

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

УДК 550.8

DOI: 10.17223/25421379/1/4

И.В. Афонин, Г.М. Татьянин, П.А. Тишин

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет, Томск, Россия*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД КАК ПОКАЗАТЕЛИ УСЛОВИЙ СЕДИМЕНТАЦИИ И ИНСТРУМЕНТ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ НА ПРИМЕРЕ АЧИМОВСКОГО КЛИНОФОРМНОГО КОМПЛЕКСА (НЕОКОМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ, ГЗ № 2282.

Ачимовский нефтегазоносный комплекс является объектом геологического изучения на протяжении длительного времени, что связано с многообразием точек зрения на строение толщ неокома. Предпринята попытка корреляции данных отложений и реконструкции условий их седиментации путем анализа распределения редких земель и петрогенных оксидов.

Ключевые слова: клиноформ, редкоземельные элементы, геохимические индикаторы, неоком.

В последние годы в Западной Сибири для сохранения и увеличения уровней добычи нефти и газа ведутся попытки вовлечения в эксплуатацию новых геологических объектов с неантиклинальным типом ловушек. Для данного региона одним из таких потенциально перспективных объектов является клиноформный комплекс неокома. С точки зрения стратиграфического положения данные отложения залегают в основании меловой части разреза в виде кулисообразных линзовидных тел субмеридионального простирания в стратиграфически скользящем диапазоне: от берриаса на востоке до нижнего готеррива на западе. Клиноформы характеризуются весьма сложным строением и взаимоотношениями с вмещающими породами, что обусловлено активным гидродинамическим режимом седиментации. Существует множество моделей, однако среди всего разнообразия можно выделить три основные: дельтовую, мегакосослоистую и катастрофическую.

Анализ дельтовой модели наиболее детально рассмотрен Ю.Н. Карогодиным, С.В. Ершовым и В.С. Сафоновым [3, 6]. Они считают, что отложения неокомского продуктивного комплекса представляют собой осадки аллювиально-дельтовой равнины, авандельты и прodelьты, образо-

вавшиеся в результате ритмичного бокового наращивания клиноформ. Авторы мегакосослоистой модели (М.М. Биншток, Ю.В. Брэдучан, О.М. Мкртчян и др.) считают, что в берриас–валанжине Западно-Сибирский морской бассейн представлял собой некомпенсированную впадину, в течение длительного времени заполнявшуюся обломочным материалом в процессе ритмично-поступательного движения шельфа к центру бассейна. Клиноформы сформировались благодаря продвижению береговой линии на запад, в результате заполнения бассейна осадками [3, 6]. По мнению Ф.Г. Гурари, многими исследователями недооценивается роль климата в истории формирования осадочных толщ, клиноформы могли образоваться благодаря катастрофическим процессам. Лавинообразное поступление обломочного материала могли вызвать землетрясения, ливни, тайфуны. Такие процессы происходили редко, но они размывали и выносили в море огромное количество осадочного материала [6].

В связи с неоднозначным пониманием условий становления клиноформного комплекса, существуют разные подходы к интерпретации его структуры, что обостряет проблематику стратиграфического расчленения данных образований. Основными методами являются био- и сейсмостратиграфический, однако они не всегда позволяют провести корреляцию толщ из-за отсутствия фауны в отложениях, разобщенной сети разведочных скважин и сложности интерпретации полученных данных. Поэтому для поиска реперных индикаторов были предложены методы литогеохимии.

Литолого-фациальная характеристика объекта изучения

В качестве объекта изучения выбрана ачимовская толща Уренгойского района, из которой были отобраны аргиллиты и алевролиты из пластов Ач-БУ₉ и Ач-БУ₁₀ (скв. № 310), Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂ (скв. № 217), Ач₁-БУ₁₂ и Ач₃-БУ₁₂ (скв. № 220) (рис. 1, *а*) [3]. Результаты анализа строения породно-слоевых ассоциаций, структурно-текстурных особенностей, вещественного состава песчаных и алевроито-глинистых пород позволили дать литофациальную характеристику разреза и отнести данные отложения к турбидитам (рис. 1, *б*) [2, 4, 7, 8, 15].

Установлено, что пласт Ач₃-БУ₁₂ сложен циклическим чередованием в разрезе алевролитов, гидрослюдистых алевроаргиллитов и аргиллитов, для которых характерны слоистые текстуры с признаками оползней и деформаций, сортировка от плохой до средней. Данные отложения относятся к фациям Т₃, Т₄ и Т₅ по Стоу (рис. 1, *б*) [2, 4].

