

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ВЕРХОВ СРЕДНЕЙ – ВЕРХНЕЙ ЮРЫ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ АНАБАР

Алексей Юрьевич Попов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории седиментологии, тел. (383)330-85-57, e-mail: PopovAY@ipgg.sbras.ru

Даны петрографические и литохимические характеристики пород верхов средней – верхней юры нижнего течения реки Анабар. Прослежены закономерности изменения по разрезу содержания порообразующих окислов в алеврито-песчаных породах верхней части юрюнгтумусской и содыемихайнской свит и в алеврито-глинистых породах буолкалахской свиты. Отмечены петрографические и литохимические особенности специфических «мусорных» и фосфатизированных пластов.

Ключевые слова: петрография, литохимия, средняя-верхняя юра, Сибирская Арктика.

PETROGRAPHIC AND LITHOCHEMICAL FEATURES OF THE UPPER MIDDLE – UPPER JURASSIC OF THE LOWER REACHES OF THE ANABAR RIVER

Aleksey Yu. Popov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher of the Laboratory of Sedimentology, phone: (383)330-85-57, e-mail: PopovAY@ipgg.sbras.ru

Petrographic and lithochemical characteristics of the upper middle – upper Jurassic of the lower reaches of the Anabar river are presented. Patterns of change in rock-forming oxides contents in silty-sandy rocks of the upper part Yuryungtumusskaya Fr., Sodyemikhainskaya Fr. and silty-clay rocks Buolkalahskaya Fr. are revealed. Petrographic and lithochemical features of specific "junk" and phosphorite layers are noted.

Key words: petrography, lithochemistry, middle-upper Jurassic, Siberian Arctic.

В рамках продолжающихся исследований мезозойских терригенных отложений арктических территорий Средней Сибири было проведено петрографическое и литохимическое изучение пород верхов средней – верхней юры нижнего течения реки Анабар. На схеме фациального районирования верхней части бата – верхней юры [7] территория настоящих исследований располагается в Паксинском фациальном районе Обь-Ленской фациальной области. Био- и литостратиграфическое расчленение толщи, обнажающейся в ряде разрезов на правом берегу реки Анабар, приводится по Б.Л. Никитенко с соавторами [73], с уточнениями [10].

Петрографические особенности пород средней-верхней юры севера Средней Сибири в целом и рассматриваемых разрезов в частности были изложены в ряде работ [1, 2, 3, 4, 5 и др.]. Представленные данные носят, как правило,

обобщенный характер. Некоторые литохимические характеристики средневерхнеюрских отложений низовьев р. Анабар даны в работе М.А. Левчука [5], однако рассматриваемый в настоящей работе стратиграфический интервал не был охарактеризован.

Изученные отложения представлены верхней частью юрiongтумусской (около 10 м), содыемихаинской (до 11 м) и буолкалахской (более 20 м) свитами. Первые две характеризуются существенно алеврито-песчаным составом. В юрiongтумусской свите присутствуют маломощные прослои микритовых, в разной степени алевритистых известняков, а в нижней части содыемихаинской свиты наблюдаются линзовидные гравийно-конгломератовые прослои. Особенностью последней является также присутствие прослоев, обогащенных железом- и фосфорсодержащими компонентами (сидеритовые конкреции, гетит-шамозитовые оолиты и бобовины, фосфатизированные обломки). Они развиты преимущественно в нижней части свиты, имеют линзовидное строение и представлены разномасштабными глинисто-алевритисто-песчаными, «мусорными», породами. Основная часть буолкалахской свиты имеет существенно алеврито-глинистый состав. В ее основании регионально развит алеврито-песчаный пласт с фосфоритовыми конкрециями, несколько выше которого фиксируются до двух маломощных прослоев глинисто-карбонатной породы, обогащенной глауконит-шамозитовыми бобовинами и оолитами, фосфатизированными обломками.

