были выбраны образцы, характеризующие различные литотипы пород семилукского горизонта. Формирование доманиковых пород происходило при участии эндогенной составляющей. Глубинные флюидные эманации, поступавшие в бассейн седиментации, имели восстановленный характер, а их источником являлись области (каналы) остывающих основных магм, выплавление которых в среднем девоне происходило из деплетированного мантийного резервуара. Пульсирующий характер поступления флюидных систем обусловил периодическое возникновение аноксидных обстановок осадконакопления – резко восстановительной среды и сероводородного заражения.

Масс-спектрометрия – это многоэлементный метод анализа, отличающийся высокой чувствительностью и позволяющий обнаруживать элементы с содержанием $10^{-8} - 10^{-10} \%$. Может быть использован для точного определения концентраций свыше 80-ти элементов и их изотопов в различных матрицах. Метод основан на использовании индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для их разделения и детектирования.

Основные задачи определения микроэлементного (МЭ) состава пород сводились к следующему:

1. Получение данных для характеристики палеофациальных условий формирования доманиковой формации. Технологии поиска нефти в доманиковых отложениях, а также разработка методов их освоения во многом зависит от наших знаний о типах залежей в доманикитах и истории их формирования. Характеристика микроэлементного состава во многом позволяет решать эти вопросы.

2. Получение данных для характеристики состава пород семилукского горизонта, которые в последующем могут быть использованы для моделирования различных методов воздействия на пласт.

Сравнение полученных результатов с кларковыми значениями для кремнистых пород, вулканитов и для верхней части континентальной коры в целом, указывает на повышенные и высокие концентрации V, Cr, Ni, Zn, Sr, Mo, Sn, U и целого ряда других элементов.

Одним из наиболее информативных индикаторов диагностики источников вещества в области петрологии и выявления процессов их эволюции являются диаграммы трендов распределения редкоземельных элементов (РЗЭ). Поэтому изучению РЗЭ в данной работе было уделено особое внимание.

Сопоставление спайдер-диаграмм распределения РЗЭ по различным образцам пород семилукского горизонта показало, что в целом характер распределения однообразен, но содержание РЗЭ заметно увеличивается в образцах, обогащенных органическим веществом.

Более тесную связь с $C_{орг}$ проявляют легкие РЗЭ (LREE), о чем свидетельствует коэффициент корреляции 0,81, в то время как уровень корреляции между ТОС и HREE (тяжелыми РЗЭ) несколько ниже – 0,76.

Значения отношения V/Ni варьируют от 1,25 до 7,61, указывая на высокую степень корреляции между элементами. Увеличение отношения хорошо согласуется со значениями ТОС, о чем говорит коэффициент корреляции = 0,6. Таким образом, отношение V/Ni может косвенно указывать на процессы, связанные с ростом накопления ОБ в процессе седиментогенеза.

Анализ соотношения МЭ и ТОС позволил установить тесную связь между ураном и органическим веществом. Следует сказать, что этот факт известен достаточно давно. В частности, еще в конце прошлого столетия для доманиковых отложений Татарстана связь микроэлементов с органическим веществом была рассмотрена в работах Б.И. Писоцкого и Готтих Р.П. и др. [1, 2] на примере урана с использованием метода f-радиографии. Выполненные ими исследования показали, что в карбонатных породах с содержаниями урана близкими к кларковым, металлы приурочены к органогенно-обломочным известнякам, плотным, массивным, с разномасштабной структурой, бежевого и серого цветов. В бактериально обогащенных участках количество урана увеличивается до 3.5-5.0 г/т, что в совокупности с «чистыми» слоями дает цифру 2.0-3.5 г/т. В исследованных нами образцах доманикитов содержание урана варьирует от 0,75 до 23,22 г/т, составляя в среднем 5,51 г/т. Максимальные значения содержания урана приурочены к образцам пород, обогащенных ОБ.

Учитывая тот факт, что кларки урана в осадочных, карбонатных породах, песчаниках и глинах соответственно составляют 3.4, 2.1, 2.3, 4.5 г/т, среднее значение 5,51 г/т, полученное для доманикитов, является повышенным, а максимальные значения (до 23,22 г/т) могут рассматриваться как очень высокие или аномальные.

Аномальные по содержанию микроэлементов породы не развиты по исследованному интервалу равномерно, а приурочены к тонким прослоям (первые сантиметры). Как правило, это породы темно-серого и черного цвета, представленные кремнеизвестняками и известняками кремнистыми, обогащенные ОБ.

Обобщая полученные материалы, а также результаты анализа литературных источников, можно сделать принципиальные выводы о том, что формирование доманиковых пород рассматриваемого региона происходило при участии эндогенной составляющей. Это подтверждает выводы, ранее сделанные Р.П. Готтих и Б.И. Писоцким о том, что глубинные

флюидные (газовые?) эманации, поступавшие в бассейн седиментации, имели восстановленный характер, а их источником являлись области (каналы) остывающих основных магм, выплавление которых в среднем девоне происходило из деплетированного мантийного резервуара [1].

Высокие значения ГК обусловлены не наличием глин, а наличием урановой составляющей в породах. Высокий уровень корреляции между содержанием урана и ТОС позволяет отождествлять участки высоких значений ГК с участками развития пород, обогащенных ОВ. Необходимы дальнейшие глубокие комплексные региональные и экспериментальные работы для расшифровки природы и доказательности выявленных закономерностей дифференциации МЭ в доманикитах.

Образование доманиковых отложений приурочено к этапам тектонической активизации, обусловившей развитие бассейнов некомпенсированного типа. Вулканизм в девонский период, несомненно, оказал влияние на формирование доманиковых фаций. Влияние это выражалось в значительном поступлении в область осадконакопления как кремнезема, так и комплекса микроэлементов, необходимых для активизации развития планктонных флоры и фауны, обеспечивавших периодическое поступление в осадки органического вещества в больших объемах.

Периодическое возникновение аноксидных условий подтверждается тем, что в битумоидах семилукского горизонта Татарстана в 2013-2014 гг. впервые были идентифицированы соединения ароматической группы состава $C_{10}-C_{40}$ с тетразамещённым бензольным кольцом из которых три заместителя являются метилами, а один - алкильной цепью изопреноидного строения [3, 4]. Эти соединения имеют реликтовый характер, связаны с природными биологическими веществами (изоэриентенами) состава C_{40} , унаследованными от зелёных серных бактерий (*Chlorobiaceae*), обитавших в жёсткой анаэробной среде.

Литература

1. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. К вопросу о формировании нефтематеринских толщ // Георесурсы, 2006. - № 4(21). - С. 6-10.
2. Готтих Р.П. Согласованность геофизических, геохимических и флюидодинамических данных как аргументация глубинности углеводородообразующих систем / Р.П. Готтих, Б.И. Писоцкий, А.В. Егоркин, И.Н. Плотникова, А.К. Назипов // Георесурсы, 2002. – № 4(12). – С. 33-37.
3. Остроухов С.Б. К вопросу о геохимических критериях изучения фациальных условий формирования сланцевых отложений / С.Б. Остроухов, И.Н. Плотникова, Ф.Ф. Носова, Н.В. Пронин // Георесурсы, 2015. - № 3-1 (62). - С. 42-46.
4. Остроухов С.Б. К вопросу о миграционных битумоидах в породах семилукского горизонта Первомайского месторождения нефти отложений / С.Б. Остроухов, И.Н. Плотникова, Ф.Ф. Носова, Н.В. Пронин и др. // Георесурсы, 2017. – Т. 19, № 1. - С. 52-58.

КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НАДЫМ-ПУР-ТАЗОВСКОГО РЕГИОНА

А.В. Постников¹, О.В. Постникова¹, Н.К. Кулагина¹, И.А. Китаева¹, О.А. Зуева¹,
А.С. Кузнецов¹, В.А. Лошкарева¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, olgapostnikova@yandex.ru

Кремнистые породы-коллекторы позднемиловых отложений Надым-Пур-Тазовского региона представлены широким комплексом силицитов, в составе которых выявлены кварц, кристаболит, цеолиты, иллит, монтмориллонит, глауконит. Породы формировались в условиях морского бассейна при активном влиянии вулканогенного материала. Пустотное пространство пород-коллекторов нижеберезовской подсвиты представляют собой иерархическую структуру, в состав которой входят пустоты различного генезиса и размера: пустоты, приуроченные к ходам роющих организмов; внутриформенные пустоты; межформенные пустоты; линзовидные пустоты; ячеистые пустоты; пустоты, приуроченные к микростилолитовым швам.

В настоящее время целый ряд крупных газовых месторождений Западной Сибири находятся на стадии падающей добычи. Это требует выявления и освоения новых газоносных горизонтов, приуроченных, в том числе, к отложениям сенона. Проведенные ранее в нашей стране работы по изучению сенонских отложений не позволили достоверно определить тип коллектора этих отложений, выявить генезис, закономерности распределения и морфометрические характеристики пустотного пространства в объеме пласта, что снижает достоверность подсчетных параметров и оценку ресурсного потенциала. В настоящее время не выявлены связи между фациальной природой и фильтрационно-емкостными характеристиками сенонских отложений. Детальные исследования обстановок осадконакопления, типы проявления ихнофацй, а также степени диа- и катагенетической преобразованности, позволили выявить эти связи и прогнозировать параметры ФЕС.

Глинисто-кремнистые отложения нижеберезовской подсвиты в настоящее время представляют собой один из наиболее перспективных объектов для увеличения ресурсной базы в Надым-Пур-Тазовском регионе. Эти отложения отличаются уникальными литолого-петрофизическими характеристиками, которые обуславливают значительные трудности по освоению с ними связанных продуктивных пластов. При относительно высоких значениях пористости, достигающих 50%, проницаемость этих отложений не превышает 0,1 мД. Это обусловлено сложной структурой пустотного пространства, которое включает широкий спектр генетических типов пустот в диапазоне от микронных и субмикронных размерностей до долей миллиметра.

Особенности структуры пустотного пространства и литолого-петрофизических характеристик нижеберезовской подсвиты во многом определялись условиями их осадконакопления. В связи с этим, основной целью работы явилось достоверное определение типа коллектора сенонских отложений, выявление генезиса, закономерности распределения

и морфометрических характеристик пустотного пространства в объеме пласта для увеличения надежности подсчетных параметров и оценки ресурсного потенциала. Выявить эти связи и достоверно прогнозировать параметры ФЕС позволили детальные исследования обстановок осадконакопления, типы проявления ихнофаций, а также степени диа- и катагенетической преобразованности. Объектом исследования являются породы-коллекторы кремнистых отложений нижнеберезовской подсвиты Надым-Пур-Тазовского региона.

Формирование изучаемых отложений происходило в условиях мелководного морского бассейна. Источником кремнистого вещества, являющегося основным компонентом пород, были вулканические и биогенные процессы, а также привнос терригенного материала с континента. Выявленный минеральный парагенез монтмориллонита, кристобалита и цеолитов указывает на активное преобразование пеплового материала, который поступал в бассейн из вулканических образований, располагавшихся на востоке. Преобразование пепла в монтмориллонит происходило во многом за счет деятельности бактериальных биоценозов, следы которых в изобилии диагностируются в породах нижнеберезовской подсвиты. Видимо, наиболее активный привнос пеплового материала происходил на ранних этапах формирования отложений нижнеберезовской подсвиты, где в целом наблюдается некоторое увеличение количества смектитов. В то же время, уменьшение биогенных компонентов в нижней части разреза указывает на неблагоприятные условия для развития биоценозов. Анализ ихнофаций показал, что в период отложения нижнеберезовской подсвиты периодически возникали дизоксидные обстановки, что коррелируется с широкоизвестными аноксическими событиями позднего мела. Дифференциация литологических характеристик нижней части разреза во многом определялась разносом пеплового материала подводными течениями и его накоплением в определенных элементах рельефа морского дна. В нижней части разреза наблюдаются потоки глинистого материала, который, видимо, поступал с востока и формировал подводные конусы выноса, что способствовало повышению глинистости разрезов в зоне их распространения. По мере снижения вулканической активности и привноса глинистого материала с суши, начинается активизация развития биоценозов, сформированных бактериальными комплексами и планктонными формами (радиолярии, диатомеи), а также губками. Отличительной чертой кремнистых отложений нижнеберезовской подсвиты является активное развитие коккоидных форм бактерий, которые, питаясь органическим веществом осадка, создавали кристобалитовые минеральные образования в виде шариков и корок. Наиболее активно этот процесс наблюдается в средней и в верхней частях нижнеберезовской подсвиты. Процессы, связанные с деятельностью бактериальных биоценозов, в значительной степени повлияли на структурные и текстурные

характеристики изучаемых отложений. В верхней части разреза отложений нижеберезовской подсвиты, видимо, активизировался привнос глинистого материала с востока, что привело к постепенному увеличению глинистой компоненты в породах.

Кремнистые породы нижеберезовской подсвиты верхнего мела являются уникальным с точки зрения литологических характеристик, генезиса, структуры пустотного пространства объектом в нефтегазовой геологии. Для изучения их минерального состава, структуры пустотного пространства и генезиса были применены специальные методические приемы, предусматривающие использование и комплексный анализ результатов широкого спектра лабораторных исследований, включающий оптическую микро- и стереоскопию, растровую электронную микроскопию, рентгеноструктурный анализ, микротомографию. Пустотное пространство пород-коллекторов нижеберезовской подсвиты представляют собой иерархическую структуру, в состав которой входят пустоты различного генезиса и размера: пустоты, приуроченные к ходам роющих организмов; внутриформенные пустоты; межформенные пустоты; линзовидные пустоты; ячеистые пустоты; пустоты, приуроченные к микростилолитовым швам.

Генетические типы пустот различаются по морфометрическим параметрам, закономерностям распределения в объеме породы (текстура пустотного пространства) и характеру минерализации стенок.

Таким образом, согласно результатам литологических, палеонтологических исследований и литолого-фациальных построений, отложения нижеберезовской подсвиты Надым-Пур-Тазовского региона накапливались в условиях мелководного Западно-Сибирского морского палеобассейна и мигрирующих по площади дистальных частей дельтовых равнин (продельт) при активном влиянии вулканических процессов. Дифференциация литолого-петрофизических характеристик отложений нижеберезовской подсвиты обусловлена в значительной степени пространственными изменениями условий осадконакопления.

СИНГЕНЕТИЧНОЕ ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ С
ПОДВОДНЫМИ ЭФФУЗИВАМИ ТРАХИБАЗАЛЬНОГО СОСТАВА, ИХ
МЕТАСОМАТОЗ И ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КЕМБРИЙСКОГО
РАЗРЕЗА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ КАНАНДИНСКАЯ 278 ВОСТОЧНОЙ
СИБИРИ

В.В. Пустыльникова¹

¹ *Апрелевский филиал ФГБУ ВНИГНИ, Москва, v.pustylnikova@vnigni.ru*

Работа посвящена рассмотрению вопроса осадконакопления сульфатно-карбонатных толщ в аридном климате, в условиях полузамкнутой лагуны, где одновременно с нормальным осадочным процессом протекали излияния подводных лавовых потоков щелочно-основного состава. Рассмотрено влияние морской воды и карбонатных илов на трахибазальтовые лавы с различной степенью раскристаллизации. Приводится пример сложного строения разреза, где породы осадочного генезиса перемежаются с эффузивными, практически утратившими свои первичные структуры, текстуры и состав. Предполагается метасоматическая природа изученных пород.

Параметрическая скважина Канандинская 278 административно расположена на территории Сибирского Федерального округа, Красноярского края, Илимпейского района. Объектом изучения послужил разрез малыкайской свиты среднего кембрия (Є₂mlk) в интервале глубин 2700 – 3500 м, полностью охарактеризованный керновым материалом (стратиграфическое положение уточняется!).

Комплексные литологические исследования керна были проведены в лаборатории литологии научно-аналитического центра Апрелевского отделения ФГБУ «ВНИГНИ», часть полученных результатов положена в основу данной работы.

Изученный разрез представлен сложным переслаиванием метасоматически измененных эффузивных пород (предположительно щелочно-основного состава) в разной степени карбонатизированных и сульфатно-карбонатных пород. Некоторые известняки имеют органогенно-обломочную структуру, содержат срезы цельных раковин и обломки скелетов морской фауны, перекристаллизованные образования микрофитоцитов. В разрезе часто присутствуют тонкие глинистые прослои темно-серого цвета.

При макроописании пород отмечается слоистая текстура, слоистость тонкая и неравномерная, горизонтальная, волнистая, линзовидно-волнистая, обусловленная цветом/составом. Цвет пород меняется от светло-серого, до серого и темно-серого, иногда почти черного, с различными оттенками, часто присутствует зеленоватый оттенок. Слойки ровные, волнистые, а также часто нарушенные взламыванием, пластичной деформацией и разрывами на отдельные фрагменты с неровными краями. Границы слоев довольно четкие, контрастные, иногда постепенные. Структуры пород от пелитоморфных до слабо различимых, микро- и мелко-кристаллическизернистых, послойно присутствуют

внутриформационные конгло-брекчии. Из минеральных включений часто отмечается ангидрит, как в общей массе разрозненными кристаллами и сростками, так и в кавернах. В некоторых участках отмечается ожелезнение пород в виде кружевных и пятнистых образований гематита. Послойно отмечаются выпоты солевого рассола горько-соленого вкуса. Породы преимущественно плотные, участками низкопористые.

Состав пород уточнялся по данным петрографического анализа и РФА. В результате аналитических исследований разрез был значительно уточнен, в его строении выявились определенные закономерности. Имеющийся разрез малыкайской свиты довольно четко разделится на две части. Нижнюю – сульфатно-терригенно-карбонатную, с содержанием карбонатов от 2-3 % до 50% и более (известняки и доломиты), терригенной примеси до 15-30%, ангидрита от 2 до 10%, редко до 20% в отдельных прослоях, хлорита до 7-10%, флогопита до 7-20% и галита (первые проценты). Верхнюю - с появлением в составе пород сначала амфиболов (3-20%), а затем и пироксенов (20-45%), а также содержанием карбонатов (суммарно кальцита и доломита) от 4-6 % до 50% и более, до 80-90% (известняки и доломиты), ангидрита редко послойно от 4 до 10%, флогопита (5-15%), в редких образцах присутствуют галит, сильвин (первые проценты). Терригенная примесь кварца вверх по разрезу постепенно исчезла, из полевых шпатов появились микроклины (5-30%) и основные плагиоклазы (4-15%). Данные РФА подтверждаются данными рентгенофлуоресцентного анализа (Таблица), в особенности, если учесть, что часть пород претерпела кальцитизацию и имеющееся соотношение при уменьшении CaO и MgO сдвинется в сторону увеличения SiO₂ и суммы Na₂O+K₂O, то породы займут место на TAS диаграмме (рисунок 1) в поле трахибазитов, базальтов и трахи-андезибазальтов. Вышеуказанные разности в таблице отмечены зеленым цветом (Таблица), известняки - розовым, смешанные разности –голубым.