Разрез пласта Ач₁-БУ₁₂ характеризуется двучленным строением. Его нижняя часть состоит из переслаивающихся алевролитов, алевроаргиллитов и гидрослюдистых аргиллитов турбидитовых субфаций Т₃–Т₄. Верхняя часть пласта сложена плохо сортированными мезомиктовыми и аркозовыми песчаниками крупнослоистых массивных турбидитов фации А по Боума (рис. 1, *б*).

Структура пласта Ач-БУ₁₂ определяется чередованием мелкослоистых градационных горизонтально- и мелкокосослойчатых песчаников (С) и тонкозернистых турбидитов (Т₃), представленных алевролитами, аргиллитами и гидрослюдистыми алевроаргиллитами, в подчиненном количестве отмечаются граувакковые и аркозовые песчаники. Для пород характерны параллельно тонкослоистая, пологоволнистая, линзовидная и градационная текстуры. Сортировка от плохой до средней.

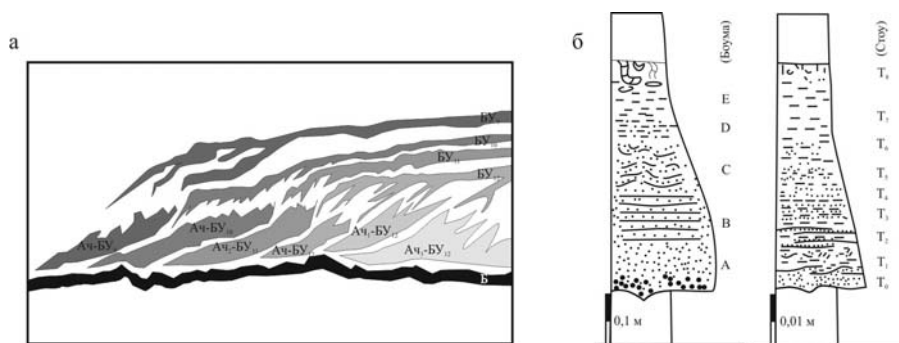


Рис. 1. Схематический разрез ачимовской толщи Уренгойского района (а) [3]; модели среднезернистого турбидита (по Боума) и мелкозернистого турбидита (по Стоу) с идеализированной последовательностью структур (б) [2]. БУ₉ – индекс шельфового пласта; Ач-БУ₉ – индекс клиноформ; Б – баженовская свита; А – массивный, градационный песчаный интервал; В – параллельно-слоистый песчаный интервал; С – мелко-косослойчатый песчаный интервал; D – параллельно-слоистый алевролитовый материал; E – градационный глинистый интервал; Т₀ – мощный часто линзовидный базальный слой алевроита со слабой волнистостью на кровле; Т₁ – мощный горизонт глины с конволютными прослойками алевроита; Т₂ – глинистый алевроит с малоамплитудной волнистостью; Т₃ – глинистый алевроит с параллельной слоистостью; Т₄ – глинистый алевроит с неотчетливо параллельной слоистостью; Т₅ – тонкослоистый алевроит; Т₆ – сортированная алевроитистая глина; Т₇ – несортированная слабоалевритистая глина; Т₈ – маломощная микробиотурбированная глина

Вышележащий пласт Ач₂-БУ₁₂ по своему строению напоминает структуру пласта Ач₁-БУ₁₂. При этом нижняя часть разреза характеризуется переслаиванием мелко-среднезернистых осадков литофаций D, которые к кровле сменяются несортированными крупнозернистыми песчаниками кварц-полевошпатового, грауваккового, аркозового и мезомиктового состава турбидитовой субфации А, с характерными градационно-слоистыми, линзовидными текстурами с признаками оползания.

По литофациальному строению пласт Ач-БУ₁₀ сопоставим с пластом Ач₃-БУ₁₂. Он сложен несортированными олиго-, мезомиктовыми, кварцевыми алевролитами, гидрослюдистыми аргиллитами, алевроаргиллитами субфаций Т₃ и Т₄.

В составе пласта Ач-БУ₉ выделяются плохо сортированные мезомиктовые песчаники, алевролиты, гидрослюдистые аргиллиты и алевроаргилли-

ты, сформированные в условиях субаквальных прирусловых валов и заливо-лагунного прибрежного мелководья эпиконтинентального бассейна.

На основании вышесказанного, следует сделать вывод, что рассматриваемые породы пласта Ач-БУ₉ формировались в пределах конусов выноса дельтовых обстановок областей эпиконтинентального морского бассейна, а осадки остальных пластов (Ач-БУ₁₀, Ач₂-БУ₁₁, Ач-БУ₁₂, Ач₁-БУ₁₂, Ач₃-БУ₁₂) в морских фациальных обстановках (континентальный склон) с интенсивной гидродинамикой среды.