Основная часть рассматриваемого разреза представлена слабосцементированными разностями, что затрудняет их исследование в шлифах, однако удалось изучить некоторые петрографические характеристики для наиболее литофицированных прослоев. В верхней части юрiongтумусской и содыемихаинской свитах преобладают пески и песчаники мелкозернистые, алевриты и алевролиты крупнозернистые песчаные. По своему составу они относятся преимущественно к литокластито-полевошпатово-кварцевому типу (по Ю.П. Казанскому [8]). В редких прослоях наблюдается увеличение количества полевых шпатов. В «мусорных» прослоях значительно повышается доля обломков пород. Для изученных отложений характерно преобладание калиевых разновидностей полевых шпатов, среди плагиоклазов распространены кислые разности. Обломки пород представлены преимущественно эффузивами кислого и среднего составов, присутствуют кремнистые и глинистые породы, отмечается достаточное количество хлоритизированных обломков, редкие обломки известняков. Присутствует слюда (в среднем 2-5 %), представленная биотитом, в меньшей степени мусковитом. Встречается обломочный хлорит.

В разной степени развит глинистый и карбонатный цемент. Основная часть толщи слабо сцементирована. Постоянно отмечается гумусовое и сапропелевое органическое вещество, доля которого составляет в среднем первые проценты. По растительным фрагментам и в виде мелких конкреционных образований развивается редкий пирит. Среди акцессорных минералов, часто концентрирующихся послойно, преобладают циркон, минералы эпидот-цоизитовой группы, сфен. Реже встречаются роговая обманка, гранат, апатит.

Буолкалахская свита сложена преимущественно глинистыми алевролитами и алевритистыми глиноподобными аргиллитами, часто неравномерно переслаивающимися. Среди алевритовых разностей преобладают мелкозернистые. Широко развита слюда (5-10 %), представленная биотитом, реже мусковитом. По данным рентгеноструктурного анализа в глинистой составляющей преобладают хлорит и разупорядоченный смектит. Постоянно присутствует гумусовое и сапропелевое органическое вещество (около 5 %). Пирит редок. Среди акцессорных минералов резко преобладает циркон, встречаются минералы эпидотцоизитовой группы, сфен.

Для дополнительной характеристики слабо сцементированных пород и выяснения особенностей распределения в изученной толще породообразующих химических компонентов был выполнен анализ валового химического состава пород. Всего был проанализирован 31 образец алеврито-песчаных, алеврито-глинистых, терригенно-карбонатных пород и известняков. Средние значения их валового химического состава приведены в таблице. Разрез оказался крайне неоднороден по своим литохимическим характеристикам, что отражает изменчивость факторов седиментогенеза, обуславливающих минерально-петрографический состав пород.

Среднее содержание основных породообразующих окислов

Свита	Породы	Кол-во обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (общее)	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO
Б	10	2	43,91	0,44	10,87	3,52	0,60	1,25	17,94	2,46	2,06	0,17	0,11
	9	10	58,24	0,81	17,03	7,07	0,06	2,67	2,20	3,17	3,28	0,23	0,14
	8	3	47,86	1,30	16,76	17,04	0,05	3,17	1,16	1,12	2,74	0,20	0,06
	7	2	45,89	1,11	13,56	19,63	0,05	2,67	2,76	0,89	3,45	1,16	0,06
С	6	5	63,96	1,11	14,36	7,87	0,04	1,21	1,25	2,26	2,65	0,11	0,08
	5	2	54,68	1,28	14,73	15,85	0,06	2,07	1,16	1,78	2,15	0,16	0,07
	4	2	54,43	0,66	13,70	8,22	0,06	1,22	3,32	2,36	2,84	1,49	0,07
	3	1	43,01	0,59	7,09	21,20	0,03	0,49	0,79	3,13	1,48	0,12	0,05
Ю	2	3	61,49	0,60	14,29	5,43	0,07	1,26	2,15	3,12	3,71	0,19	0,09
	1	1	24,28	0,30	6,48	2,86	0,10	1,74	31,25	1,37	1,29	0,19	0,10

Свиты: Ю – юрюнгтумуская, С – содыемихайнская, Б – буолкалахская; породы: 1 – известняк, 2 – алеврито-песчаные, 3 – конгломерат (матрикс), 4 – алеврито-песчаные базальные, 5 – «мусорные», 6 – алеврито-песчаные, 7 – фосфатизированные, 8 – алеврито-глинистые базальные, 9 – алеврито-глинистые, 10 – глинисто-алевоитовые.