Таблица. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа некоторых образцов керна из верхней части разреза малыкайской свиты (в таблице приведена лишь часть основных оксидов)

№ обр.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O
1240-22	21,96	4,46	0,28	1,88	0,12	46,22	3,34	1,63
1245-22	3,28	0,95	0,06	0,59	0,05	62,73	1,23	0,20
1263-22	37,55	9,60	0,47	4,40	0,07	26,63	6,81	4,14
1287-22	32,16	9,41	0,42	2,71	0,07	33,86	4,79	2,80
1309-22	2,29	0,61	0,05	0,73	0,06	65,91	1,37	0,14
1322-22	41,42	12,42	0,59	6,06	0,09	19,47	8,90	5,03
1327-22	24,00	5,27	0,34	2,00	0,08	42,65	5,01	1,38
1346-22	35,31	7,06	0,29	2,75	0,08	32,66	6,62	3,33
1360-22	45,53	10,53	0,40	4,29	0,09	19,20	4,26	7,81
1367-22	6,81	2,08	0,13	0,84	0,06	52,24	9,67	0,22
1374-22	36,98	8,16	0,40	4,02	0,13	24,53	11,19	2,60
1384-22	42,65	11,46	0,53	4,50	0,07	17,64	10,12	4,09

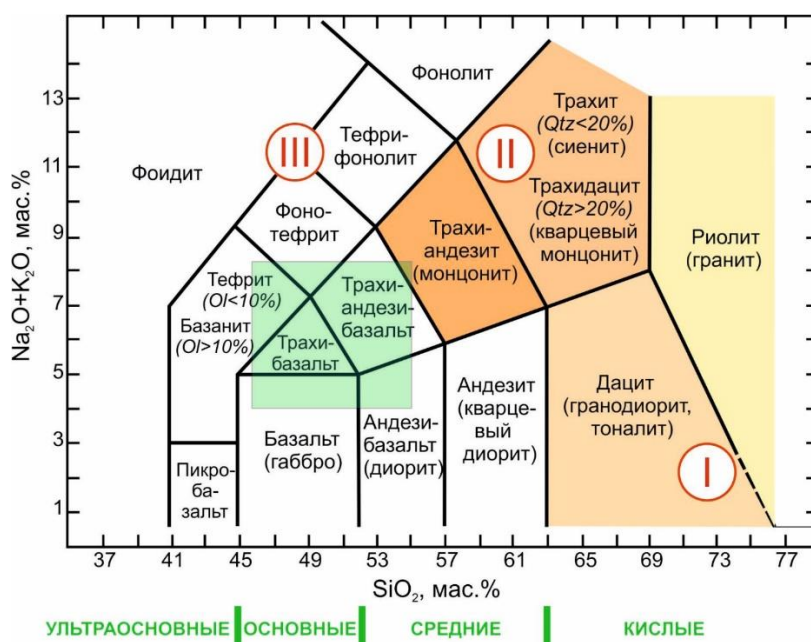


Рисунок 1 TAS диаграмма Le Maitre et al., 2002. Прозрачным зеленым цветом выделено поле, в которое предположительно попадают эффузивные породы реконструированного состава

Наличие темноцветных минералов (пироксенов и амфиболов), основных плагиоклазов и микроклина, магнетита и гематита, а также реликтовых участков с базальтовой структурой, с миндалевидной текстурой (некоторые миндалины выполнены цеолитами), позволило предположить, что мы имеем дело с эффузивами щелочно-основного состава, эпизодически изливавшимися в бассейн с высокой соленостью, где, в спокойное от вулканической деятельности время, шло накопление галогенно-сульфатно-карбонатных осадков. Прослои эффузивов преобразовывались в процессе метасоматоза – подвергались интенсивной кальцитизации и доломитизации, в меньшей степени - ангидритизации, далее - вторично преобразовывались в диагенезе и катагенезе (от некоторых минералов в шлифах видны лишь теньевые структуры). Тонкие прослои кремнисто-карбонатно-глинистого состава, образованы, предположительно, в результате девитрификации вулканического стекла основного состава с образованием массы из мелких агрегатов кремнистого и гидрослюдистого состава с примесью карбонатного материала.

Литература

1. Le Maitre (editor), A. Streckeisen, B. Zanettin, M. J. Le Bas, B. Bonin, P. Bateman, G. Bellieni, A. Dudek, S. Efremova, J. Keller, J. Lamere, P. A. Sabine, R. Schmid, H. Sorensen, and A. R. Woolley, Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press, 2002. ISBN 0-521-66215-X

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДКОВ ОХОТСКОГО МОРЯ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ФОРАМИНИФЕРОВОГО АНАЛИЗА)

А.В. Романова¹

¹ ДВГИ ДВО РАН, Владивосток, *sandra_ru@bk.ru*

Изучение процессов осадкообразования в дальневосточных окраинных морях дает понимание не только региональных, но и общих закономерностей приконтинентального осадочного процесса. Исследование направлено на восстановление обстановок формирования осадков в Охотском море в позднеплейстоцен-голоценовое время по данным фораминиферового анализа.

Не смотря на преобладание кремнистых осадков и низкого содержания карбоната кальция в них, изучение фораминифер является важным условием при комплексных и всесторонних реконструкциях условий осадконакопления в Охотском море. Более того, в районах метановых проявлений фораминиферы на сегодняшний день являются единственным индикатором палеометановых событий.

Анализ распределения планктонных фораминифер, как в поверхностных отложениях, так и в колонках, показал, что для Охотского моря необходим учет региональных особенностей и использование альтернативных подходов при реконструкциях условий осадконакопления с помощью фораминиферового анализа [4]. Изучение планктонных фораминифер из поверхностных отложений позволило выявить особенности их распределения по площади Охотского моря. Установлено, что концентрация раковин в осадках возрастает с севера к центральной части и постепенно снижается по направлению к Курильским островам. В этом же направлении отчетливо возрастает и таксономическое разнообразие планктонных фораминифер, наибольшее количество таксонов (7) характерно для центрального района. Комплексный подход в изучении танатоценозов планктонных фораминифер, включающий такие характеристики, как количественная и качественная структура танатоценоза, растворение, температура и соленость вод, тип осадков, позволил выделить и охарактеризовать отдельные биогеографические районы Охотского моря по планктонным фораминиферам. Выделенные районы служат исходной моделью при интерпретации данных глубоководных колонок. На основе выявленных особенностей танатоценозов из различных биогеографических районов Охотского моря были установлены закономерности смены экологической структуры фораминиферо-палеосообществ в колонках, что позволило выделить ряд критериев для распознавания конкретных палеогеографических событий. Увеличение фораминиферо-числа в осадках, сформировавшихся во время МИС 1, наиболее ярко зафиксировало ряд потеплений, соответствующих неоплейстоцену и голоцену. Для осадков МИС 2, 3, 4 данный критерий не

является таким показательным. Установлена различная реакция отдельных видов на изменения океанографической ситуации в Охотском море в течение позднего плейстоцена-голоцена. Относительное увеличение частоты встречаемости *G. bulloides* в комплексе характерно для «теплой» МИС 3. Дополнительным критерием распознавания теплых стадий можно считать присутствие в палеосообществах *G. quinqueloba*. Однозначно трактовать наличие в палеосообществах других таксонов и говорить о них, как индикаторах тех или иных условий, пока преждевременно. Так, таксоны *N. pachyderma* dex, *G. glutinata*, *G. scitula* приблизительно с одинаковыми оценками обилия встречаются в осадках МИС 2, 3, 4. Появление данных видов в палеосообществах могло быть вызвано и кратковременными сезонными потеплениями. Наиболее высокие концентрации *N. pachyderma* sin, установленные в осадках «холодных» МИС 2 и 4, а так же отдельных периодов МИС 3 и 1, могут свидетельствовать об относительно низких температурах и усилении стратификации водной толщи. Еще одним критерием выявления особенностей гидрологической обстановки может являться степень растворения раковин фораминифер. Признаки растворения, которые выявлены на раковинах из осадков, соответствующих подстадии 5с, отдельным временным срезам МИС 3, и позднему голоцену, скорее всего, говорят об увеличении концентрации растворенных гидрокарбонат ионов в поровых водах, повлекших усиление их агрессивности по отношению к карбонату кальция [3]. Дополнительным критерием для выявления комплексов фораминифер, формировавшихся в определенных палеогеографических ситуациях является выделение морфотипов у доминирующего вида *N. pachyderma* sin. Выделенные нами морфотипы вероятно отражают изменения в стратификации охотоморских вод, которая усиливалась в холодные периоды и ослабевала в теплые. Комплексы планктонных фораминифер отражают крупные события в истории осадконакопления за последние 100 тыс. лет: потепление МИС 5 с подстадиями a,b,c (100 – 79 тыс. лет), оледенения МИС 4 – 2 (79-14,7 тыс. лет) и межледниковье МИС 3 (59-24 тыс. лет), дегляциация, включающая резкое потепление беллинг-аллеред (14,7-12,8 тыс. лет) с похолоданием поздний дриас (12,8-11,2), а так же постдегляциация голоцена (с 6 тыс. лет). Самое значительное изменение в экологической структуре планктонных фораминифер, повлиявшее на седиментацию Охотского моря, произошло на рубеже 1 и 2 МИС и было вызвано изменением продуктивности фораминифер, а не сохранностью комплексов, что подтверждается низкими значениями индекса фрагментарности.

Реконструкции условий осадконакопления в Охотском море в местах выхода метана [1, 2] показали, что метановый отклик в живых фораминиферах может перекрываться дополнительным сигналом во время последующих эмиссий метана и диагенетических преобразований раковин уже в осадках, что позволяет выделить метановые события

различной продолжительности. В отличие от карбонатных конкреций и малакофауны, которые так же фиксируют метановые эмиссии и встречаются в кернах отложений эпизодически, фораминиферы встречаются практически повсеместно и в большом количестве. Анализ изотопов углерода разных видов фораминифер в сочетании с датами АМС ^{14}C и биостратиграфическими данными позволяет определить четыре интервала $\delta^{13}\text{C}$ в исследуемой колонке. Они по времени соответствуют метановым событиям: ME-1 (900–700 лет), ME-2 (1400–1200 лет), ME-3 (4700–2500 лет) и ME-4 (10000–7400 лет).

Литература

1. Плетнев С.П., Ву Ю., Романова А.В., Аннин В.К., Уткин И.В., Верецагина О.Ф. Негативные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ раковин бентосных фораминифер: голоценовая история метановых событий в центральной части Охотского моря // Геология и геофизика. - 2020. Т. 61. №4. С. 527-545.
2. Плетнев С.П., Романова А.В., Юньхуа Ву, Аннин В.К., Уткин И.В., Верецагина О.Ф. Голоценовые метановые эмиссии в Юго-западной части Охотского моря (на основе изотопов углерода в раковинах бентосных фораминифер) // Доклады Академии наук. - 2019. Т. 488. №1. С.91-93.
3. Романова А.В., Плетнев С.П., Аннин В. К., Тарасова Т.С. Растворение карбонатного материала раковин фораминифер в Охотском море // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2018. Вып. 37. № 1. С. 60-71.
4. Романова А.В. Палеогеографические особенности формирования осадков Охотского моря в позднем плейстоцене-голоцене (по данным фораминиферового анализа) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 21. №1. С. 231-243.

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛИТОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕМИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПАРАТЕТИСА)

Ю.В. Ростовцева¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, rostovtseva@list.ru

Рассматриваются возможности циклостратиграфии в изучении отложений монотонного строения, позволяющих рассчитывать скорости седиментации, оценивать длительность перерывов в осадконакоплении и проводить датирование пород.

Термин «циклостратиграфия» трактуется по-разному. Часто под ним понимается раздел стратиграфии, использующий циклическое строение отложений для расчленения и сопоставления осадочных толщ [1]. Циклическое строение отложений определяется сменой (последовательностью) пород, в том числе характеризующейся упорядоченной повторяемостью (ритмичностью). При этом рассматриваются циклы различного происхождения, в том числе отражающие регрессивные и трансгрессивные этапы развития морского бассейна, позволяющие осуществлять корреляцию смежных одновозрастных толщ, но не проводить датирование пород.

В зарубежной геологии «циклостратиграфия» – новое научное направление в стратиграфии и седиментологии, целью которого является выявлять, характеризовать, коррелировать и интерпретировать циклические изменения в осадочных комплексах, восстанавливая геохронологию с применением высокоточных технологий [2]. При этом приоритетным является определение астрономической цикличности, глобально проявляющейся и отражающейся в строении осадочных толщ. При рассмотрении астрономической цикличности, прежде всего, оцениваются колебания количества солнечного света и радиации, достигавшие поверхности Земли на протяжении больших промежутков времени, известные как циклы Миланковича. Эти колебания инсоляции оказывают существенное влияние на климатические условия, изменчивость которых сказывается на действие различных факторов седиментации, приводящих к накоплению отличающихся по литологии осадочных образований. Длительность циклов Миланковича в зависимости от орбитальных параметров может быть разной и колебаться от первых десятков до сотен тысяч лет, а также составлять миллионы лет.

Некоторые исследователи, учитывая имеющуюся широту трактования термина «циклостратиграфия» в геологии, предлагают использовать понятие «астростратиграфия»

для обозначения исследований, касающихся выявления записи орбитальных циклов в отложениях [1].

По циклостратиграфии мио-плиоценовых отложений имеются многочисленные публикации. Во многих таких работах приводятся результаты изучения неогеновых толщ, развитых в Средиземноморье и Центральном Паратетисе [3, 4, 5]. Например, для этих отложений на основе выявления астрономической цикличности проведено датирование границы между миоценом и плиоценом [3], баденом и сарматом, а также основания паннона [5]. В рассматриваемых толщах установлено наличие циклов, отвечающих периодам колебания угла наклона земной оси, прецессии и эксцентриситета [5, 6].

В этом отношении неогеновые комплексы Восточного Паратетиса изучены в значительно меньшей степени. В отдельных работах приводятся данные об астрономической цикличности толщ верхнего миоцена и плиоцена Дакийского бассейна [7, 8], конкских отложений Восточной Грузии [9]. Результаты циклостратиграфических исследований пород среднего и верхнего миоцена, вскрываемых в опорных разрезах Таманского полуострова, рассматриваются также в ряде публикаций [10, 11, 12].

В целом, изучение средне-верхнемиоценовых отложений Восточного Паратетиса (на примере разрезов Таманского полуострова) методами циклостратиграфии позволяет сделать следующие основные выводы:

1. В результате исследования установлено, что астрономическая цикличность отражается в строении относительно глубоководных глинистых отложений конки, мэотиса и понта Восточного Паратетиса (опорные разрезы Таманского полуострова).

2. В рассматриваемых отложениях мэотиса и понта периоду в 41000 лет (изменение наклона угла оси Земли) могут соответствовать циклы длиной в 6–8 м, а периодам 19000, 22000 и 24000 лет (прецессии) – циклы длиной около 3 и 4 м. В изучаемых конкских отложениях определение соответствия выявленного цикла длиной 3.3 м к тому или иному периоду астрономических колебаний инсоляции пока ещё остается дискуссионным из-за наличия при их накоплении резкой смены режимов седиментации, а также имеющих трудностей при рассмотрении стратификации этих толщ.

3. Скорости седиментации составляли в среднем в раннем мэотисе – 11–12 см/1000 лет, позднем мэотисе – 19 см/1000 лет, во время накопления переходных между мэотисом и понтом слоев – около 16.3 см/1000 лет, в раннем понте (новороссии) – 13.5 см/1000 лет, а в позднем понте (босфоре) – 19.5 см/1000 лет.

4. Полученные данные по циклостратиграфии подтверждают представления о возрасте границ сармата/мэотиса около 7.6 млн л., нижнего/верхнего мэотиса около 6.7 млн л., мэотиса/понта около 6.1–6.03 млн л., понта/киммерия около 5.2 млн л. Нижняя и верхняя

границы портаферских слоев датируются около 5.65 и 5.45 млн л. соответственно.

5. На границе нижнего и верхнего понта, учитывая особенности литологического строения портаферских слоев, предполагается перерыв в осадконакоплении длительностью около 150–160 тыс. лет, который коррелируется с развитием мессинской эрозионной поверхности в Средиземноморье. Эти данные хорошо согласуются с особенностями литологического строения понтических толщ и существующими представлениями о наличии значительного внутривосточного размыва (IPU), установленного в отложениях западной части Черного моря. Общая длительность понта составляет не более 1 млн л. (около 0.8–0.9 млн л.).

Литература

1. *Гладенков Ю.Б.* Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии XXI века). Труды ГИН РАН, выпуск 551. - М.ГЕОС, 2004. –120 с.
2. *Hilgen F.J., Schwarzacher W., Strasser A.* Concepts and definitions in cyclostratigraphy (second report of the cyclostratigraphy working group) // SEPM. Spec. Publ. 81, Tulsa. 2004. P. 303–305.
3. *Hilgen, F.J.* Extension of the astronomically calibrated (polarity) time scale to the Miocene-Pliocene boundary. *Earth and Planetary Science Letters* 107. 1991. P. 349–368.
4. *Hilgen F.J., Abdul Aziz H., Krijgsman, W., Raffi I., Turco E.* Integrated stratigraphy and astronomical tuning of the Serravallian and lower Tortonian at Monte dei Corvi (Middle-Upper Miocene, northern Italy) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 199. 2003. P. 229–264.
5. *Lirer F., Harzhauser M., Pelosi N., Piller W.E., Schmid H.P., Sprovieri M.* Astronomically forced teleconnection between Paratethyan and Mediterranean sediments during the Middle and Late Miocene // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 275. 2009. P. 1–13.
6. *Gunderson K.L., Kodama K.P., Anastasio D.J., Pazzaglia F.G.* Rock-magnetic cyclostratigraphy for the Late Pliocene – Early Pleistocene Stirone section, Northern Apennine mountain front, Italy. Geological Society, London, Special Publications. 2012. P. 373.
7. *Vasiliev I., Krijgsman W., Langereis C.G., Panaiotu C.E., Matenco L., Bertotti G.* Towards an astrochronological framework for the eastern Paratethys Mio-Pliocene sedimentary sequences of the Focsani basin (Romania) // *Earth and Planetary Science Letters*. 227 (3–4). 2004. P. 231–247.
8. *Popescu S.-M., Suc J.-P., Loutre M.-F.* 2006. Early Pliocene vegetation changes forced by eccentricity-precession. Example from Southwestern Romania // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 238. 2006. P. 340–348.
9. *Rostovtseva Yu.V., Koiava K.P., Rybkina A.I.* The Cyclostratigraphy of the Konkian Deposits of Eastern Georgia (Eastern Paratethys, Kura Basin) // *Moscow University Geology Bulletin*, vol. 75 (6). 2020. P. 579–588.
10. *Rybkina A.I., Kern A.N., Rostovtseva Yu.V.* 2015. New evidence of the age of the lower Maeotian substage of the Eastern Paratethys based on astronomical cycles // *Sedimentary Geology*. 330. 2015. P. 122–131.
11. *Rostovtseva Yu.V., Rybkina A.I.* The Messinian event in the Paratethys: Astronomical tuning of the Black Sea Pontian // *Marine Petrol. Geol.* Vol. 80. 2017. P. 321–332.
12. *Rostovtseva Yu.V., Rybkina A.I., Sokolova A.Yu.* The depositional setting of the Konkian sediments of the Taman Peninsula // *Moscow University Geology Bulletin*. Vol. 74. № 1. 2019. P. 50–55.

ВОЗМОЖНЫЕ ФАКТОРЫ НАРУШЕНИЯ ОСАДОЧНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ РАННЕТРИАСОВОГО КАВКАЗСКОГО МОРЯ

Д.А. Рубан¹

¹ ЮФУ, Ростов-на-Дону, *ruban-d@mail.ru*

В данной работе приводится характеристика некоторых особенностей обломочных пород бамбакской свиты раннеиндского возраста (ранний триас), установленных в долине р. Гош на Западном Кавказе. Конгломерато-брекчии перекрываются песчаниками, в которых присутствуют крупные обломки, в том числе мегакласты. Они маркируют нарушение нормального хода механической дифференциации на побережье Кавказского моря предположительно вследствие действия тропических штормов или цунами.

Быстрое развитие наук геологического цикла и, в частности, литологии вовсе не означает столь же быстрого устаревания ранее предложенных взглядов. Более того, отказ от богатого научного наследия и традиций, подобных тем, что сформировались в нашей стране в середине XX века, в угоду копированию современных исследовательских практик без критического к ним отношения способны нанести вред научному прогрессу [2]. Имена выдающихся советских ученых-геологов, таких как Л.В. Пустовалов, все еще хорошо известны, однако труды их скорее упоминаются в историческом контексте, чем внимательно прочитываются и тем более берутся за основу при выполнении современных исследований.

В наиболее известной работе Л.В. Пустовалова не только формулируются идеи осадочной дифференциации, но и обращается внимание на частные случаи ее проявления и, наоборот, нарушения [1]. Так, при характеристике крупнообломных пород, названных псефитолитами, как продуктов механической дифференциации дается замечание относительно изолированных одиночных валунов среди тонкозернистых осадков, наличие которых объясняется деятельностью ледников, животных и растений [1]. Это приводит к увеличению разнозернистости, которая не должна вводить в заблуждение при палеогеографических интерпретациях. По сути имеет место нарушение нормального хода механической дифференциации за счет действия ряда внешних факторов. Это замечание ценно само по себе, т.к. дает отправную точку для изучения такого рода нарушений, в том числе с учетом новейших геологических представлений.

При проведении геологических исследований в бассейне р. Белой на Западном Кавказе в июле 2022 г. удалось проследить нижнюю часть разреза триасовых отложений. В долине р. Гош у с. Новопрохладное (Республика Адыгея, Майкопский район) был установлен выход маломощных обломочных пород, которые по своему облику и условиям залегания могут быть отнесены к бамбакской свите [10], датируемой началом индского века [3]. Нижние слои слагаются конгломерато-брекчиями с псефитовым материалом (обломки домезозойских осадочных и кристаллических пород) различной размерности и различной же

степени окатанности. Выше залегают песчаники, содержащие отдельные, разрозненные псефитовые обломки. Среди них выделяется гигантский обломок, максимальный размер которого достигает 2 м, форма неправильная, но углы слегка скругленные. Он сложен песчаником (вероятнее всего, пермского возраста).

Довольно любопытно, что этот мегакласт (обломок размером более 1 м в диаметре в современной терминологии [6]) приурочен именно к верхней части разреза, слагаемой породами с меньшими размерами зерен. Если не учитывать наличие псефитовых обломков в песчаниках, то вполне очевидно, что на протяжении времени накопления бамбакской свиты на рассмотренном участке имела место трансгрессия и выработывался более пологий профиль береговой зоны [10]. Однако накопление псефитовых обломков нарушило нормальный ход механической дифференциации в пределах последней, что видится сопоставимым с ситуацией, отмеченной в работе Л.В. Пустовалова [1]. С учетом современных палеотектонических реконструкций [8, 9] рассматриваемая территория располагалась в тропических широтах, а потому ледниковую транспортировку мегакласта стоит отвергнуть, равно как и большой вес делает невозможным его привнос за счет деятельности организмов. Опыт современных исследований береговой зоны позволяет связать накопление крупных обломков с действием тропических штормов или цунами [10], которые в таком случае оказываются еще одним фактором нарушения осадочной дифференциации в дополнение к тем факторам, которые были названы ранее [1].

Отмеченная выше скругленность углов мегакласта может объясняться двояко. С одной стороны, она могла быть приобретена еще до отделения обломка от массива коренных пород. Например, это происходило вдоль крупных трещин в последнем, по которым затем и произошло отделение блока. С другой стороны, такая округлость могла стать следствием полировки за счет действия морских волн уже после транспортировки мегакласта. В изученном выходе видно облекание последнего слоями песчаника, что указывает на его позицию в качестве своего рода барьера на пути перемещения более мелкозернистого обломочного материала на древнем побережье в течение достаточно длительного времени.

Принимая во внимание расположение Западного Кавказа в палеопространстве [8, 9], действие тропических штормов видится довольно вероятным. Что касается цунами, то их также нельзя исключать в связи с локализацией рассматриваемой территории на активной северной окраине океана Тетис. Более того, ранее такого рода отложения были описаны вблизи границы перми/триаса в бассейне Парана (Бразилия) [11], Карнийских Альпах (Австрия) [5], Кашмире (Индия) [4]. Гипотетически все или некоторые из них могли быть связаны с известной катастрофой планетарного масштаба, имевшей место на этой границе [7]. Прямых свидетельств, позволяющих связать предполагаемое цунами на побережье

раннетриасового Кавказского моря с этой катастрофой нет, однако стоит отметить, что бамбакская свита датируется ранним индом; соответствующие палеонтологические данные получены из ее верхней части [3]. В таком случае нельзя исключать, что граница перми/триаса проходит внутри этого литостратиграфического подразделения. Это делает влияние вышеотмеченной катастрофы вполне возможным. Однако такой сценарий, подтверждающий необходимость осторожного использования принципа актуализма [1], пока что может быть представлен лишь как в высшей степени гипотетический.

Проведенное исследование позволяет, прежде всего, обозначить некоторые заслуживающие внимания особенности нового объекта для литологического и палеогеографического изучения. Однако в более широком плане оно демонстрирует сохраняющуюся актуальность идей, представленных в классических трудах отечественных ученых-геологов, при проведении современных исследований. Действительно, замечания в работе, опубликованной более 80 лет назад [1], оказываются хорошо сочетаемыми с новейшими представлениями в области литологии и, в частности, активно развиваемым с начала XXI века учением о мегакластах.

Литература

1. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. Ч. 2. – М.: Гостоптехиздат, 1940. – 420 с.
2. Рубан Д.А. Научная реверсия как проявление научного прогресса // Вестник ВГУ. Серия: Философия. – 2021. – № 3. – С. 122–128.
3. Чаицкий В.П., Попков В.И., Попков И.В., Пинчук Т.Н. Триас Северного Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. – 2020. – № 2. – С. 11–21.
4. Brookfield M.E., Algeo T.J., Hannigan R., Williams J., Bhat G.M. Shaken and Stirred: Seismites and Tsunamites at the Permian-Triassic boundary, Guryul Ravine, Kashmir, India // Palaios. – 213. – Vol. 28. – P. 568–582.
5. Brookfield M.E., Wolbach W.S., Stebbins A.G., Gilmour I., Roegge D.R. Organic carbon content and carbon isotope variations across the Permo-Triassic boundary in the Gartnerkofel-1 borehole, Carnic Alps, Austria // Acta Geochimica. – 2018. – Vol. 37. – P. 422–432.
6. Bruno D. E., Ruban D. A. Something more than boulders: A geological comment on the nomenclature of megaclasts on extraterrestrial bodies // Planetary and Space Science. – 2017. – Vol. 135. – P. 37–42.
7. Chen Z.-Q., Harper D.A.T., Grasby S., Zhang L. Catastrophic event sequences across the Permian-Triassic boundary in the ocean and on land // Global and Planetary Change. – 2022. – Vol. 215. – P. 103890.
8. Kocsis A.T., Scotese C.R. Mapping paleocoastlines and continental flooding during the Phanerozoic // Earth-Science Reviews. – 2021. – Vol. 213. – P. 103463.
9. Matthews K.J., Maloney K.T., Zahirovic S., Williams S.E., Seton M., Muller R.D. Global plate boundary evolution and kinematics since the late Paleozoic // Global and Planetary Change. – 2014. – Vol. 146. – P. 226–250.
10. Ruban D.A. Islands in the Caucasian Sea in Three Mesozoic Time Slices: Novel Dimension of Geoheritage and Geotourism // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10. – P. 1300.
11. Tohver E., Schmieder M., Lana C., Mendes P.S.T., Jourdan F., Warren L., Riccomini C. End-Permian impactogenic earthquake and tsunami deposits in the intracratonic Paraná Basin of Brazil // Bulletin of the Geological Society of America. – 2018. – Vol. 130. – P. 1099–1120.

ПОРОДЫ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ – МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ИСТОЧНИК ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

И.А. Сабилов¹, А.В. Постников¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, sabirov.i@gubkin.ru

В работе показано, что образования коры выветривания являются горными породами гипергенно-метасоматического класса. Эти породы выдержаны в минеральном составе и структурно-текстурных параметрах. Основной геологический процесс для формирования этих горных пород – гипергенез. Помимо этого, приводится закономерность стадийного преобразования пород протолита, которая выражается в формировании пород кор выветривания, а также в поэтапном выносе минерально-вещественной компоненты, которая в свою очередь, формирует горные породы осадочного происхождения.

Большое количество залежей как твердых полезных ископаемых, будь то железо, алюминий, титан, золото, так и жидких полезных ископаемых – нефть и газ – приурочены к так называемым корам выветривания. Изучением и систематизацией кор выветривания занимались в зависимости от конкретных промысловых задач. Так, например, в зависимости от генезиса, от морфологий тел и от наличия перекрывающих пород большинство исследователей различали остаточные и инфильтрационные коры выветривания, линейные и площадные коры выветривания, а также погребенные и открытые коры выветривания соответственно [3].

Термин «кора выветривания» в геологическую литературу ввел швейцарский геолог А. Гейман (1879 г.). Систематическое изучение кор выветривания началось в конце 19 века В.В. Докучаевым, К.Д. Глинкой, Н.А. Богословским и др. В качестве отдельного раздела геологии учение о корях выветривания оформилось в первой половине 20 века Б.Б. Польшовым и И.И. Гинзбургом. Из иностранных исследователей значительный вклад в учение о корях выветривания внесли шведский исследователь О. Тамм, американский геолог У. Келлер, немецкий минеролог Г. Гаррасовиц и многие другие [2].

Большой вклад в изучение кор выветривания внесли специалисты кафедры литологии в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. Работы Лапинской Т.А., Журавлева Е.Г., Постникова А.В. касались закономерностям распределения как погребенных кор выветривания, так и выходящим на поверхность.

В Большой Российской Энциклопедии есть определение понятия коры выветривания. Кора выветривания – «это геологическое тело, сложенное остаточными, непеременными продуктами выветривания». В петрографическом словаре кора выветривания – «это верхняя часть литосферы с преобразованными в континентальных условиях магматическими, метаморфическими и осадочными горными породами. Формируется под влиянием различных факторов выветривания в зонах фильтрации поверхностных вод» [1]. В

геологическом словаре под корой выветривания понимается «геологическое тело, сложенное горными породами, образовавшимися в поверхностной зоне литосферы при выветривании магматических, метаморфических, осадочных пород и осадков».

Из определений «коры выветривания» остается неясным вопрос, относить ли образования коры выветривания к горным породам. Как известно, есть «горная порода», а есть такие понятия как «минеральная масса» и «руда». Однако, если из всех перечисленных источников собрать определения что такое горная порода, можно заключить, что образования коры выветривания можно и нужно относить к горным породам.

В настоящее время, согласно актуальному петрографическому кодексу, все кристаллические горные породы, слагающие геологические тела и ассоциации таких тел подразделяются на следующие категории: магматические, метаморфические, метасоматические, мигматитовые, импактные и осадочно-вулканогенные подразделения.

Горные породы метасоматического подразделения по побудительным причинам метасоматоза разделяются на контактово-метасоматический класс, регионально-метасоматический класс и гипергенно-метасоматический класс. Последний объединяет породы, сформированные в зоне гипергенеза-эпигенеза, образование которых обусловлено химическим воздействием на породы фильтрующими сквозь них низкотемпературными растворами, инвариантно к их происхождению.

Согласно нашим представлениям, под понятием «кора выветривания» представляется переходная зона между фундаментом и осадочным чехлом. Кору выветривания сложены горными породами гипергенно-метасоматического класса, образующими обособленные в пространстве самостоятельные геологические тела. Эти породы выдержаны в минеральном составе и структурно-текстурных параметрах. Основной геологический процесс для формирования этих горных пород – гипергенез. В зоне гипергенеза на породы протолита оказывали воздействие низкотемпературные растворы. Растворы могли быть как гипергенные (поверхностные), так и гидротермальные [3].

Низкотемпературные растворы, фильтрующиеся сквозь породы магматических и метаморфических комплексов, слагающих фундамент, изменяли их химический и минеральный состав. Одновременно с этим, сильная проработка этими растворами разрушала и размывала породы фундамента, создавая источник сноса для осадочных комплексов пород. То есть именно с кор выветривания начинался процесс образования осадочных горных пород.

Вынос различных химических компонентов из пород фундамента, а также привнос гипергенными флюидами новых химических элементов приводит к минеральному замещению. Например, химическая реакция, описывающая изменение эндогенных

минералов в поверхностных условиях: первичный алюмосиликат + H_2O + CO_2 = глинистый минерал + карбонат + другие компоненты, в том числе ионы в растворе.

Из всех породообразующих минеральных групп, более всего гипергенезу подвержены плагиоклазы основного ряда (битовнит, лабрадор). Продуктами их разрушения является соссурит и серицит. Далее разрушаются и замещаются пироксены и амфиболы, вследствие чего образуются минералы группы хлоритов и карбонатные минералы. Помимо них, по пироксенам и амфиболам могут проявляться псевдоморфозы рудных минералов, сфена, серпентина. Моноклинные пироксены, наряду с амфиболами могут замещаться кальцитом и доломитом, в то время как ромбические пироксены и амфиболы могут замещаться магнезитом и доломитом. При еще больших процессах гипергенеза в процесс разрушения и минерального замещения вступают минералы группы слюд. Происходит расслоение слоистых силикатов, образуются отдельные листочки слюд, по которым развиваются хлорит и рудные минералы. Наряду с минеральным замещением слюд начинают серицитизироваться средние и кислые плагиоклазы (андезин, олигоклаз, альбит), образуются тонкие листочки серицита в еще хорошо выраженных кристаллах плагиоклаза. При более интенсивном гипергенезе происходит полное замещение плагиоклазов в серицит, каолинит и галлуазит. Далее разрушаются минералы группы калиевых полевых шпатов. В зависимости от интенсивности выноса химических компонентов, микроклин может полностью разрушиться и заместиться каолинитом и серицитом. Такая последовательность в разрушениях полевых шпатов говорит о характере климатических обстановок. В первую очередь замещаются плагиоклазы в зонах умеренного климата, в тропических обстановках. В засушливых территориях в первую очередь начинают разрушаться калиевые полевые шпаты. Кварц в породах практически не разрушается, может в незначительной степени ожелезняться, однако низкотемпературные растворы, фильтруемые между кристаллами кварца, расталкивают кристаллы друг от друга. В итоге, кварц, наряду с микроклином зачастую образуют отдельные скопления, между которыми находится каолинит-серицит-хлоритовая масса с рудными минералами и графитом.

Литература

1. *Петрографический кодекс России*. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / Под. ред. Богатикова О. А., Петрова О. В., Морозова А. Ф. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
2. *Постников А.В., Постникова О.В., Сабиров И.А.* Коры выветривания фундамента южной части Непско-Ботуобинской антеклизы как перспективный поисковый объект на нефть и газ // Труды РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. - 2018. - №3 (292). - С. 50-59.
3. *Сабиров И.А.* Условия формирования и закономерности распространения коллекторов нефти и газа в породах кор выветривания фундамента южного склона Непско-Ботуобинской антеклизы. Автореф. дисс. канд.г-м.н. Москва, 2022. 26 с.

ЛИТОЛОГИЯ И ФАЦИИ ЮРСКИХ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОПСЕЛЬСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ Г. СУДАК (КРЫМ)

Т.А. Садчикова¹, И.Е. Стукалова¹, А.Л. Чепалыга¹

¹ ГИИ РАН, Москва, *tamara-sadchikova@yandex.ru*

Изучены отложения копсельской свиты бат-келловейского яруса средней юры в Крыму (г. Судак). Литолого-минералогический анализ пород разреза, представленного чередованием песчаников и алевролитов, с фауной, растительными остатками и линзами углей (гагатов), позволил выделить прибрежно-морские и лагунные обстановки осадконакопления. Изученные гагаты являются самыми молодыми в разрезе юрских отложений Крыма, по сравнению с известными ранее в этом регионе. По петрографическому составу гагаты относятся к гумусовой группе, они представлены микрокомпонентом – структурным витринитом. Характер вторичных минералов указывает на катагенетические изменения пород копсельской свиты и сопутствующих угольных пластов (предположительно, стадия раннего катагенеза).

Изучены два обнажения угленосных отложений средней юры (келловейский ярус, копсельская свита) в долине р. Копсель (район г. Судака). Обнажение 24/21 (нижняя часть разреза) расположено в правом борту балки в 1.0 км от устья (44°50'35.7" N, 35°0'45.5" E). Обнажение 25/21 находится выше по течению в левом борту (44°50'38.5" N, 35°0'44.2" E), наращивает верхнюю часть.

В разрезе (рисунок 1), общей мощностью более 17 м, терригенный комплекс пород представлен чередованием слоев разнозернистых песчаников, алевролитов (последние – с многочисленными карбонатными конкрециями) и оползневых отложений с линзовидными пропластками и линзами углей – гагатов (20–30 см мощностью). По стратиграфическому положению – это осадки раннего келловей или бат-келловей [1].

В нижней части разреза (в коренном выходе на пляже и в обн. 24/21) пески мелкозернистые косоволнисто слоистые и пески разнозернистые с галькой, а также перемятые будинированные песчаники с зеркалами скольжения и линзами углей. Верхняя часть разреза (обн. 25/22) – алевролиты и мелкозернистые пески, с включениями гагатов.

Состав пород однообразен, это песчаники и алевролиты. В составе песков преобладает кварц, как терригенный, так и вулканогенный, из андезитово-дацитовых пород среднеюрского вулканизма [2]. В составе глин – слюда и смешанослойный слюда-сметит, с примесью хлорита и каолинита. В большом количестве присутствуют микроконкреции железо-оксидных минералов, повсеместно распространены вторичный кальцит и гипс. В электронном сканирующем микроскопе установлено замещение сульфидов во фрамбоидах пирита железо-оксидными минералами (Fe₂O₃). То же происходит с темноцветными минералами (оливинами, пироксенами) и ископаемыми микроорганизмами. Пирит образовывался в аноксидных условиях заболачивающихся водоемов, одновременно с угленакоплением. Вторичные изменения связаны со стадией раннего катагенеза [4]. Этой

стадии соответствует и аутигенный кальцит в микротрещинах гагатов, и следы теплового воздействия в их структуре.

Фации осадков, выделенные в нижней части разреза: 1) мелкозернистые песчаники с горизонтальной и неясно выраженной косо́й слоистостью, с фауной разной степени сохранности – фации прибрежно-морские мелководные; 2) мелкозернистые песчаники с линзами гагата и обилием фрагментов растительных тканей – фации застойных условий мелководной лагуны; 3) разномзернистые рыхлые песчаники с беспорядочной косо́й слоистостью, грубой галькой и обилием растительных остатков – фация конуса выноса водного потока; 4) перемятые будинированные песчаники с зеркалами скольжения – оползневая фация, пролювий. Верхняя часть разреза почти повсеместно представлена фацией морских мелководных осадков (возможно, прибрежно-пляжевого типа): преимущественно горизонтально слоистых алевритов и мелкозернистых песчаников с включениями углистых частиц и фауны разной степени сохранности. Гагатовый слой и перекрывающий его алеврит с линзами гагатов характеризуют фацию изолированной лагуны [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В разрезе отложений копсельской свиты средней юры выделены фации: 1) морские прибрежно-мелководные 2) лагунные; 3) авандельтовы́е, конус выноса; 4) пролювиальные, оползневые.

2. Торфонакопление и последующее углеобразование происходило в мелководных лагунах. Тип торфонакопления – паралический. Угли представлены структурным витринитом и относятся к гумусовой группе.