Анализ полученных значений для алеврито-песчаных пород (17 образцов) позволил выявить ряд особенностей. Отложения верхней части юрюнгтумуской свиты отличаются от алеврито-песчаных пород содыемихайнской свиты минимальными содержаниями TiO₂, пониженными – Fe₂O₃, максимальными – Na₂O. Для базальных песчано-алевоитовых слоев содыемихайнской свиты ха-

рактарно несколько пониженное содержание SiO_2 , TiO_2 , повышенное – CaO , P_2O_5 . В специфических «мусорных» прослоях свиты отмечаются относительно высокие содержания Fe_2O_3 , повышенные – MgO , пониженные – Na_2O .

Для фосфатизированного пласта в основании буолкалахской свиты характерны максимальные содержания Fe_2O_3 , MgO , P_2O_5 , минимальные – SiO_2 , Na_2O . Также были изучены два образца из алеврито-карбонатных прослоев верхней части буолкалахской свиты. По своим литохимическим характеристикам они в целом близки с основными алеврито-песчаными породами юрюнгтумусской и содыемихаинской свит, однако имеют некоторые отличия. В связи с интенсивной кальцитизацией для них характерны несколько пониженные долевые значения основных окислов (в особенности Al_2O_3), а также высокие содержания CaO (15,98 и 19,89 %). Зафиксированы высокие содержания MnO (0,57 и 0,62 %), что может быть связано с накоплением Mn при смене аноксических условий более обогащенными кислородом.

Выполнено нормирование содержания основных окислов по средней мезокайнозойской граувакке К. Конди [15]. Основными отличиями изученных отложений от эталона являются в целом повышенные содержания в изученных породах TiO_2 и Fe_2O_3 , K_2O и пониженные MgO , CaO . Проведена литохимическая классификация отложений. На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона с соавторами [9] фигуративные точки состава преобладающих изученных алеврито-песчаных пород практически полностью сосредотачиваются в поле граувакк, что отражает их низкую седиментационную зрелость. На классификационной диаграмме М. Херрона [16] фигуративные точки также смещены в поля сланцев и вакк.

При проводимых литохимических исследованиях были использованы петрохимические модули (отношения основных петрогенных окислов), позволяющие, помимо химической классификации пород, получить представление об источниках сноса и физико-химических, геодинамических особенностях обстановок накопления осадков [12].

Для основных изученных алеврито-песчаных пород характерны выдержанные значения гидролизатного модуля (ГМ) $[(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / \text{SiO}_2]$, имеющего средние значения 0,36. По классификации Я.Э. Юдовича, М.П. Кетрис [12], с учетом содержания $\text{MgO} < 3\%$, $\text{ЖМ} < 0,75$, породы относятся к типу сиаллитов пониженно- и нормально-гидролизатного класса. Значение модуля резко возрастает в «мусорных» пластах содыемихаинской свиты и базальном фосфатизированном пласте буолкалахской свиты, что, вероятно, обусловлено присутствием в них значительного количества железа в различной минеральной форме. В целом невысокие значения ГМ свидетельствуют об умеренной интенсивности химического выветривания, возрастающей в периоды формирования «мусорных» пластов.