3. Установлены постседиментационные преобразования гагатов и вмещающих пород: наличие аутигенных кальцита и гипса, замещение фрамбоидов пирита оксидами железа, следы теплового воздействия в структуре гагатов, – это стадия раннего катагенеза.

Работа выполнена по теме Госзадания ГИН РАН и Госзадания ИГ РАН.

Литература

1. *Барaboшкин Е.Ю., Рогов М.А., Милеев В.С.* К характеристике фации Ammonitivo Rosso из келловя (средняя юра) в районе пос. Планерское (Восточный Крым) // *Вестн. МГУ.* 2010. Сер. 4. Геология. № 4. – С.12–17.
2. *Муратов М.В.* Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 208 с. + Геологическая карта Крыма.
3. *Стукалова И.Е., Садчикова Т.А., Чепалыга А.Л., Наугольных С.В., Латышева И. В.* Угли (гагаты) в отложениях плейстоценовых Черноморских террас Юго-Восточного Крыма // *Литология и полезные ископаемые.* 2021. № 6. – С. 1–13.
4. *Фролов В.Т.* Литология. Кн. 1: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 336 с.

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ТЕРРИГЕННЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ УГУЙСКОГО
ГРАБЕНА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ): РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА, УСЛОВИЙ
И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ

А.В. Самсонов¹, К.Г. Ерофеева¹, С.Е. Борисовский¹, Ю.О. Ларионова¹, Е.О. Дубинина¹, А.Н.
Ларионов², Е.Б. Сальникова³, А.В. Степанова⁴, С.Л. Кичигин⁵, В.В. Лесняк⁵

¹ *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, samsonovigem@mail.ru*

² *Центр изотопных исследований Всероссийского научно-исследовательского геологического
института им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург*

³ *Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург*

⁴ *Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск*

⁵ *ООО "Нерюнгри-Металлик", Нерюнгри*

В докладе будут рассмотрены результаты изучения петрографии, геохимии, распределения радиогенных (Sr-Nd) и стабильных (C-O-S) изотопов, U-Pb датирования кластогенного циркона и геохимического изучения кластогенного рутила из палеопротерозойских неметаморфизованных осадочных пород Угуйского грабена, запад Алданского щита для реконструкций источников сноса терригенного материала и возможных условий осадконакопления.

Проведены реконструкции состава и возраста источников сноса терригенного материала и условий накопления осадочных пород Угуйского грабена - крупной структуры в центральной части архейского Чаруодинского гранит-зеленокаменного блока, западный Алдан [1]. Исследования выполнены в юго-западной части грабена по керновому материалу, предоставленному компанией ООО "Нерюнгри-Металлик", и по коренным обнажениям в центральной части грабена. Для решения поставленных задач был привлечен комплекс методов, включая геолого-петрографические и геохимические исследования, изучение распределения радиогенных (Sr-Nd) и стабильных (C-O-S) изотопов, U-Pb датирование кластогенного циркона и геохимическое изучение кластогенного рутила.

На изученной площади Угуйский грабен слагают конгломераты, гравелиты и песчаники, которые в региональной стратиграфической схеме отвечают кебектинской свите (КС) угуйской серии [2]. Верхним пределом времени накопления осадочной толщи КС служит U-Pb изотопный возраст бадделеита 1874 ± 4 млн. лет, выделенного из мощной дайки габбро-диорита субширотного дайкового роя в южной части Угуйского грабена.

В основании разреза КС залегают небольшие по мощности (до 40 м) пачки полимиктовых конгломератов и гравелитов. Состав обломков и цемента в конгломератах

существенно варьирует на небольшой площади и в целом повторяет разнообразие подстилающих пород гранито-гнейсового фундамента.

Главный этап формирования КС в Угуйском грабене был связан с накоплением мощной (> 600 м) толщи красноцветных аркозовых песчаников с очень незначительной степенью выветривания кластогенного материала. По разрезу и на площади песчаники имеют однородные петрографические, петрогеохимические и Sr-Nd изотопные характеристики. В тоже время, U-Pb изотопное датирование кластогенного циркона и геохимическое изучение кластогенного рутила показывает, что в образовании песчаников участвовало несколько источников терригенного материала.

Кластогенный циркон представлен четырьмя возрастными группами 2.0-2.1, 2.5-2.6, 2.7-2.8 и 2.9-3.1 млрд. лет (возрасты по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ по 72 анализам с дискордантностью менее 5%). Циркон с возрастными 2.5-2.6 млрд лет преобладает в изученной выборке (около 50 %) и представлен кристаллами разнообразной морфологии с хорошей степенью сохранности, что предполагает его проксимальный источник. Вторым по распространенности (около 30%) является циркон с мезоархейскими возрастными (3.1 – 2.9 млрд лет), который также хорошо сохранил кристаллографические формы и испытал в целом незначительную абразию. Циркон с возрастом в интервале 2.7 – 2.8 млрд. лет составляет около 20% всей изученной выборки и представлен как призматическими кристаллами, так и изометричными зернами с высокой степенью абразии, что предполагает дистальные источники для циркона этой возрастной группы. Самые молодые зерна циркона с возрастом 2.0 – 2.1 млрд лет (менее 5% изученной выборки) дают нижний предел возраста процесса накопления терригенной толщи КС.

Кластогенный рутил имеет широкие вариации концентраций Nb и Cr, и по соотношениям этих элементов, вероятно, поступал в песчаники при разрушении пород как кислого, так и основного состава [6]. Существенный вклад базитового источника подтверждается также повышенными содержаниями в песчаниках таких «мафических» элементов, как Cr, Ni, Fe и Mg. Данные по концентрациям Zr в рутиле дают основание рассчитать температуру его кристаллизации [5]. Подавляющее большинство зерен рутила с характеристиками и кислого, и базитового источников дают T_{Zr} от 550 до 725 °С, что отвечает метаморфизму пород – источников рутила в условиях амфиболитовой фации. Около 5% зерен рутила имеют более высокие температуры кристаллизации T_{Zr} от 725 до 850 °С, что отвечает гранулитовым источникам. Около половины зерен рутила из источников и кислого, и основного состава имеют повышенные концентрации W, что указывает на поступление рутила из пород с мезотермальной золоторудной минерализацией [3, 4].

Результаты изотопно-геохимического (Sr, C, O, S) изучения сульфатного и карбонатного цемента песчаников показывают, что накопление осадочных пород КС Угуйского грабена происходило в обстановке внутриконтинентального бассейна, расположенного в области с резко континентальным климатом в средних и высоких широтах.

Проведенные исследования показывают, что песчаники КС Угуйского грабена формировались в интервале времени 1.9 - 2.0 млрд лет назад при разрушении разновозрастных архейских комплексов, включавших породы кислого и основного состава, метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации. Такими источниками могли служить архейские гнейсы, гранитоиды и метабазиты Чаруодинского гранит-зеленокаменного блока, в котором расположен Угуйский грабен. В процессе накопления осадочной толщи кластогенный материал испытал минимальную экзогенную переработку, но при этом был очень хорошо гомогенизирован в объеме грабена. Все выявленные особенности пород осадочной толщи КС Угуйского грабена мы предлагаем объяснить их ледниковым происхождением. Проверка этой рабочей гипотезы требует дополнительных исследований.

Работы выполнены при финансовой поддержке компании ООО "Нерюнгри Металлик". Работы проведены при поддержке гранта РФФИ № 20-05-00686.

Литература

1. *Котов А.Б.* Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита // диссертация в виде научного доклада на соискание научной степени д.г.-м.н. – СПб.: Из-во СПбГУ. – 2003. – 78 с.
2. *Сочава А.В.* Петрохимия верхнего архея и палеопротерозоя запада Витимо-Алданского щита. – Л.: Наука, 1986. – 144 с.
3. *Clark J.R., Williams J.* Rutile as a potential indicator mineral for metamorphosed metallic ore deposits // *Québec Explor.* – 2004. – V.1. – P. 1–17.
4. *Meinhold G.* Rutile and its applications in earth sciences // *Earth-Science Reviews.* – 2010. – V.102. – P. 1–28.
5. *Tomkins H.S., Powell R., Ellis D.J.* The pressure dependence of the zirconium-in rutile thermometer // *Journal of Metamorphic Geology.* – 2007. – V.25. – P. 703–713.
6. *Triebold S., Eynatten H., Zack T.* A recipe for the use of rutile in sedimentary provenance analysis // *Sedimentary Geology.* – 2012. – V.282. – P.268–275.

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ

О.В. Сивальнева¹, Е.С. Изъюрова¹, А.Д. Изъюров¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, *com@gubkin.ru*

Проведенные литолого-петрофизические исследования пород викуловской свиты выявили высокую степень разномасштабной неоднородности распределения коллекторских свойств, которая проявляется не только в пределах нескольких метров разреза, но и на уровне микропрослоев в образцах пород. Анализ факторов, обуславливающих резкие изменения проницаемости, показал, что наибольшей значимостью обладают первичные структурно-текстурные характеристики пород и диагенетические вторичные процессы. Резкое сокращение проницаемости в породах-коллекторах обусловлено уменьшением размера зерен от мелкопесчаных до алевритовых, что приводит к уменьшению диаметра поровых каналов. При этом даже незначительные изменения размерности обломочной составляющей приводят к существенному снижению проницаемости, в связи с наличием каолинитового цемента сгусткового типа.

Викуловская свита является одним из перспективных нефтегазовых геологических объектов Западно-Сибирской НГП. В течение многих лет изучения и разработки продуктивных горизонтов в этих отложениях сформировался спектр проблем, решение которых невозможно без комплексных научных исследований. Так, одной из главных проблем разработки отложений викуловской свиты является высокая степень обводненности нефти, получаемой из продуктивных интервалов. Для этих отложений характерна высокая степень текстурной неоднородности при достаточно высоких значениях пористости и крайне изменчивых значений проницаемости. Характер нефтенасыщения отложений викуловской свиты, в соответствии с их текстурной неоднородностью, резко различен в объеме продуктивных интервалов разреза. Исследование литолого-петрофизических свойств разнофациальных отложений викуловской свиты проводилось на основе изучения большого объема кернового материала и геофизических данных. Район исследований расположен на западе Ханты-Мансийского автономного округа Западной Сибири и приурочен к центральной части Красноленинского свода. Отложения викуловской свиты относятся к среднему и верхнему аптским подъярусам нижнего мела, согласно залегают на аргиллитах алымской свиты и перекрываются аргиллитами ханты-мансийской свиты. Отложения викуловской свиты представлены комплексом терригенных алевро-песчаных и алевро-глинистых пород, отличающихся широким спектром текстурных особенностей. В составе обломочной части преобладают зерна кварца, плагиоклазов и глинистые минералы. Отличительной чертой разреза викуловской свиты является широкое распространение различных вариантов переслаивания литотипов терригенных пород, выражающегося в тонком чередовании разных по зернистости прослоев – песчаных и песчано-алевритовых с преобладанием зерен размером 0,063 – 0,25 мм (до 70%), алевритовых и алевро-глинистых с преобладанием зерен 0,01-0,05 мм. Достаточно часто толщина слоев, представленных разными литотипами, измеряется несколькими миллиметрами, а иногда и долями

миллиметра. Условия формирования отложений викуловской свиты, представленные разнообразным комплексом фаций дельтовой равнины мелководного морского бассейна, а также диагенетические вторичные изменения определили высокую степень изменчивости структурно-текстурных характеристик пород. В пределах одного метра разреза текстуры могут меняться от горизонтально- до линзовидно-, волнисто- и косослоистых с разнообразными вариациями геометрических параметров. Резкая изменчивость таких характеристик проявляется, как на мезоуровне в пределах образца горной породы, так и на микроуровне – в шлифе. По результатам исследований вторичных процессов установлено, что в песчано-алевритовых и алевритовых образцах присутствует аутигенный каолиновый цемент сгусткового типа и многочисленные выщелоченные зерна полевых шпатов, а также спорадически развитая вторичная кальцитизация.

Высокая вариативность структурно-текстурных параметров определила в свою очередь изменчивость проницаемости пород, как по вертикали, так и по латерали отложений викуловской свиты. Для выявления закономерностей изменения фильтрационных свойств пород было проведено выделение текстурных типов пустотного пространства. Выделено четыре текстурных типа пустотного пространства (рисунок 1). В песчаных и песчано-алевритовых породах выделяется первый и второй текстурные типы пористости, в глинисто-песчано-алевритовых – второй и третий. Четвертый тип отмечается при высоком значении глинистой составляющей и вторичной карбонатизации пород. В представленной классификации значения проницаемости последовательно снижаются от первого к четвертому типу, и соответственно изменяется анизотропия проницаемости. Значения проницаемости, характерные для первого типа, составляют порядка 50-120 мД, а в третьем типе они снижаются до 1-5 мД. Следует отметить, что наличие тонких фракций в породе также влияет на увеличение остаточной водонасыщенности (до 50%).

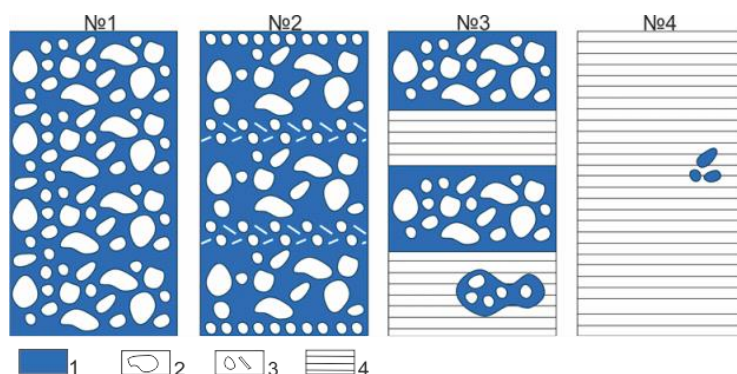


Рисунок 1 Текстурные типы пустотного пространства в породах викуловской свиты.

Условные обозначения: 1 – пустотное пространство, 2 – обломки псаммитовой фракции, 3 – обломки алевритовой фракции, 4 – обломки пелитовой фракции.

Выявлено, что понижение значений проницаемости и повышение остаточной водонасыщенности связано преимущественно с уменьшением размера зерен и повышением

количества каолинистого цемента. Для таких образцов типичны второй и третий текстурные типы пустотного пространства. По всей видимости, такая неоднородность связана с уменьшением диаметров поровых каналов, обусловленного уменьшением размера зерен и увеличением количества каолинистого цемента.

При этом, даже незначительные колебания этих литологических параметров (в пределах 5 %) приводят к резкому изменению в значениях петрофизических показателей. Помимо этого, существенное количество каолинистой составляющей (~60%) в цементе обуславливает резкое снижение проницаемости даже при незначительном увеличении его содержания. Как следствие этих процессов наблюдается крайне неравномерное насыщение пород углеводородами. Более значимое нефтенасыщение наблюдается в относительно грубозернистых прослоях с малым количеством цемента, с 1-м и 2-м текстурными типами пустотного пространства (рисунки 2, 3).

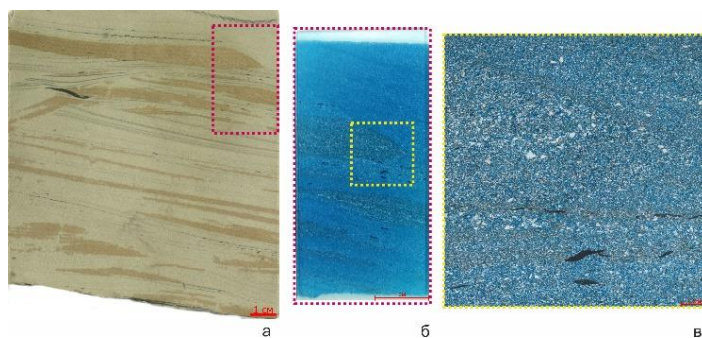


Рисунок 2 Неравномерное нефтенасыщение по прослоям. Более грубозернистые прослои – нефтенасыщены. Фото: а – образца породы, б – всей поверхности шлифа, в – увеличенного объекта шлифа (николи параллельны, увеличение 25). Гл. 1497,40 м.

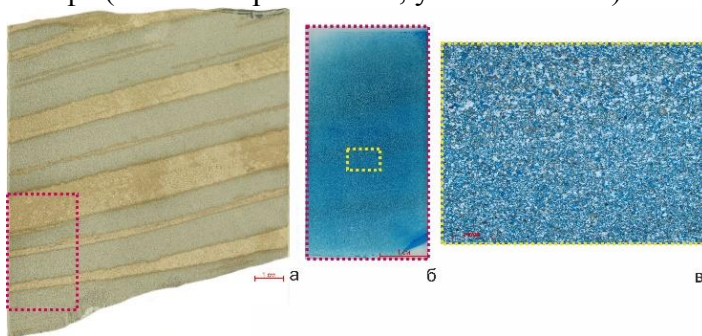


Рисунок 3 Чередование нефтенасыщенных грубозернистых прослоев и водонасыщенных тонкозернистых прослоев. На контакте - плавный переход от мелкозернистых прослоев к более грубозернистым. Фото породы в образце и шлифе. Фото: а – образца породы, б – всей поверхности шлифа, в – увеличенного объекта шлифа (николи параллельны, увеличение 25). Гл. 1619,53 м.

Проведенные комплексные литолого-петрофизические исследования отложений викуловской свиты позволили выявить факторы, определяющие закономерности изменения проницаемости и нефтенасыщения продуктивных интервалов на разных масштабных уровнях. Результаты исследований должны быть учтены при выборе технологий освоения продуктивных пластов.

МИНЕРАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЛИНЕЙНОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

Е.Ю. Сидорова¹, Л.М. Ситдикова¹

¹ К(П)ФУ ИГиНГТ, Казань, lena353@list.ru

Кора выветривания, развитая по породам фундамента Южно-Татарского свода (центральная часть Волго-Уральской антеклизы) залегает на достаточно больших глубинах под мощными отложениями осадочного чехла. Разнообразие исходных пород фундамента, особенности формирования и вторичные процессы изменения коры выветривания определяют интерес к данной геологической формации и ее уникальность. Линейные коры выветривания, развитые в зонах разломов фундамента, характеризуются увеличенными мощностями и специфическими минеральными особенностями профиля.

Согласно работам предыдущих исследователей, в пределах Волго-Уральского региона широким распространением пользуются коры выветривания, развитые по породам кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста [1-4, 7]. На данной территории кора выветривания перекрыта мощным чехлом осадочного комплекса, формированию которого предшествовал длительный континентальный перерыв с развитием процессов выветривания по породам фундамента. В пределах данного региона выделяется несколько типов профилей коры выветривания в зависимости от возраста формирования, морфологии, степени сохранности и изменения вторичными процессами, а также строения и минералого-геохимического состава.

На основе исследования кернового материала нескольких площадей Южно-Татарского свода (Акташская, Ромашкинская, Лениногорская, Поповская, Тлянчи-Тамакская и др.) установлено, что наиболее распространенным среди изученных профилей коры выветривания является неполный остаточный профиль площадного типа с хорошо выраженной зональностью. Менее распространены (не более 10% от общего количества изученных скважин) линейно-трещинный и трещинно-площадной типы, которые развиты в зонах тектонических разломов фундамента, характеризуются значительным увеличением мощностей (до 40-50 м и более) и имеют свои отличительные особенности.

Основным критерием выделения площадного типа коры выветривания по разрезу скважины является переход от неизмененных пород фундамента к выветрелым породам с увеличением степени изменения вверх по профилю и наличие минералого-геохимической зональности с выделением следующих зон (полный профиль): дезинтеграции; цементации; гидратации и выщелачивания; окисления; вторичной гидратации [8]. Тогда как для коры выветривания линейного и трещинно-площадного типа четкой зональности не выделяется. Глинистые минералы играют главную роль в составе коры выветривания среди гипергенной и остаточной компоненты, при этом смена ассоциаций глинистых минералов по профилю

позволяет выделять различные зоны и подтверждает зональное строение данной формации [5].

Примером развития линейного типа (переходящего в верхней части разреза в площадной тип) коры выветривания является профиль скважины №405, расположенной в пределах северной части Южно-Татарского свода близ Камско-Кинельской системы прогибов. Мощность коры выветривания по керну составляет 49,8 м, при этом из-за малого углубления скважины в породы фундамента установить реальную мощность невозможно и предполагается ее большее значение. Возраст коры выветривания согласно покрывающим отложениям определяется как доживетский. Породы фундамента, подвергшиеся изменению, представлены метаморфическими разностями высокоглиноземистой формации и сменяются по разрезу скважины – силлиманит-кордиерит-мусковитовые кристаллические сланцы и биотит-силлиманит-кордиеритовые гнейсы. В разрезе скважины чередуются зоны с разной степенью выветрелости пород. Четкой выраженной вертикальной зональности как у площадного типа коры выветривания не наблюдается, в целом по профилю выделяется две зоны: дезинтеграции и гидратации-выщелачивания, в верхней части профиля кора выветривания имеет признаки площадного типа. По керну установлено, что тектоническая трещиноватость ориентирована под углом от 15-20° до 40-50° к оси керна и ствол скважины пересекает несколько наклонных трещин, при этом наиболее сильно измененные участки пород приурочены к центральным частям трещиноватых зон.

Состав ассоциаций глинистых минералов разнообразен: хлорит-иллит-каолинитовая, смешанослойная (иллит-смектит)-каолинитовая и хлорит-каолинит-иллитовая ассоциации сменяются по профилю. Для зоны дезинтеграции основным глинистым компонентом является смешанослойная фаза иллит-смектит (до 60-65%) с примесью каолинита и хлорита. Наиболее измененные участки профиля (зона гидратации-выщелачивания) характеризуются преобладанием каолинита в составе глинистой фракции (до 75-80%), при этом отмечается снижение доли разбухающей смектитовой фазы (5-10%). Каолинит является преобладающим глинистым минералом в составе кор выветривания как площадного, так и линейного типа. Кроме того, кристаллохимические особенности каолинита по профилю выветривания изменяются [6] и наилучшими структурно-морфологическими параметрами будет обладать каолинит верхних зон профиля коры выветривания площадного типа и зоны гидратации-выщелачивания линейного типа.

Литература

1. Горбачев Б.Ф., Ситдииков Б.С., Власов В.В. Кора выветривания на кристаллических породах фундамента северо-востока Татарии. – ДАН СССР. – 1962. - Т. 146. – №1. – С. 21-23.
2. Журавлев Е.Г. Залежи нефти и газа в корах выветривания фундамента осадочных бассейнов. – Литология и полезные ископаемые. – 2009. – №3. – С. 329-334.

3. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтеносности / под ред. Р.Х. Муслимова, Т.А. Лапинской. – Казань: Дента, 1996. – 174 с.
4. *Лапинская Т.А., Журавлев Е.Г.* Погребенная кора выветривания фундамента Волго-Уральской газонефтеносной провинции и ее геологическое значение. – М.: Недра. 1967. – 174 с.
5. *Сидорова Е.Ю., Ситдикова Л.М.* Ассоциации глинистых минералов древних кор выветривания – потенциальных коллекторских зон кристаллического фундамента Татарского свода. – Георесурсы. – 2013. – №5(55). – С. 3-7.
6. *Сидорова Е.Ю., Ситдикова Л.М., Изотов В.Г., Хасанова Н.М.* Кристаллохимические особенности каолинита коры выветривания ведущих комплексов пород фундамента Южно-Татарского свода. – IV Российское совещание по глинам и глинистым минералам «Глины-2019». – М.: ИГЕМ РАН, 2019. - С. 225-227.
7. *Ситдигов Б.С.* Петрография и строение кристаллического фундамента Татарской АССР. – Казань: Изд-во КГУ, 1968. – 436 с.
8. *Ситдикова Л.М., Сидорова Е.Ю.* Минералого-петрографические особенности коровой формации фундамента Южно-Татарского свода. – Георесурсы. – 2011. – № 1(37). – С. 13-15.

ГЕЛИЙ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ЛОКАЛИЗАЦИИ И КОНЦЕНТРАЦИИ В
НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕНДА И КЕМБРИЯ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ
(МИРНИНСКИЙ РАЙОН)

К.М. Седаева¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, *sedaeva-mgu@mail.ru*

В данной работе рассматриваются источники и факторы локализации и концентрации гелия, содержание которого в месторождениях углеводородов Западной Якутии составляет до 90% от общего его запасов в России. Выявлено сопряженное влияние тектонического и литологического факторов, что увеличило проницаемость пород (AR-PR₁) фундамента и нижних горизонтов осадочного чехла (PR₃-PZ₁) Сибирской платформы. Влияние 2-х факторов обусловило локализацию и концентрацию в них больших запасов углеводородов с повышенным содержанием гелия (0,2-1,0%), а соленосная и глинистая толщи, и вечная мерзлота явились хорошей покрывкой, законсервировавшей во времени эти нефтегазоносные месторождения.

Введение. В Западной Якутии и прилегающей Иркутской области в конце XX века было открыто более 50 больших и малых месторождений нефти, газа и газоконденсата, в которых сосредоточено до 11% углеводородов (УВ) и до 90% гелия (He) от общего их запасов в России. Эти месторождения являются уникальными, так как He один из самых ценных в промышленном отношении и в тоже время один из очень рассеянных элементов на Земле.

Гелий является важнейшим стратегическим компонентом и широко применяется в разных отраслях промышленности (авиационной, космической, атомной, радиоэлектронной, медицинской и др.). Единственным его источником рентабельного получения в промышленных масштабах являются залежи природных газов с концентрациями не менее 0,2% (в атмосфере He всего 0,0005%). В месторождениях углеводородов Западной Якутии содержание He составляет 0,2-1% [1].

Общие сведения о гелии. Гелий – не воспламеняющийся газ, входит в нулевую группу периодической системы Д.И. Менделеева, характеризуется высокой степенью проницаемости по сравнению с другими газами (диффузия He-1,7; H₂-1,3; N₂-0,2; CO₂-0,1) и имеет два изотопа He³ и He⁴. В космосе 23% гелия, в основном, легкого изотопа He³ и 76% - водорода (H₂), на все остальные элементы приходится всего 1% (!). Подавляющая масса на Земле (99,999%) представлена тяжелым изотопом He⁴, который образуется на глубине при распаде радиоактивных элементов (U, Th и др. актиноиды), повсеместно распространенных на Земле. В настоящее время в земной коре образуется около 50,2% радиогенного гелия (He⁴), в мантии – не более 36,6%, в ядре – 13,2%. В литосфере больше всего He⁴ в гранитах, гранито-гнейсах, глинистых сланцах докембрия древних платформ. В седиментосфере важную роль для выделения He⁴ из пород и минералов играют процессы выветривания,

особенно по эндолитам кислого состава [1-2]. Формы движения He^4 носят локальный характер и осуществляются на участках повышенной трещиноватости, кавернозности и пористости. Миграция He^4 из недр Земли происходит постоянно и совместно с глубинными флюидами по проницаемым системам лито-, страти- и седиментосферы. К ним следует отнести древние мощные, периодически подновляющиеся зоны глубинных разломов и дизъюнктивные нарушения, особенно значительно они себя проявляют в начальную или/и завершающуюся эпоху разных стадий тектогенеза и орогенеза: байкальской, каледонской, герцинской и альпийской [1-4].

Геологическая позиция месторождений углеводородов Западной Якутии. Группа месторождений с высоким содержанием He^4 расположена на юге Сибирской платформы в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы, в поле развития Мирнинского кимберлитового пояса. Их формирование происходило на рубеже девона и карбона на фоне проявления начальной фазы герцинского тектогенеза [5].

Нефтегазоносными являются комплексы: 1) терригенно-карбонатный верхнего венда (V_2), 2) нерасчлененный карбонатный верхнего венда и нижнего кембрия (V_2 - C_1) и 3) карбонатный нижнего кембрия (осинский горизонт C_1). Выше залегают карбонатно-соленосная и глинистая толщи среднего и верхнего кембрия (C_2+C_3). Между нефтегазоносными комплексами неопротерозоя и нижнего палеозоя (PR_3 - PZ_1) отмечаются поверхности перерывов с развитием разной степени зрелости и мощности коры выветривания. Отложения осадочного чехла платформы с размывом и угловым несогласием залегают на глубине 1700-1800м на сильно выветрелых породах фундамента, сложенных гранитами, биотитовыми гранито-гнейсами, реже глинистыми сланцами архея и нижнего протерозоя (AR - PR_1) и интрузиями основного состава палеопротерозойского возраста (PR_1). Породы фундамента и осадочного чехла осложнены системой глубинных разломов и разномасштабными дизъюнктивными нарушениями, с которыми связаны зоны повышенной трещиноватости, кавернозности и пористости, выявленных по данным бурения, сейсморазведки и комических исследований.

Факторы локализации и концентрации гелия (He^4). В терригенно-карбонатных отложениях V_2 с пластами и горизонтами песчаников (мощностью 10-15м), разлинзованных пачками доломитов и их глинистыми разностями (толщиной до 25м), отмечаются скопления нефти, газа и газоконденсата, обогащенных He^4 . Породы характеризуются изменчивыми фильтрационно-емкостными свойствами и сложным распределением в их разрезе пластов-коллекторов. В них сосредоточены основные запасы УВ ряд месторождений Западной Якутии (Чаяндинское, Тымпучиканское, Талаканское и др.). Выше с размывом залегают нефтегазоносные карбонатные комплексы V_2 - C_1 с 3-5 пластами глин и 2-3 пластами

ангидритов, над которыми с размывом ложатся доломиты и известняки осинского горизонта ϵ_1 , перекрытые мощной (более 1000 м) соленосной и глинистой толщей с редкими пластами карбонатов среднего и верхнего кембрия ($\epsilon_2+\epsilon_3$). Наличие в верхах разреза нефтегазоносных отложений $V_2-\epsilon_1$ мощной соленосной и глинистой толщи обеспечивает необходимые условия для консервации и длительного сохранения скоплений не только разных видов углеводородов, но и гелия (He^4) разной генерации. Благодаря этому происходили локализация и концентрация He^4 в осадочном чехле PR_3-PZ_1 платформы на протяжении всего фанерозоя на фоне дегазации внутренних геосфер Земли и проявления тектонических движений и подвижек с образованием дизъюнктивных нарушений и глубинных разломов. Это отразилось на: 1) режиме и скорости седиментации с формированием коры выветривания по эндолитам фундамента и экзолитам осадочного чехла; 2) проявление вторичных процессов, что обеспечило в дальнейшем формирование зон повышенной трещиноватости, кавернозности и пористости в породах V_2 , $V_2-\epsilon_1$ и ϵ_1 , и 3) на образование мощной толщи соленосных и глинистых отложений $\epsilon_2+\epsilon_3$, являющейся непроницаемой покрывкой в течение всего палеозоя, мезозоя и кайнозоя (более 500 млн. л).

Закключение. Сопряженное влияние тектонического и литологического факторов увеличило проницаемость пород фундамента $AR-PR_1$ и нижних горизонтов осадочного чехла PR_3-PZ_1 . Влияние 2-х факторов обусловило формирование, локализацию и концентрацию в них больших запасов гелиеносных углеводородов, а соленосная и глинистая толщи явились хорошей покрывкой, законсервировавшей во времени их скопление и залежи. Важную роль при этом сыграла многолетняя вечная мерзлота, образовавшаяся в начале плейстоцена (Q_1) и проникающая на глубину 1300-1420м [6], залечивая трещины и пустотное пространство в осадочном чехле Сибирской платформы на площади Мирнинского района Западной Якутии.

Литература

1. Якуцени В.П. Геология гелия – Ленинград: Наука. 1968. – 232 с.
2. Осипов Ю.Г., Яницкий И.Н. Некоторые особенности формирования зон регионального гелиенасыщения // Геохимия, 1966, №1. С.36-48.
3. Тугаринов А.И., Осипов Ю.Г. О потоке гелия через гранитные массивы // Геохимия, 1974, № 8. С.52-71.
4. Тугаринов А.И., Осипов Ю.Г., Реутин Ю.В. О потоке гелия в зонах разломов и на эндогенных месторождениях // Геохимия, 1975, № 11. С. 1615-1625.
5. Седаева К.М., Рябинкина Н.Н., Кулешов В.Н., Валяева О.В. Отражение Хангербергского глобального геологического события рубежа девона–карбона в разрезах западного склона Приполярного (р. Кожим) и Южного (р. Сиказа) Урала // Литосфера.2010. № 6. С.25-37.
6. Алексеев С.В. Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. – 319 с.

РОЛЬ УГЛЕВОДОРОДОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ТИПА «ХАРДГРАУНД» В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ

Е.А. Сухих¹

¹ *Геологический институт РАН, Москва, sukhikh_ea@mail.ru*

В работе рассмотрены литолого-минералогические характеристики донных осадков на границах типа «хардграунд» по материалам 41 и 49 рейсов НИС «Академик Николай Страхов», полученным в западной части Карского моря. С использованием люминесцентного анализа шлифов и капиллярных вытяжек образцов установлена роль углеводородов в формировании данного типа литологических границ.

Граница типа «хардграунд» (от англ. «hardground» или «твердый грунт») наблюдается в широком диапазоне условий: в почвах, породах, донных отложениях водных объектов, нередко — в ископаемом состоянии. В литературе существует несколько теорий происхождения совокупности признаков, соответствующей границам данного типа. Например, перерыв в осадконакоплении вместе с процессами биотурбации ведет к переработке и уплотнению приповерхностного слоя донных отложений.

Описанными отличительными чертами хардграундов в западной части Карского моря являлись крошащаяся алевритовая и песчанисто-алевритовая структура, комковатая текстура, обезвоженность, практически идентичный с прилежащими слоями минеральный состав и возрастание в несколько раз магнитной восприимчивости [1].

Гипотеза происхождения хардграунда, предложенная авторами в упомянутой работе, подразумевает наличие радикальной перестройки режима придонной циркуляции в связи с началом дегляциации. Вертикальная составляющая возникавших при этом турбулентных придонных течений способствовала уплотнению осадков, вымывалась более тонкая фракция.

В 41 и 49 рейсах НИС «Академик Николай Страхов» в пяти осадочных колонках были идентифицированы литологические границы, соответствующие описанным ранее характеристикам, к которым можно добавить специфические оливково-зеленые оттенки на границах. Исследуемый осадочный материал был отобран непосредственно на литологической границе в колонках 4139, 4142, 4912, 4922 и 4925. Положение этих станций донного опробования территориально близко станциям 49 рейса НИС «Дмитрий Менделеев», где по описаниям были вскрыты хардграунды (рисунок 1).

Все образцы исследовались в петрографических шлифах в оптическом микроскопе, и в открытых шлифах, которые просматривались на микроскопе-спектрофотометре МСФУ-К с целью определения люминесцентных характеристик материала. По методике люминесцентно-битуминологического анализа [2] выполнялись петролейно-эфирные и

хлороформенные вытяжки образцов хардграундов и некоторых нижележащих осадочных последовательностей.

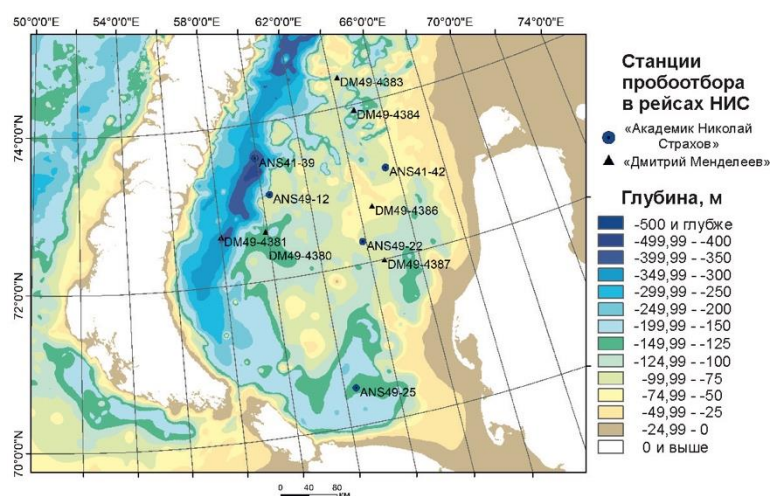


Рисунок 1 Положение станций пробоотбора, где в осадочной колонке были обнаружены литологические границы типа «хардграунд».

В гранулометрических фракциях 0.5–0.25 мм и 0.25–0.1 мм, разделенных в бромформе на тяжелые и легкие минеральные подфракции, выполнялся детальный шлиховый анализ под бинокляром, в ходе которого отбирался материал для исследования на электронном сканирующем микроскопе.

Анализ петрографических шлифов позволил выделить следующие характерные для слоя хардграунда черты: 1) хардграундам соответствует наличие трещинных пространств (рисунок 2б); 2) в нижележащем по разрезу осадке увеличивается количество песчаной и алевритовой составляющей, что увеличивает проницаемость осадка; 3) в подошве слоя хардграунда отмечаются следы присутствия углеводородов и их перемещения по проницаемым зонам (рисунок 2б: 4142, 4922); 4) обнаруживаются твердые черные зерна, связанные с осаждением углеводородов на поверхности минеральных зерен и глинистого цемента; вокруг них отмечается изменение цвета осадочного вещества (рисунок 2б: 4139, 4925).

Для подтверждения присутствия углеводородов применялся люминесцентно-битуминологический анализ с использованием нескольких растворителей.

Петролейно-эфирные вытяжки из пород в зонах хардграундов люминесцируют ярко-голубым, имеют ширину 5,4-9,3 см и высоту подъема верхнего края в диапазоне 10,9-13,2 см (длина полоски фильтровальной бумаги 22 см). Хлороформенные вытяжки люминесцируют бело-голубым, их ширина составляет 0,4-1 см, высота подъема верхнего края 10,2-11,6 см. Высокие показатели петролейно-эфирного экстракта указывают на повышенное содержание маслянистой фракции и соответствуют эпигенетическим битумоидам. На эпигенетичность также указывает неравномерное распределение в осадочных породах углеводородов,

приводящее к окрашиванию осадков в разные оттенки черного и коричневого цветов и создающее впечатление псевдослоистости, которая особенно ярко проявлена вблизи трещинных пространств.