Фемический модуль (ФМ) $[(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2)]$ для юрюнгтумусской свиты составляет в среднем 0,1, для основной части пород содыемихаинской свиты – 0,15. Железный модуль ЖМ $[(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)]$ для основной части алеврито-песчаных пород составляет в среднем 0,52 (не-

сколько понижен для юрionгтумусской свиты) – нормально-железистые породы. Повышенными значениями этих модулей ожидаемо характеризуются мусорные и фосфатизированные пласты, богатые железом.

Значения нормированной щелочности (НКМ) $[(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3]$ несколько повышены для пород юрionгтумусской свиты (в среднем 0,46) и высокие для базального конгломерата содыемихайнской свиты (0,65), что, возможно, является следствием повышенной доли в них калиевых полевых шпатов. Преобладающие породы содыемихайнской свиты являются нормально-щелочными (в среднем 0,32).

Относительно невысокие значения титанового модуля ТМ ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) для пород содыемихайнской свиты (в среднем 0,08) и верхней части юрionгтумусской (0,04) позволяют предположить существенный вклад пород кислого магматического и метаморфического состава и незначительный более титанистых базитов. Это особенно показательно с учетом того, что осадки формировались в активной гидродинамической среде, для которой характерны повышенные значения модуля [6].

Для изученных алеврито-песчаных пород характерна не нарушенная положительная корреляция ТМ-ЖМ и отрицательная – НКМ-ГМ, что говорит о значительном содержании в них компонентов первого цикла седиментации [Юдович, Кетрис, 2000]. Данный факт позволяет использовать диаграммы, связанные с характеристиками пород в источниках сноса.

На генетической диаграмме F1-F2 [13, 14] и треугольной диаграмме $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})-(\text{SiO}_2/20)-(\text{TiO}_2+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})$ [17] фигуративные точки основных алеврито-песчаных пород сосредоточились в полях пассивных континентальных окраин, что указывает на отсутствие синседиментационных вулканических процессов. На диаграмме F3-F4 [13, 14], характеризующей основной состав материнских толщ в источниках сноса, фигуративные точки пород юрionгтумусской свиты попали в поле материала изверженных кислых пород, основная часть содыемихайнской свиты – в поле изверженных средних пород. Тем самым отмечается некоторое изменение в составе размываемых толщ.

Литохимические исследования алеврито-глинистых пород буолкалахской свиты (11 образцов) показали крайне выдержанные значения содержания в них пороодообразующих окислов, за исключением базальных слоев. Средние значения для SiO_2 – 58,07 %, TiO_2 – 0,81 %, Al_2O_3 – 17,08 %, Fe_2O_3 – 7,16 %, MnO – 0,06 %, MgO – 2,68 %, CaO – 2,17 %, Na_2O – 3,13 %, K_2O – 3,3 %, P_2O_5 – 0,23 %, BaO – 0,14 %. Базальные алеврито-глинистые слои свиты имеют несколько иной химический состав, который характеризуется несколько большими содержаниями TiO_2 , значительным увеличением доли Fe_2O_3 , пониженным содержанием Na_2O , BaO . Этот уровень, несмотря на алеврито-глинистый состав, близок по своим литохимическим характеристикам к подстилающему фосфатизированному алеврито-песчаному горизонту. Выдержанные содержания основных пороодообразующих окислов в алеврито-глинистых породах буолкалахской свиты отражают стабильные условия в период ее формирования.

ГМ для основной части свиты имеет среднее значение 0,43, базальные слои характеризуются повышенными значениями (до 0,65-0,82). ФМ для основной части составляет 1,1, а для базальных слоев – 0,43. ЖМ для основной части составляет в среднем 0,4 (нормально-железистые породы), а в базальных слоях повышен до (0,83-1,07) – железистые породы. Нормированная щелочность (НКМ) имеет выдержанные значения (0,38) и снижается в базальных горизонтах (0,17 и 0,22). Показательны повышенные значения щелочного модуля ЩМ ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$), вероятно связанные с существенно монтмориллонитовым составом глинистого вещества, что подтверждается данными рентгеновской дифрактометрии. Значения ГМ крайне однородны для основной части (0,05) и повышены в базальных слоях (до 1). В целом относительно низкие значения модуля связаны, вероятно, с обеднением осадка титаном при транспортировке вглубь бассейна.