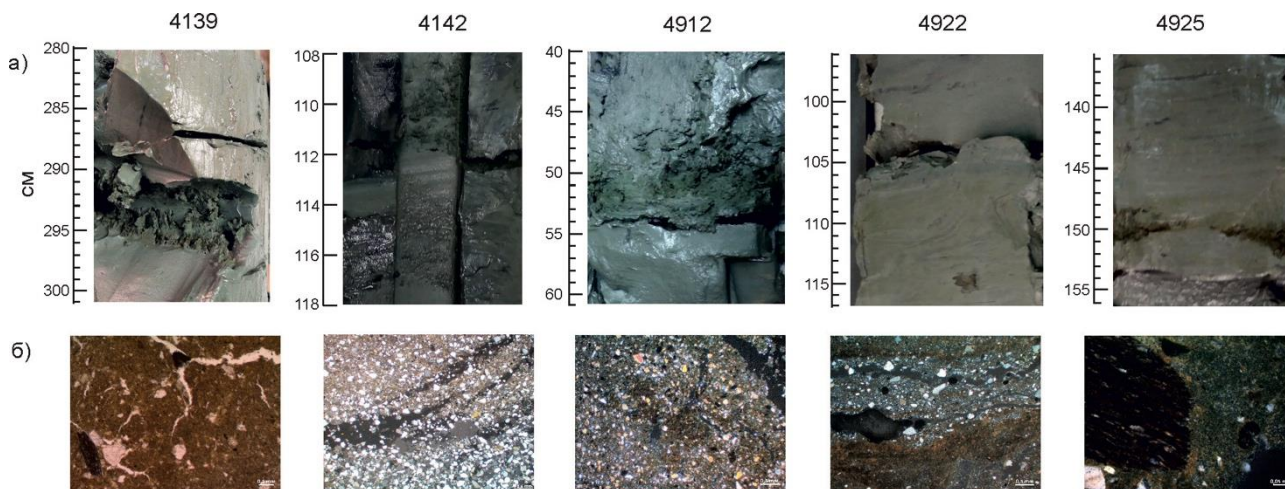


Рисунок 2: а) хардграунды в осадочных колонках; б) трещинные микротекстуры и различные формы нахождения органического вещества в хардграундах

Акустическое строение осадочного разреза в восточной части района исследований позволяет предположить поступление глубинного углеводородного флюида к поверхности с дальнейшим распределением внутри проницаемых слоев и последующим осаждением на определенном уровне с формированием видимой литологической границы со специфическими признаками, такими как цвет и пониженная влажность осадка. Отсутствие струй дегазации в водной толще указывают на то, что выше хардграунда по разрезу флюид не проникает.

В западной, Приновоземельской, части района исследований ведущую роль в процессе седименто- и литогенеза до начала последней голоценовой трансгрессии играл ледниковый фактор, поэтому воздействие Новоземельского ледника на органическое вещество в подстилающих донных осадках и приледниковых областях стоит рассматривать как возможную причину ускоренного преобразования органики, что, однако, не объясняет характеристики вытяжек, соответствующие эпигенетическим битумоидам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-05-00054 А

Литература

1. Левитан М.А., Хусид Т.А., Куцков В.М. и др. Типы разрезов верхнечетвертичных отложений Карского моря // Океанология, 1994. - Т. 34. - № 5. - С. 776-788.
2. Флоровская В.Н. Люминесцентно-битуминологический метод в нефтяной геологии. - М.: Изд-во Московского университета, 1957. - 292 с.

ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД: ТЕРМИНОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ

М.И. Тучкова¹, Е.В. Щербакова¹

¹ ГИИ РАН, Москва, *tuchkova@ginras.ru*

В данной работе обсуждаются термины постседиментационных преобразований осадочных пород, используемые в российской и англоязычной геологической литературе. Показаны разные методики определения постседиментационных преобразований, и особенности терминологии в геологической литературе. Приведена корреляция постседиментационных преобразований по разным методикам их определения и температурные пределы стадий преобразования. Особое внимание уделено изучению постседиментационных изменений в складчатых областях, в которых преобразования осадочных пород могут протекать в двух различных режимах и зависят от тектонической обстановки, в которой формировалась складчатая область.

Процесс постседиментационных преобразований осадочных комплексов, выполняющих бассейн, включает в себя несколько стадий, и может быть или чрезвычайно длительным или практически мгновенным в геологическом понимании. Уровни преобразований, а также P-T условия их формирования восстанавливаются с помощью стадийного анализа. Однако до сих пор остается много вопросов по преобразованию терригенных пород, особенно вовлеченных в структуру складчатых поясов.

В нашей стране изучение постседиментационных преобразований методом стадийного анализа развивалось в нашей стране в прошлом веке школой А.Г. Коссовской и В.Д. Шутова, а позднее О.В. Япаскуртом, И.М. Симановичем, А.В. Лукьяновой и многими другими. А.Г. Коссовская и В.Д. Шутов [2], а позднее В.А. Дриц и А.Г. Коссовская [1] предложили рассматривать различные типы постседиментационных преобразований терригенных пород (эпи- и метагенеза), формирующиеся в крупных тектонических областях с различным типом коры: в океанах (на коре океанического типа), на материках (на коре континентального типа) и в островных дугах (на коре переходного типа). В.Т. Лукьяновой [3], О.В. Япаскуртом и И.М. Симановичем [5; 6; 7] предлагается выделять два типа катагенетических преобразований осадочных пород: 1) фоновые стадийные преобразования, которые протекают при вялом тектоническом режиме (литогенез погружения) и 2) наложенные изменения (стресс, каолинизация, карбонатизация, гидротермальные). Наложённые изменения активизируются либо термальными эндогенными аномалиями в геодинамических обстановках локального растяжения, либо стрессом в обстановках сжатия, либо сложными сочетаниями термальных и компрессионных факторов. Считается, что в складчатых областях переход от литогенеза погружения к метагенезу (анхиметаморфизму) происходит в результате смены геодинамических режимов, сопровождающейся деформациями, проявлением складчатости, кливажа, изменением термально-флюидной обстановки [5]. Стресс является важнейшим фактором, оказывающим

влияние на постседиментационные преобразования в складчатых областях. Преобразования осадочных пород при деформациях сопровождаются флюидным режимом, при котором литостатическое давление значительно превышает флюидное [4, 5, 6].

В англоязычных публикациях понятие постседиментационных изменений несколько отлично от принятой в России терминологии [8, 9, 10]. Преобразования осадочных пород, начиная с их накопления до метаморфизма, объединены под термином «диагенез». В случае необходимости выделяется несколько подстадий диагенеза (I, II, III), позднюю стадию вторичных преобразований принято называть термином анхиметаморфизм, то есть «почти метаморфизм». На основании температурных условий формирования новообразованных минералов, предлагается более дробное разделение диагенеза – на эодиагенез (eodiagenesis), в течение которого температурный режим не превышает 70° С и глубина погружения осадка составляет не более 2 км, и мезодиагенез (mesodiagenesis): температурный режим выше 70° С (но не более 100 о) и глубина – более 2 км. Более интенсивные преобразования, вплоть до низкотемпературного метаморфизма, получили название телогенез (telogenesis, [9; 10]). Эти преобразования чаще прослеживаются вдоль окраин бассейна и сбросовых блоков в глубоководных центрах.

Анализ публикаций по преобразованиям осадочных пород показал, что наблюдаются различия в оценке уровней постседиментационных преобразований на основании различных индикаторов – ассоциаций глинистых минералов и вторичных структур, отражательной способности витринита, иллитового индекса Кюблера и т.д. В результате фоновых постседиментационных преобразований различия минимальны, однако при наличии деформаций в осадочной толще, границы уровней преобразований смещаются по разным параметрам и не совпадают между собой.

Работа выполнена № по теме 0135-2019-0078 Госзадания «Тектоника, магматизм и осадконакопление в геологической истории арктической и тихоокеанской континентальных окраин Северо-Востока Азии».

Литература

1. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.: Наука. 1991. 176 с. Труды ГИН АН СССР. Вып. 465.
2. Коссовская А.Г., Шутов В.Д. Минеральные индикаторы геотектонических типов регионального эпигенеза и его сопряжение с метаморфизмом на континентах и в океанах // Кристаллохимия минералов и геологические проблемы. М.: Наука, 1975. С. 19–34.
3. Лукьянова В.Т. Катагенез в орогенных областях. М.: КМК Лтд., 1995. 174 с.
4. Маракушев А.А. Петрогенезис. М.: Недра, 1988. 293 с.
5. Симанович И.М. Постседиментационный литогенез терригенных комплексов в складчатых областях: структуры пород и кливаж // Литол. и полезн. ископ. 2007. № 1. С. 84–92.
6. Симанович И.М., Япаскурт О.В. Геодинамические типы постседиментационных литогенетических процессов // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 2002. №6. С. 20–31.
7. Япаскурт О.В. Основы учения о литогенезе. Учебное пособие. М.: Изд. МГУ. 2005. 379 с.

8. *Abad I., Gutierrez, Alonso G., Nieto F., Gertner I., Becker A., Cabero A.* The structure and the phyllosilicates (chemistry, crystallinity and texture) of Talas Ala Tau (Tien Shan, Kyrgyz Republic): comparison with more recent subduction complexes // *Tectonophysics*. 2003. Vol. 365. P. 103–127.
9. *Worden R.H., Burley S.D.* Sandstone diagenesis: The evolution of sand to stone. 2009.
10. *Worden R.H., Morad S.* Clay minerals in sandstones: controls on formation, distribution and evolution // *Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ. № 34*. 2003. P.3-41.

ПУСТОВАЛОВ. ПУСТОСТРАХИ. ДИСКУССИИ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

П.В. Флоренский¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) И.М. Губкина, Москва, com@gubkin.ru

В 1947-1952 годах между Л.В. Пустоваловым и Н.М. Страховым разгорелась дискуссия, которая в то время могла привести к печальным последствиям. Однако, благодаря действиям мудрой геологической общественности это удалось предотвратить.

1. Сталинские планы послевоенного восстановления и реконструкции народного хозяйства привели к поистине грандиозному развороту геолого-поисковых работ. Осмысление собранного материала требовало обсуждения и уточнения теоретических основ науки об осадочных породах. В середине 40-х годов перед советской геологией встала задача обеспечить добычу урана, ибо США шантажировали нас атомной бомбой. Основные запасы урана сосредоточены в осадочных породах, поэтому к проблеме были привлечены многие литологи, во МНИ была введена специализация и новый курс, который вел В.И. Данчев.

Для добычи урана были нужны руки для подневольного труда в концлагерях, подобных описанным Варламом Шаламовым в его «Колымских рассказах». Проблема решалась стандартным способом: усилились поиски вредителей и аресты. В 1948-1950 гг. было создано «Красноярское дело» или Дело о полезных ископаемых, по которому сначала 16 крупнейших геологов, а позже ещё 30 геологов и горняков из Красноярска и Томска, в том числе и специалисты по урану, были арестованы. За вредительство и сокрытие полезных ископаемых подследственные получили срока (именно срока) от 5 до 25 лет с конфискацией имущества. Допросы велись с «пристрастием» (спецтермин), и по крайней мере шестеро немолодых крупнейших геологов погибли ещё во время следствия.

2. История формирования идеологии СССР отражена в «Кратком курсе истории ВКП(б)», наполненным описанием дискуссий, которые велись по сомнительному принципу «В споре рождается истина» и кончались, как правило трагически. Он был перенесён и в науку и нередко также приводил к печальным результатам. Квинтэссенцией дискуссий в науке стала борьба Т.Д. Лысенко с генетикой, которой он противопоставил мичуринскую науку, что привело надолго к запрету генетики. На сессии ВАСХНИЛ в августе 1948 г. было принят «Принцип переделки растений путем соответствующего их воспитания: ...Управляя условиями внешней среды, условиями жизни ...можем путем воспитания заставлять направленно изменяться природу растений в каждом поколении».» (Из документов Сессии). Принцип такого подхода к растениям дословно воспроизводил задачу воспитания человека

нового типа, провозглашенный на строительстве Беломоро-Балтийского канала, а потом отнесённый к населению всей страны.

3. Такова была атмосфера, в которой могла бы пойти дискуссия, о подготовке которой было заявлено ещё в 1947 г. Однако, мудрое руководство Геологического Института АН СССР осознавало возможность опасных последствий дискуссии. Отделение геолого-географических наук во главе с академиком Д.С. Белянкиным при поддержке секретаря парткома Геологического института АН СССР М.И. Варенцова приняло решение о тщательной подготовке совещания. В созданное оргбюро по его подготовке вошли Л.В. Пустовалов, Ю.А. Жемчужников, Н.М. Страхов, В.П. Флоренский и В.С. Яблоков. В процессе подготовки Совещания были опубликованы материалы по дискуссионным вопросам и итогам исследовательских работ. Это позволило заранее ознакомиться с кругом поставленных проблем и оттянуть время его проведения на 5 лет. Первое Всесоюзное совещание по осадочным породам прошло с 14 по 24 ноября 1952 г. в Москве, в конференц-зале Дома ученых. Это был первый послевоенный всесоюзный форум геологов, вышедший далеко за рамки обычной научной конференции. В совещании приняли участие 1077 ученых от 195 организаций из 63 городов. Совещание прошло в изменившейся ситуации: 29 августа 1949 г. в СССР была испытана атомная бомба. Возрос интерес и к осадочным породам, ибо именно они содержат основные запасы урана. Ученые - физики и геологи доказали свою необходимость

4. Помимо естественного для таких совещаний обмена информацией, одним из поводов для него послужила острая дискуссия между ведущими специалистами по петрографии осадочных пород Л.В. Пустоваловым и Н.М. Страховым.

Леонид Васильевич Пустовалов обращал внимание на то, что основные запасы полезных ископаемых сосредоточены в осадочных породах и развивал теорию дифференциации вещества как основу формирования месторождений. Изданный в 1940 г. его двухтомник «Петрография осадочных пород», отмеченный Сталинской премией, стал фундаментом для решения этих проблем и, в то же время, поводом для многочисленных и острых дискуссий, главной из которых была критика теории дифференциации.

Николай Михайлович Страхов был сторонником теории типов литогенеза и полагал, что ключ к познанию прошлого даёт изучение современных геологических процессов, то есть придерживался принципа актуализма или, позже, сравнительно-литологического метода.

5. Обе точки зрения не были антагонистичны, более того, они по сути комплементарны. Однако система выискивания противоречий и предания противника остракизму и стали их фоном. Особую остроту дискуссии придавало апеллирование к

марксистско-ленинской диалектике. Л.В. Пустовалов писал «Метод актуализма, основанный на метафизическом принципе и не отделимый от него, также является метафизическим так как не соответствует представлениям о поступательном развитии и диалектике Маркса или Ленина». Такое обвинение было смертельно опасно. Однако, к счастью, истина в науке не всегда определяется голосованием и подсчетом голосов.

6. Совещание закончилось принятием развернутого решения, При Отделении наук о Земле АН СССР были созданы Комиссия по осадочным породам (впоследствии Межведомственный литологический комитет) и журнал "Литология и полезные ископаемые". Литология заявила себя как самостоятельная ветвь геологической науки. В заключение руководство Оргкомитета отметило, что излишне большое внимание было уделено дискуссии. Было отмечено, что обе стороны противостояния, сохранив свой подход к проблемам, признали право другой иметь о них собственное мнение.

7. На Совещании выступили преподаватели Кафедры и многие выпускники МНИ (В.П. Флоренский, В.И. Данчев, В.С. Князев, Т.А. Лапинская, В.Ф. Соловьев, А.Д. Султанов и др.), хотя и не все остались верны своему учителю. На очередном заседании Кафедры петрографии осадочных пород МНИ в декабре 1952 г. Л.В. Пустовалов сказал: "Вы знаете - я никогда не был в науке одиночкой, у меня всегда были помощники и единомышленники. На этом весьма ответственном совещании впервые с серьезными, основанными на оригинальном собранном и обработанном ими материале с докладами выступили мои ученики. Впервые заявила, и очень веско заявила, моя, вернее, наша с вами школа. Это меня радует, пожалуй, больше всего".

8. В заключение особо подчеркну, что геологи продемонстрировали способность обсуждать научные проблемы, не завершая спор разгромом одной из сторон, тем самым сломав формировавшуюся в те годы "традицию" доказывать свою состоятельность в застенке. Это стало историческим событием в науке нашей страны.

АНАЛИЗ ЦВЕТА И ПЛЕОХРОИЗМА МИНЕРАЛОВ В ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ШЛИФАХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

И.И. Хасанов¹, А.С. Рахматуллина¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, com@gubkin.ru

В работе авторами приведены результаты апробации методики исследования и количественных характеристик цвета и плеохроизма минералов в петрографических шлифах при изучении нестатичных изображений, полученных системой захвата изображений и дальнейшей обработки их с помощью специального программного обеспечения.

Исследования пород в петрографических шлифах в проходящем свете позволяют диагностировать основные породообразующие минералы по набору определённых оптических характеристик, таких как показатель преломления (на качественном уровне, по шагреню, рельефу и поведению линии Бекке), цвет и плеохроизм (на качественном уровне), спайность (как качественно, так и количественно – угол между трещинами спайности в случае наличия более одной плоскости спайности), форма минерала (преимущественно на качественном уровне), показатель двупреломления (количественно), оптическая ориентировка и погасание (как количественно, так и качественно), осьность, оптический знак и угол $2V$ (как количественно, так и качественно).

Многочисленные исследования минералов методами оптической микроскопии позволили систематизировать главные характеристики минералов в петрографических шлифах [1, 2]. Благодаря оптическим микроскопам с системой захвата изображений появилась возможность изучать породы в петрографических шлифах, анализируя их изображения в различных программных комплексах. Однако, как мы видим, определение большинства оптических констант до сих пор происходит на качественном уровне, в то время как современные технологии и возможности создания разнообразных баз данных дают возможность количественной оценки кристаллооптических параметров.

Когда речь идёт об обработке изображений петрографических шлифов для получения какой-либо цифровой информации, как правило, это исследования пустотного пространства либо структурно-текстурный анализ, однако со времён зарождения кристаллооптики до сих пор не предложены законченные методики определения оптических свойств минералов в петрографических шлифах посредством компьютерной обработки цифровых изображений. Авторы считают необходимым применять количественную характеристику данных параметров, так как это позволит в дальнейшем уменьшить время, потраченное исследователем на определение и описание того или иного минерала/породы благодаря машинному обучению, а также сведет к минимуму субъективный фактор и, как следствие, ошибки конечного определения параметров.

В работах [3, 4] авторы делают основной упор на изучение структурных особенностей породы и, в меньшей степени, на количественную характеристику пустотного пространства. Машинное изучение оптических особенностей минералов пока не используется, в то время как это важно для создания базы оптических характеристик минералов в петрографических шлифах. Как правило, исследователи анализируют одно изображение породы, в то время как авторами предлагается метод работы с серией снимков одного шлифа с различной ориентировкой предметного столика, что позволяет определить большое количество кристаллооптических параметров. Данная работа иллюстрирует результаты по количественному определению таких параметров, как цвет минерала, плеохроизм и его интерференционные окраски.

В качестве примера был выбрана метаморфическая порода – эпидот-амфиболовый кристаллосланец. Данная порода сложена как окрашенными (амфибол, гиперстен?, рудные минералы), так и неокрашенными минералами (эпидот, плагиоклаз, кварц). В данной работе исследовался цвет, плеохроизм и интерференционные окраски роговой обманки.

Для количественного определения кристаллооптических параметров минералов критическое значение имеет качество и количество получаемых цифровых изображений петрографических шлифов. Поэтому авторами был предложен метод автоматического фотографирования шлифов, который предусматривает моторизацию оптического микроскопа (создания специфического устройства осуществления и контроля поворота предметного столика микроскопа) и создания программы управления устройством поворота столика, управления камерой микроскопа и координацией их работы друг с другом. Такое решение позволяет в короткие сроки получать большое количество качественных цифровых фотографий петрографических под разными углами поворота предметного столика. В данной работе система была настроена на съемку петрографических шлифов с интервалом поворота в один градус. Такой частый интервал был выбран, поскольку работа имеет исследовательский характер, но в конечной методике такой интервал будет избыточным, так как изменения кристаллооптических свойств минералов всегда имеют гармонический характер и легко интерполируются внутри поля известных значений. Так же, вследствие гармоничности изменений цветовых кристаллооптических свойств с поворотом предметного столика, методика предусматривает съемку не полного оборота, а половины оборота для съемки в режиме параллельных николей и четверти оборота – в режиме скрещенных николей. Таким образом результатом работы этой системы является блок данных, состоящий из 180 изображений шлифа в режиме параллельных николей и 90 изображений в режиме скрещенных николей (рисунок 1). Такой набор позволяет оценить цветовые кристаллооптические параметры любого зерна кристалла в шлифе для любого угла поворота

предметного столика, в том числе и для не целочисленного значения градуса поворота столика.

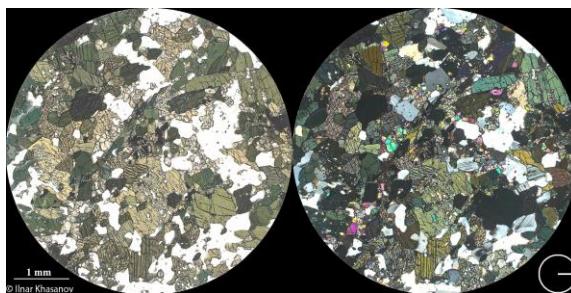


Рисунок 1. Пример изображений, получаемых предлагаемым методом для одного из ориентировок предметного столика.

Дальнейшая работа с таким блоком данных предусматривает предварительную разметку зерен, которая может осуществляться в автоматическом, полуавтоматическом или ручном режимах, и, затем, компьютерную обработку полученных изображений. В результате такой обработки считываются цифровые параметры цветности пикселей отдельных зерен минералов, оцениваются изменения этих параметров в зависимости от различной ориентировки предметного столика (рисунок 2) и полученные результаты сравниваются с эталонными для разных минералов.

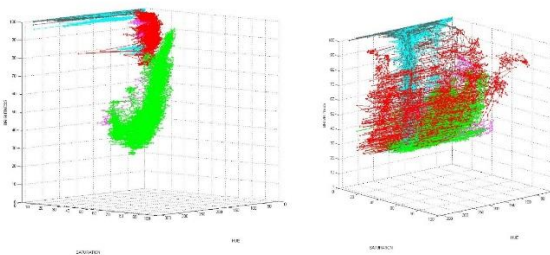


Рисунок 2 Параметры цвета различных минералов в цветовом пространстве HSB в параллельных (А) и скрещенных (Б) николях.

Предложенный подход к изучению минералов в петрографических шлифах позволит создать базу данных основных количественных характеристик оптических свойств различных минералов, чтобы в дальнейшем использовать её для автоматического определения основных параметров минералов в ещё не изученных породах.

Литература

1. В.Н. Лодочников. Главнейшие породообразующие минералы. 4-е издание. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр. Москва, 1955. – 248 с.
2. Трёгер В.Е. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва, 1958 г., 185 стр.
3. Rafael Andrello Rubo, Cleytonde Carvalho Carneiro, Mateus Fontana, Michelin, Rafael dos Santos Gioria. Digital petrography: Mineralogy and porosity identification using machine learning algorithms in petrographic thin section images. Journal of Petroleum Science and Engineering Volume 183, December 2019.
4. Antonio Buono, Shawn Fullmer, Kelly Luck, Keith Peterson, Hubert king, PJ More, Stephanie LeBlanc. Quantitative Digital Petrography: Full Thin Section Quantification of Pore Space and Grains. SPE-194899-MS.

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ДОМАНИКОВОГО ТИПА В ПРЕДУРАЛЬСКОМ КРАЕВОМ ПРОГИБЕ

А.С. Хаюзкин¹, В.П. Морозов¹, А.Н. Воронина², Э.А. Королев¹, А.А. Ескин¹, Е.В. Морозова¹,
А.И. Баширов¹

¹ КФУ, Казань, *alexeykhaiuzkin@mail.ru*

² БашНИПИнефть, Уфа, *VoroninaAN@bnipi.rosneft.ru*

Изучены две скважины, вскрывающие отложения доманикового типа среднефранско-раннетурнейского возраста в Предуральском краевом прогибе и близ него (Бельская депрессия и Благовещенская впадина). Керн скважины, приуроченной к Предуральскому краевому прогибу, в отличие от другой, обладает развитой трещиноватостью. По результатам исследований в отложениях выделяются карбонатные, карбонатно-кремнистые породы, обогащенные ОВ, переходящие в силициты, и карбонатные брекчии. Также в отложениях обнаруживаются прослой пеплового материала. В карбонатных брекчиях на основании пиролитических исследований обнаруживается эпигенетичная нефть. Катагенетическая преобразованность органического вещества в изученных отложениях оценивается на уровне МК₁-МК₂. При проведении SEM-исследований в отложениях обнаруживаются микрослойки и микросгустки керогена. В скважинах обнаружена развитая вторичная доломитизация, что может указывать на миграцию углеводородов через данные отложения. В одной из скважин обнаружен древний канал миграции флюидов, сложенный деградированной нефтью.

Объектами исследования являлся керн двух скважин, территориально приуроченных к центральным областям Республики Башкортостан. Первая скважина в тектоническом плане приурочена к Благовещенской впадине Волжско-Камской антеклизы, вскрывает отложения доманикового типа франско-турнейского возраста, на глубинах 1738–1867 м. Вторая скважина приурочена к Бельской депрессии Предуральского краевого прогиба, также вскрывает отложения доманикового типа франско-турнейского возраста, на глубинах 2311–2420 м.

Исследования керна проводились посредством оптико-микроскопических, рентгенографических, электронно-микроскопических, термических и пиролитических исследований.

В литологическом отношении изученные разрезы представляют собой переслаивание карбонатных, карбонатно-кремнистых пород, обогащенных ОВ, на отдельных участках переходящих в силициты. Реже в разрезах встречаются карбонатные брекчии, обломки которых представлены известняками мад- и вакстоунами, а цемент выполнен карбонатно-кремнистым материалом, вмещающем органическое вещество. Еще реже в разрезах обнаруживается вулканический пепел, макроскопически идентифицируемый по люминесценции в УФ-свете. Керн второй скважины обладает сильной трещиноватостью, в то время как в керне первой скважины трещиноватость развита значительно в меньшей степени.

По результатам исследований среди карбонатных пород в разрезах выделяются известняки мад-, вак- и пакстоуны. Породообразующим минералом пород является кальцит,

в одном образце вакстоуна обнаружен глауконит в количестве 5% вес. Содержание органического вещества не превышает 2%, а количество связанных углеводов во много раз превышает количество свободных ($S_1 = 0,12$; $S_2 = 0,3$).

Среди карбонатно-кремнистых пород, обогащенных органическим веществом, выделяются собственно карбонатно-кремнистые породы, карбонатно-кремнистые породы доломитизированные, а также силициты. Породообразующими минералами перечисленных пород являются: кварц, кальцит, доломит, КПШ, слюды. Содержание органического вещества в них может достигать 27,3%, а количество связанных углеводов во много раз превышает количество свободных ($S_1=6,13$; $S_2 = 35,8$).

В изученных разрезах доломитизированные карбонатно-кремнистые породы слагают значительную их часть. Масштабная вторичная доломитизация отложений доманикового типа встречена нами впервые. В отдельных образцах карбонатно-кремнистых пород, обогащенных органическим веществом, содержание доломита достигает 32%. Согласно литературным данным [1], вторичный доломит рассматривается в качестве минерала-индикатора, указывающего на пути миграции углеводов.

Карбонатные брекчии, изученные в разрезе, сложены кальцитом, доломитом и кварцем. При этом крупные ромбоэдры вторичного доломита обнаруживаются лишь в цементирующем материале пород, что указывает на миграцию углеводов через цемент карбонатных брекчий. Такие породы содержат до 2,32% органического вещества и вмещают преимущественно свободные углеводороды ($S_1 = 0,12$; $S_2 = 0,07$).

С целью определения катагенетической преобразованности минеральной и органической компоненты отложений были проведены пиролитические исследования по методике Rock-Eval и расчет степени кристалличности кварца по областям когерентного рассеяния (ОКР) по методу Бальзара. Значения T_{max} , ТОС, а также размер ОКР приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Скважина	Глубины залегания, м	$T_{max}, ^\circ C$	ТОС, %	ОКР, нм
Первая	1800	435,6	3,7	56
Вторая	2400	439,4	1,5	57

Согласно полученным результатам, отложения доманикового типа на территории Благовещенской впадины претерпели градации катагенеза, соответствующие $МК_1$, а в Бельской депрессии – $МК_1$ - $МК_2$. Если считать, что изначально в изученных разрезах было одинаковое количество органического вещества, то отложения доманикового типа, вскрытые второй скважиной исчерпали свой нефтегазогенерационный потенциал в значительно

большой степени. Так, количество органического вещества в отложениях первой скважины в два раза превышает количество ОВ во второй скважине. Тем не менее, разная катагенетическая преобразованность отложений не сильно отразилась на размерности кристаллитов кварца, оцениваемой на уровне 56–57 нм.

Как было сказано ранее, керн второй скважины обладает трещиноватостью, в то время как керн первой скважины – плотный. Тем не менее в керне первой скважины был обнаружен субгоризонтальный канал миграции флюидов, нацело сложенный твердым битумом (рисунок 1).

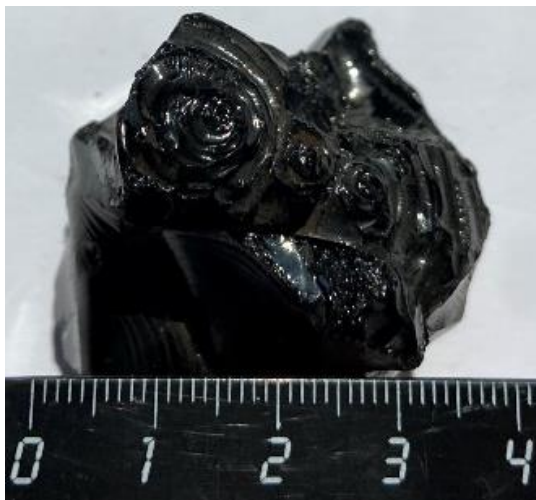


Рисунок 1 Образец твердого битума, обнаруженный в первой скважине. Глубина отбора 1852,2 м

По результатам пиролитических исследований по методике Rock-Eval выяснено, что данный образец сложен преимущественно связанными углеводородами. Так, параметр S_1 составляет 36,3 мг/г, в то время как $S_2 = 317,8$ мг/г. По показателю T_{max} твердый битум претерпел те же градации катагенеза, что и вмещаемое карбонатно-кремнистыми породами органическое вещество. Это позволяет утверждать, что твердый битум является продуктом миграции углеводородов из вмещающих его отложений. По всей видимости, изначально, во время нахождения сланцевой толщи в зоне нефтеобразования, через данный канал происходила миграция подвижного флюида. Однако после выхода отложений из нефтяного окна миграция УВ прекратилась, а позже произошла дегградация углеводородов, оставшихся в канале миграции, до твердого битума.

Литература

1. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Морозов В.П. Линейные зоны вторичной доломитизации пород-коллекторов Тевлинско-Рускинского месторождения - индикаторы путей миграции нефтеносного флюида. Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 9. – С. 52-56.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ШИХАНА ТОРАТАУ

Е.И. Чукова¹, А.С. Рахматуллина¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, com@gubkin.ru

В данной работе авторы приводят результат полевых работ на шихане Торатау и небольшом возвышении северо-западнее от него - «Шиханчике» (на западном склоне Южного Урала), литературный обзор этих уникальных геологических объектов, краткую характеристику обстановок образования Стерлитамакских шиханов, описание текстурно-структурных особенностей и коллекторских свойств.

Интерес к рифовым постройкам на территории Башкортостана был проявлен еще в 30-х годах прошлого века, когда были получены первые промышленные притоки углеводородов из пермских отложений. Позднее проводились многочисленные исследования по определению генезиса, типов слагающих пород, но изучение биогермных построек по-прежнему актуально, и выявление особенностей строения геологических тел подобных построек во многом позволяет охарактеризовать закономерности изменения коллекторских свойств слагающих пород и выявить наиболее перспективные природные резервуары в аналогичных отложениях других регионов.

Протяженность нижнепермских рифовых построек, расположенных вдоль западной границы Предуральского краевого прогиба, составляет около 2000 км. Абсолютное большинство рифов связано с зоной перехода мелководных отложений востока платформы в глубоководные глинисто-кремнисто-карбонатные отложения Предуральского прогиба [3].

К этим постройкам и относятся Стерлитамакские шиханы, которые находятся в южной части Предуральского краевого прогиба и тянутся цепочкой вдоль правого берега р. Белой около г. Стерлитамак. Шиханы являются частью пермского карбонатного рифа, 299-285 млн лет назад - с ассельского до начала артинского времени – продолжалось формирование биогенных построек и разделяющих их межрифовых слоистых преимущественно детритовых известняков [4].

Считается, что шихан Торатау сложен известняками ассельского яруса, а куполообразная поверхность массива перекрывается плащом красновато-бурых мергелей. По данным Б.И. Чувашова и В.В. Черных (предположительно от 1984 г.) эти породы выполняют складчатые зоны и развиты преимущественно на северном склоне массива, однако в настоящее время можно отсечь участок, расположенный от северо-запада к юго-востоку, так как он сильно задернован, что осложняет его изучение.

В ходе полевых работ на шихане Торатау было выявлено, что постройка сложена преимущественно плотными светло-серыми известняками с большим количеством

органогенных остатков. Это разнообразные биогермные водорослевые известняки и органогенно-детритовые известняки, сложенные обломками водорослей и, кроме того, обломками мшанок, брахиопод, члеников криноидей [2].

В составе постройки присутствует зона развития обломочных известняков (предположительно зона разлома), в том числе и микробрекчий, где, как правило, обломки остроугольные, а в роли цемента выступает битум.

Особенностью биогермных известняков массива является наличие первичных седиментационных пустот [1], максимальные размеры которых измеряются десятками сантиметров, и больших и малых каверн, образовавшихся в результате вторичных преобразований. Оценивая коллекторские свойства важно упомянуть о роли наложенной трещиноватости, приуроченной к крупным субмеридиональным разломным зонам.

Было проведено предварительное исследование, в ходе которого выделены основные типы пород:

1. биогермные известняки с органогенно-детритовым заполнителем, где в роли биогермостроителей в основном выступают мшанки и водоросли. Породы чаще всего светло-серые, за счет неравномерного распределения биогермов обладают пятнистой текстурой. Заполнитель крайне разнообразен по составу: это как разрушенные биогермы, снесенные в пустоты, там и раковины брахиопод, останки члеников криноидей и др. Различимы межкаркасные, внутриформенные пустоты, достигающие 1,5 см, мелкие трещины и каверны, образовавшиеся путем выщелачивания.

2. органогенно-детритовые известняки, который в свою очередь можно разделить на несколько подвидов:

- органогенно-детритовый известняк (грейнстоун и пакстоун) с большим содержанием детритового материала, где практически отсутствует цементный заполнитель. Среди обломков хорошо различимы членики криноидей. Пустоты различны: от сложно различимых пор, до полусантиметровых межкаркасных.

- органогенно-детритовый известняк (вакстоун), где количество детрита не превышает 30%, обломки небольшого размера (десятые доли и первые миллиметры), а в роли цемента выступает карбонатный заполнитель от серого до темно-бежевого цветов. Пустоты чаще внутриформенные, отмечаются отдельные трещины волосяной раскрытости.

3. обломочный известняк с битуминозный цементом, приуроченный к зоне разлома, сложен обломками карбонатных пород различных типов. Пустотное пространство представлено межформенными пустотами, кавернами различного генезиса и многочисленными разнонаправленными трещинами.

4. известняк микритовый, имеющий слоистую текстуру, серого и коричневого цвета, плотный. Образцы были найдены на восточном склоне Торатау на альтитудах от 230 до 270 м.

Таким образом, наиболее перспективными с точки зрения коллекторских свойств являются биогермные и органогенно-детритовые известняки (грейнстоуны и пакстоуны). Трещиноватость положительно влияет на коллекторские свойства, обеспечивая связность пустот различного генезиса. Зона разлома, сложенная обломочными известняками, интересна повышенной трещиноватостью и, возможно, может быть выделена как отдельный резервуар своеобразной формы, встречающийся исключительно в разломной зоне.

Литература

1. *Абрамова Л.М., Баишева Э.З, Габбасова И.М. и др.* Уникальные памятники природы шиханы Тратау и Юрактау. – Уфа: Гилем, Башк. Энцикл., 2014. – 312 с.
2. *Королюк И.К.* Органогенные постройки и рифовые формации палеозоя западного склона Южного Урала и Приуралья // Литология и палеогеография биогермных массивов (ископаемых и современных). - М.: Наука, 1975 - 199 с.
3. *Кузнецов В.Г.* Палеозойское рифообразование на территории России и смежных стран. - М.: Геос, 2000. - 227 с.
4. *Чувашов Б.И., Пруст Ж.-Н., Буассо Т., Веннан Э., Черных В.В.* К истории формирования Стерлитамакских шиханов (Раннепермские рифовые массивы Южного Предуралья) // Ежегодник 1995. - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 1996. – 184 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОРФОЛОГИИ АССЕЛЬ-САКМАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ НА ПРИМЕРЕ ШИХАНА ТОРАТАУ

Е.И. Чукова¹, И.И. Хасанов¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, com@gubkin.ru

В данной работе, основанной на использовании нескольких методик съемки геологического объекта на различных масштабных уровнях (общим планом, на макро-, микроуровнях), описаны предварительные результаты. Авторы предлагают новый подход к исследованию и реконструкции геологического тела, целью которых является создание цифровой стереомодели шихана Торатау, находящегося на западном склоне Южного Урала, а также дают краткое описание полевых и лабораторных работ.

В последнее время появляются новые технологии аэрофотосъемки, которые позволяют, применяя беспилотные летательные аппараты (БПЛА), получать съемку, характеризующуюся намного большей информативностью и детальностью. Также, такая съемка позволяет получать не только двумерные изображения земной поверхности в виде ортофотопланов, что делалось и ранее, но и получать трехмерную цифровую модель местности (ЦММ). Такие модели применяются в разных отраслях промышленности, в том числе в инженерной геологии, но примеры применения таких технологий в других сферах геологии, в частности в нефтяной геологии пока сильно ограничены. Между тем, это дает большие возможности в изучении и реконструкции приповерхностных геологических тех, создании сложных пространственных моделей их структуры и конфигурации, а также построения трехмерных иерархических моделей, характеризующихся комплексной геологической информацией обо всех структурных компонентах модели на разных масштабных уровнях. В данной работе авторы предлагают подходы и реальный пример такого моделирования.

Для изучения был выбран один из стерлитамакских шиханов – шихан Торатау. Данные, полученные еще в 1929-1934 гг. в результате детального изучения главным образом ишимбаевских нефтеносных структур, стратиграфически являющихся аналогами стерлитамакских шиханов, подтвердили их рифовый характер [2]. Уникальность объекта такого рода заключается в том, что ранее он был погребен под землей и перекрыт кунгурскими отложениями, однако в следствие нео-орогенических неоген-четвертичных деформаций шихан был выдвинут на дневную поверхность. Перекрывающие гипсы, соли и ангидриты быстро разрушились, и остались более устойчивые известняки ассельского яруса. Реконструкция морфологии данного биогермного природного резервуара, позволит применять эту информацию на погребенных аналогах схожего генезиса, которые представляют собой резервуары нефти и газа, и уточнять геологические модели, изучение

которых в настоящее время возможно только методами полевой геофизики и скважинными методами.

Шихан Торатау недавно стал местом активного притяжения туристов, был включен в одноименный геопарк «Торатау» и, одновременно с тем, является одним из объектов изучения на полевой практике студентов кафедры литологии Губкинского университета. Объект имеет планетарную уникальность и внесен в Глобальный реестр геологического наследия по программе Geosites [3].