На классификационной диаграмме для глинистых пород НКМ-ФМ [12] фигуративные точки основной части образцов попадают в поле стандартных хлорит-сметтит-гидрослюдистых глин, а образцы базальных слоев – в поля преимущественно хлоритовых глин с примесью Fe-гидрослюд и хлорит-гидрослюдистых глин. На классификационной диаграмме TiO_2 -ТМ [12] фигуративные точки очень плотно сосредоточились в пересечении полей гидрослюдистых и монтмориллонитовых глин.

Показатель интенсивности химического выветривания Несбитта-Янга [18] CIA относительно стабилен для всех изученных образцов (в среднем 73,6) и повышен для базальных слоев свиты (81,7). Подобные значения характерны для осадочных образований гумидных климатических обстановок с повышенной интенсивностью химического выветривания. На тройной диаграмме А.Б. Ронова, А.Б. Хлебниковой для классификации глинистых осадков [11] фигуративные точки буолкалахской свиты попадают в пересечение полей морских и лагунных отложений и континентальных отложений холодного и умеренно-холодного поясов.

Проведенные исследования позволили осветить основные петрографические особенности батско-волжской толщи низовья реки Анабар, дать ее подробную литохимическую характеристику и выявить ряд изменений в содержании пороодообразующих окислов по разрезу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольберт А. В., Девятков В. П. К методике обработки и генетической интерпретации массовых данных гранулометрического анализа // Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири: сб. материалов. – Новосибирск: Наука.- 1983. – С. 77-83.
2. Каплан М. Е. Литология морских мезозойских отложений севера Восточной Сибири: монография. – Л.: Недра, 1976. – 229 с.
3. Каплан М. Е., Меледина С. В., Шурыгин Б. Н. Келловейские моря Северной Сибири (условия осадконакопления и существования фаций): монография. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – 79 с.

4. Каплан М. Е., Ронкина З. З., Королева Р. В. Юрские терригенно-минералогические провинции севера Сибири // Геология и геофизика. – 1972. – №9. – С. 47-56.
5. Левчук М. А. Литология и перспективы нефтегазоносности юрских отложений Енисей-Хатангского прогиба: монография. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1985. – 166 с.
6. Мигдисов А. А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. – 1960. – № 2. – С. 149-163.
7. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт / Б. Л. Никитенко, Б. Л. Шурыгин, В. Г. Князев, С. В. Меледина, О.С. Дзюба, Н.К. Лебедева, Е. Б. Пещевицкая, Л. А. Глинских, А. А. Горячева, С. Н. Хафаева // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1047-1082.
8. Осадочные породы (классификация, характеристика, генезис) / Под ред. В. И. Бгатова: монография. – Новосибирск: Наука, 1987. – 214 с.
9. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники: монография. – М.: Мир, 1976. – 536 с.
10. Попов А. Ю., Никитенко Б. Л. Особенности литофациальной изменчивости верхней части юрjungтумусской и содыемихаинской свит (бат-оксфорд) нижнего течения реки Анабар // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 112-115.
11. Ронов А. Б., Хлебникова З. В. Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. – 1961. – № 6. – С. 449-469.
12. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии: монография. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
13. Bhatia M. R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol. – 1983. – V. 91. – P. 611–627.
14. Bhatia M. R., Crook K. A. W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // Contrib. Mineral. Petrol. – 1986. – V. 92. – P. 181–193.
15. Condie K. C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. – 1993. – V. 104. – P. 1–37.
16. Herron M. M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. – 1988. – V. 58. – P. 820–829.
17. Kroonenberg S. B. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments // Proceedings of the 29-th International Geological Congress. – 1994. – Pt A. – P. 69–81.
18. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. – 1982. – V. 299. – P. 715–717.

© А. Ю. Попов, 2019