В рамках представленной работы была проведена экспедиция, во время которой осуществлялась аэрофотосъемка и производился отбор образцов. Сложность детального рассмотрения объекта как с высоты, так и на земле заключается в высокой степени задернованности северо-восточного склона. Несмотря на это было выявлено, что наиболее распространенными в толще являются обломочные известняки с преобладанием органогенно-детритовых (роль детрита чаще представлена обломками жителей биогермов) и биогермных известняков.

Лабораторная часть заключалась в последовательном изучении строения шихана от его общего вида на плане до его текстурно-структурных особенностей на микроуровне.

Первым этапом стало создание модели на основе данных, полученных во время аэрофотосъемки.

Далее в камеральных условиях были определены основные типы пород, представляющих ассельско-сакмарские отложения природного резервуара, и отобраны образцы с самыми ярко выраженными текстурно-структурными особенностями (характерными для каждого типа) для проведения дальнейших исследований.

Вторым этапом реконструкции морфологии уже на макроуровне стало сканирование образцов Artec 3D с их последующей обработкой. Преимуществом подобного метода, перед обычной 2D фотосъемкой, является возможность рассмотрения текстуры и структуры образца во всех ракурсах, а также возможность видеть характер рельефа образца породы.

Третьим этапом стало изучение на микроуровне при помощи томографии и микроскопии. Для этого была проведена пробоподготовка, где было учтено, что особенностью биогенных известняков массива является наличие первичных седиментационных пустот [1], больших и малых каверн. Поэтому были выпилены образцы размерами до 30 мм, для максимального сохранения пустотного пространства. После изучения в томографе, использующем методику «неразрушающего» послойного исследования внутреннего строения, с образцов были сделаны шлифы по середине и с торца, а где представлялось возможным - 4 вертикальных и 1 перпендикулярный после чего они были рассмотрены под микроскопом и описаны.

Подобный подход к исследованию позволил воссоздать морфологию пермского карбонатного рифа «Торатау» и в будущем может основой для комплексной иерархической модели этой биогермной постройки.

Литература

5. *Абрамова Л.М., Башиева Э.З, Габбасова И.М. и др.* Уникальные памятники природы шиханы Тратау и Юрактау. – Уфа: Гилем, Башк. Энцикл., 2014. – 312 с.
6. *Микрюков М.Ф.* Стерлитамакские шиханы // Пермская экскурсия. Южный маршрут. – Ленинград-Москва. ОНТИ НКТП СССР, 1937. – 144 с.
7. *Пучков В.Н.* Особенности строения геопарка «Торатау» // Геологический вестник. 2019. №3. - Уфа: Институт геологии УФИЦ РАН, 2019. – 18-49 с.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПОРЫ СЛАНЦЕВОГО КОЛЛЕКТОРА НИЖНЕСИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ФОРМАЦИИ ЛОНМАСИ (КНР)

Т.А. Шарданова¹, Хао Юэсян², Ли Ичжэнь², Не Цзе²

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, *tshardanova@mail.ru*

² CNPC Chuanqing Drilling Engineering Company Limited, Департамент управления проектами по разведке и разработке сланцевого газа, КНР, *yuriiyx@hotmail.com*

Исследование посвящено выделению компонентов органического вещества в нижнесилурийских высокоуглеродистых комплексах формации Лонмаси в районе Вэйюань (КНР). Изучение пустотного пространства в органическом матриксе позволило выявить факторы, способствующие увеличению сланцевого резервуара.

Изучение органических пор (ОП) в высокоуглеродистых породах (черных сланцах) в последние годы приобрело особое значение, в связи с разработкой нефтяных и газовых сланцевых месторождений [2, 3]. Описание микроструктурных характеристик пустотного пространства сланцевых коллекторов затруднено. Это ограничивает исследование механизма обогащения сланцевым газом и прогнозирование его аномальных концентраций, а также запасов сланцевого газа.

Пространство сланцевого коллектора представлено микротрещинами, порами как в минеральном матриксе, так и в органическом веществе (ОВ). Предыдущие исследования показали, что в сланцевых коллекторах формации Вуфон и подпачки Лон I₁ формации Лонмаси в районе Вэйюань (КНР) в качестве основного пространства скопления газа являются органические поры, на долю которых приходится 63,04% общей пористости.

В формации Лонмаси нижнего силура в блоке Вэйюань обычно преобладают серые, черные углеродистые сланцы, зелено-серые и черные песчаные сланцы, верхняя часть в основном представлена зелено-серыми аргиллитами, сланцами с прослоями глинистых песков, а нижняя часть представлена серыми и черными углеродистыми сланцами. Формация Лонмаси снизу вверх делится на комплексы Лон I и Лон II, в свою очередь нижний комплекс Лон I снизу вверх делится на подкомплексы Лон I₁ и Лон I₂. Подкомплекс Лон I₁ разделяется на 4 слоя (снизу вверх): Лон I₁¹, Лон I₁², Лон I₁³ и Лон I₁⁴ [1]. Предыдущие исследования показали, что эти комплексы формировались в относительно глубоководных шельфовых впадинах депрессионного типа. Минеральный состав высокоуглеродистых черных сланцев варьирует от кремневого до смешанного известково-глинисто-кремневого. Изучение минеральной составляющей показывает, что в подкомплексе Лон I₁ в слоях Лон I₁¹, Лон I₁², Лон I₁³ и Лон I₁⁴ содержание кварцевого компонента в целом постепенно снижается снизу вверх, причем область его высокого значения в основном

сосредоточена в самом нижнем слое Лон I₁¹. По геохимическим модулям для этого этапа характерно накопление осадков преимущественно в дизоксичной (бескислородной) среде, что способствовало обогащению и сохранению органического веществ. Частично это относится и ко времени формирования слоя Лон I₁³, в отличие от условий накопления осадков слоев Лон I₁² и Лон I₁⁴.

Характеристика и закономерности распределения микрокомпонентов ОВ. Изучение морфологических особенностей микрокомпонентов органического вещества (ОВ) показало, что в сланцевых отложениях формации Лонмасы оно представлено четырьмя типами: сапропель, липтинит, витринит, инертит. Статистический анализ распределения компонентов ОВ позволил выявить следующие закономерности. При общем доминировании во всех слоях сапропелевого материала, самое высокое содержание его отмечается в слоях Лон I₁¹, тогда как содержание группы липтинита, витринита и инертинита, указывающих на наземные организмы, относительно невелико (Таблица 1).

Таблица 1 Содержание компонентов органического вещества в подкомплексе Лон I₁

Слой	Сапропель	Липтинит	Витринит	Инертит
Лон I ₁ ⁴	73-84 (78,4)	1,6-10,7 (4,2)	6,8-12,7 (11,7)	7-11,7 (8,5)
Лон I ₁ ³	76-84 (81,6)	1,3-4 (2,9)	4,2-12,5 (8,3)	4,2-9,3 (7,1)
Лон I ₁ ²	73-84 (78,6)	1,6-2,6 (2,0)	8,7-18,2 (14,4)	2,2-6 (4,6)
Лон I ₁ ¹	76-93 (87,1)	1,5-5,7 (3,0)	2,4-11,6 (4,2)	0,1-15,6 (4,6)

Характеристика пустотного пространства в органическом веществе. Микроструктура и характер распределения пор изучались с помощью двухмерной многомасштабной комбинированной электронной микроскопией большой площади (модульная автоматизированная система обработки, MAPS), трехмерной сканирующей электронной микроскопией со сфокусированным ионным пучком (FIB-SEM) и микрофотографией (КТ). Общее содержание органических пор в 19 образцах из формации Вуфон - Лонмасы составляет 0.86%-3.37%, а пористость в ОВ 18.47%-37.13%. Количественный анализ пустотности в ОВ показал максимальные значения в породах слоя Лон I₁¹, где преобладает ОВ сапропелевого типа. Размер пор в подкомплексе Лон I₁ распределен неравномерно, в основном от 5 до 300 нм, а их морфологические характеристики разнообразны: округлые, эллиптические и удлиненные. Наибольшей пористостью обладают комбинированные поры, где крупные и мелкие поры имеют хорошую связанность, высокое координационное число. Согласно статистике, пиковые значения

общего радиуса порового резервуара составляет от 65 до 1550 нм. Для ОП групп инертита, витринита и липтинита характерна низкая пористость, плохая связанность и низкое координационное число.

Можно предположить, что важнейшими факторами газонасыщенности слоев Лон I₁¹ и Лон I₁³ формации Лонмасы являются повышенное содержание в них ОВ группы сапропеля. Это было обусловлено характером бассейна седиментации (увеличение относительного уровня моря, стагнация придонных вод, усиление биопродуктивности, незначительный привнос терригенного материала), а также развитием органических пор комбинированного типа с высокой связанностью, характерным для сапропелевого матрикса.

Литература

1. Хао Юэсян, Т. А. Шарданова, Хуан Чунсин Особенности строения высокоуглеродистых пород на примере нижнесилурийских отложений в депрессии Сычуань платформы Янцзы // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. - 2019. - № 4. - С. 84-88.
2. Bei Liu, Maria Mastalerz, Juergen Schieber. SEM petrography of dispersed organic matter in black shales: A review Earth-Science Reviews, V. 224, 2022, 103874
3. Juan Teng, Bei Liu, Maria Mastalerz, Juergen Schieber Origin of organic matter and organic pores in the overmature Ordovician-Silurian Wufeng-Longmaxi Shale of the Sichuan Basin, China. International Journal of Coal Geology. V. 253, 2022, 103970)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА
К СЕРЕ СУЛЬФИДНОЙ В БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, КАК
ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЕЕ ПОРОД

В.Г. Эдер¹, А.Г. Замирайлова²

¹ ГИИ РАН, Москва, *edervika@gmail.com*

² ИНГГ СО РАН, Новосибирск, *zamirailovaag@ipgg.sbras.ru*

Рассмотрены закономерности распределения отношения органического углерода к сере сульфидной (C/S) в баженовской свите Западной Сибири. По характеру распределения C/S выделяются следующие группы разрезов: 1) слабоизмененные, со значимой положительной линейной зависимостью C/S около 3 ($R=0,8-0,9$); 2) среднеизмененные, в которых степень зависимости этих величин несколько ниже ($R=0,5-0,6$); 3) сильноизмененные, характеризующиеся слабой зависимостью между C и S ($R=0,1-0,4$).

Ранее выявлено, что отложения, образованные в нормальных морских обстановках и не подвергшиеся существенным изменениям, характеризуются положительной линейной корреляцией содержаний органического углерода (C) и серы сульфидной (S), где C/S составляет около 3 ($2,8\pm 0,8$) [4,5]. Эта тесная связь объясняется тем, что образование пирита контролируется скоростями поступления в осадок органического вещества (ОВ), растворенного сульфата и реакционноспособных обломочных минералов железа. Ранее было также установлено, что значение отношения C/S около 1 характерно для преобразованных в позднем диагенезе пород [7]. Целью настоящей работы является выявление закономерностей распределения значений отношения C/S в верхнеюрско-нижнемеловой баженовской свите, для анализа возможности использования этого показателя в качестве критерия распознавания сильноизмененных пород этой толщи и разрезов в целом. Это в свою очередь будет способствовать более корректной интерпретации геохимических данных при палеореконструкциях условий образования отложений. В рамках работы для 16 разрезов баженовской свиты проведены стандартные литологические исследования, с использованием данных РФА (ИГЕМ СО РАН). Определение содержаний органического углерода выполнялось весовым полумикрометодом с помощью экспресс-анализатора (АН-7529) на углерод и в некоторых разрезах – методом пиролиза (SR Analyzer – POPI) в ИНГГ СО РАН. Анализ содержаний в породах серы сульфидной, сульфатной и форм железа осуществлялся химическими методами в ИГМ СО РАН. Для всех изученных разрезов построены корреляционные диаграммы, определены коэффициенты корреляции, проанализированы литолого-геохимические особенности образцов пород, представляющих отскоки от линейной зависимости $C/S=3$. Как известно, отложения баженовской свиты распространены на огромной территории Западной Сибири (более 1 млн. км²) и залегают преимущественно на глубинах 2300-3500 м. Температурный режим толщи на разных площадях варьирует от 125

до 195 °С, а степень преобразованности ее органического вещества соответствует грациям мезокатагенеза МК₁¹–МК₂ ($R^0=0,6 -1,1$) [1]. Ранее выявлено, что значительная часть пород баженовской свиты характеризуется значениями отношения C/S около 3 [3] и по комплексу признаков (величине C/S, среднему содержанию ОВ, степени карбонатизации разрезов) выделено 3 группы разрезов: сильноизмененные, среднеизмененные и слабоизмененные [2]. В большинстве случаев эти группы соответственно различаются по степени преобразованности ОВ. Рассмотрим более подробно особенности распределения в них C/S.

В слабоизмененных разрезах преобладают породы, для которых характерны значения отношения C/S около 3, коэффициент корреляции (R) между этими двумя компонентами составляет 0,76-0,9, что говорит о высокой значимой линейной зависимости между значениями содержаний органического углерода и серы сульфидной (рисунок 1). Разрезы этой группы распространены в юго-восточном районе (Толпаровская, Арчинская пл.), где степень преобразованности органического вещества баженовской свиты меньше (МК₁¹–начало МК₁²), чем в центральном согласно данным А.Н. Фомина [1]. Также они присутствуют на некоторых площадях в центральном районе – Урьевской и Северо-Салымской площадях, где коэффициенты корреляции между C и S составляют 0,91 и 0,84 соответственно.

Значительная часть пород (около 50%) среднеизмененных разрезов по сравнению со слабоизмененными характеризуются значениями C/S менее 3. Значения этого показателя для большинства образцов на графике корреляции располагаются вблизи прямой C/S=3, отклонения от этой зависимости не существенные. Степень зависимости между C и S относительно понижена ($R=0,5-0,6$) из-за присутствия некоторого количества существенно измененных в диа- и катагенезе пород. В то же время их содержание не превышает 10 % и при исключении этих пород из выборки коэффициент корреляции повышается до 0,8–0,9, таким образом зависимость между органическим углеродом и серой сульфидной становится значимой. Эти разрезы распространены в центральном районе, в частности нами описаны на территории Хантейской гемиантеклизы.

По характеру распределения C/S выделяются две подгруппы сильноизмененных разрезов. Первая подгруппа, установленная на Салымской и Присклоновой пл., характеризуется преобладанием пород со значениями C/S < 3 и существенно повышенным количеством карбонатизированных пород. Коэффициент корреляции в этих разрезах составляет 0,32-0,44. Вторая подгруппа разрезов, наблюдаемая на Западно-Квензерской и Тай-Тымской пл. имеет значительную долю пород с C/S более 3 и характеризуется значительным отклонением многих образцов от линейной зависимости C/S=3, что выражается в крайне низких коэффициентах детерминации: 0,08 (Западно-Квензерская пл.),

и 0,3 (Тай-Тымская пл.). При исключении существенно карбонатизированных пород, а также пиритовых и кероген-пиритовых, генезис которых определен ранее, как вторичнопиритизированных [3], в обеих подгруппах значения коэффициента детерминации существенно не меняются и составляют менее 0,5.

Таким образом сделаны выводы, что при палеореконструкциях условий образования баженовской свиты, особенно посредством анализа геохимических модулей, включающих органо- и сидерофильные элементы, должно быть учтено следующее: 1) наиболее пригодны для этих целей относительно слабоизмененные разрезы в которых породы имеют высокую степень зависимости между содержанием органического углерода и серой сульфидной; 2) в среднеизмененных разрезах образцы со значениями C/S около 1 должны быть исключены из выборки; 3) изучение сильноизмененных в диа- и катагенезе разрезов баженовской свиты не целесообразно и с большой долей вероятности приведет к некорректным выводам.

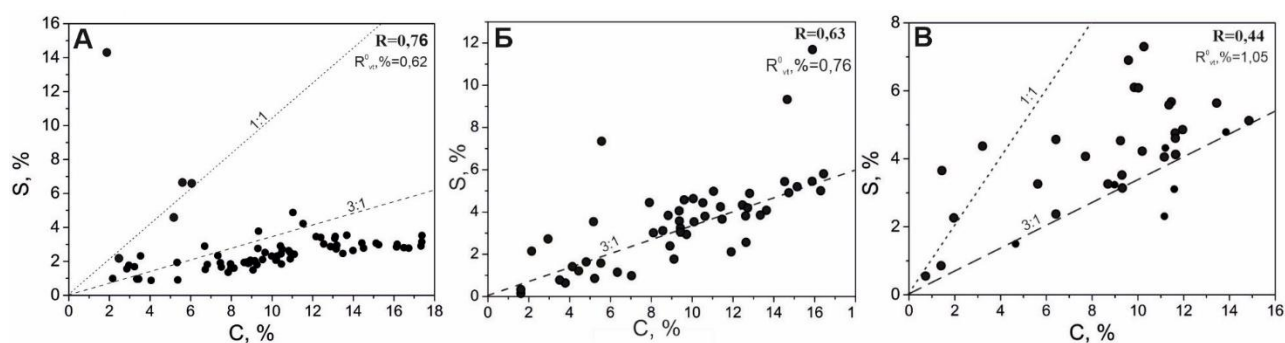


Рисунок 2 Корреляционные диаграммы распределений значений содержаний органического углерода и серы сульфидной в: А — слабоизмененных (Арчинская пл.), Б — среднеизмененных (Повховская пл.), В — сильноизмененных разрезах баженовской свиты.

Литература

1. Фомин А. Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна / Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011 – 331 с.
2. Эдер В.Г., Балушкина Н.С., Замирайлова А.Г., Фомин А.Н. Литолого-геохимические свидетельства катагенетических преобразований черных сланцев на примере баженовской свиты Западной Сибири// Вестник Московского университета – 2021 – Серия 4: Геология – № 1 – С. 58–70.
3. Эдер В.Г. Пиритизация пород зон перехода черносланцевой толщи к вмещающим отложениям на примере баженовской свиты Западной Сибири// Литология и полезные ископаемые – 2020 – № 3 – С. 257–271.
4. Berner R., Raiswell R. Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: a new theory // *Geochemica et Cosmochimica Acta.* – 1983. –V. 47. – Pp. 855–862.
5. Berner R. Sedimentary pyrite formation: an update // *Geochem. et Cosmochim. Acta* – 1984. – V. 47. – Pp. 605–615.
6. Leventhal J.S. An interpretation of carbon and sulfur relationship in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition// *Geochemica et Cosmochimica Acta* - 1983 - Vol. 47.- Pp. 133–137.
7. Leventhal J.S. Carbon–sulfur plots to show diagenetic sulfidation in sediments // *Geochemica et Cosmochimica Acta* – 1995. – V. 59, No 6. – Pp. 1207–1211

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ПУСТОВАЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2022

**Традиционная конференция, посвященная 120-летию
Леонида Васильевича Пустовалова**

Редакционная коллегия: Оленова К.Ю., Сабилов И.А., Постникова О.В., Постников А.В.

Сведения о программном обеспечении, которое использовано для создания электронного издания:

Microsoft Word - набор, вёрстка текста, генерация PDF
<https://www.microsoft.com/>

Техническая обработка и подготовка материалов выполнены авторами

Подписано к использованию: 28.12.2022;

Объём издания: 4,24 Мб; Тираж: 50 экз.;

Комплектация издания: 1 CD-ROM;

Запись на физический носитель: Комков А.Н., komkov.a@gubkin.ru.
119991, Город Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1, РГУ
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, управление
научно-метрических исследований и поддержки публикационной
активности (040)