Вне зависимости от положения в разрезе все изученные алевритоглинистые породы преобразованы на стадии ката- и метазенеза. Литифицированные при диагенезе породы сохраняют в составе достаточное количество пелитового матрикса. С повышением температуры и давления в алевролитах, подобно песчаникам, происходят процессы регенерации кварца, усиливаются процессы гидрослюдизации и хлоритизации смектитов. Зоны переслаивания пород под воздействием напряжений подвергаются деструкции. Это ведет к появлению послойных трещин, обычно связанных с контактами слоев с разными физическими характеристиками, и поэтому индивидуально реагирующими на напряжения (например, контакты песчаников и алевроаргиллитов). Именно к таким зонам приурочены гидрослюдизация, послойная избирательная карбонатизация, миграция углеводородов. Вдоль таких зон интенсивнее происходит замещение вторичными минералами полевых шпатов и обломков пород. Проработка агрессивными флюидами и выщелачивание приводят к тому, что породы, особенно песчаные, претерпевают значительные вторичные замещения компонентов. Данные преобразования значительно затрудняют четкое выделение критериев литологического расчленения разреза. В этой связи была предпринята попытка выявления литогеохимических признаков их корреляции.

Методы исследования и методология

Геохимические особенности этих пород изучены на основании 52 определений содержаний петрогенных окислов методом РФА и микроэлементного состава, с помощью ICP-MS. Исследования проводились в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ. При литогеохимической типизации этих пород применялись гидролизатный (ГМ), титановый (ТМ), фемический (ФМ), алюмокремниевый (АМ) модули, нормированная щелочность (НКМ), геохимические коэффициенты, характеризующие фациальные обстановки седиментации – La/Yb , Fe/Mn ; климат – $\Sigma Ce/\Sigma Y$, $1/TM$; обстановки осадкообразования – Sr/Ba , Ce/Ce^* , Eu/Eu^* ; серия дискриминационных диаграмм: ФМ-НКМ, позволяющая систематизировать глинистые породы, $LREE-MREE-10*HREE$, характеризующая определенные обстановки осадконакопления, а также спектры редкозе-

мельных элементов, нормированных к PAAS [5, 9, 11–13]. Значения рассчитанных индикаторов приведены в таблице.

Минимальные, максимальные и средние значения геохимических коэффициентов и петрохимических модулей для ачимовских пластов

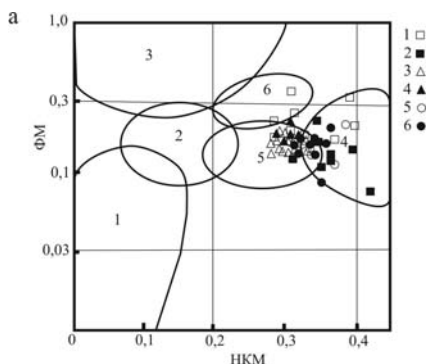
Коэффици- циент	Пласт					
	Ач-БУ ₉	Ач-БУ ₁₀	Ач-БУ ₁₁	Ач-БУ ₁₂	Ач ₁ -БУ ₁₂	Ач ₃ -БУ ₁₂
Fe/Mn	$\frac{100,6-130,1}{115,4}$	$\frac{94,3-172,4}{133,4}$	$\frac{34,2-87,5}{60,9}$	$\frac{81,2-136,4}{108,8}$	$\frac{90,3-112,6}{101,5}$	$\frac{100,6-140,5}{120,6}$
La/Yb	$\frac{13,8-17,6}{15,6}$	$\frac{10,2-17,2}{13,7}$	$\frac{10,3-14,8}{12,5}$	$\frac{12,3-14,3}{13,3}$	$\frac{13,2-24,1}{18,6}$	$\frac{8,1-17,3}{12,7}$
Ce/Ce*	$\frac{1,08-1,18}{1,13}$	$\frac{1,11-1,39}{1,25}$	$\frac{0,90-1,24}{1,07}$	$\frac{1,01-1,09}{1,05}$	$\frac{1,10-1,51}{1,30}$	$\frac{1,11-1,58}{1,35}$
Eu/Eu*	$\frac{0,43-0,54}{0,49}$	$\frac{0,45-0,59}{0,52}$	$\frac{0,53-0,66}{0,59}$	$\frac{0,57-0,62}{0,59}$	$\frac{0,47-0,51}{0,49}$	$\frac{0,44-0,51}{0,47}$
Σ TR	$\frac{164,3-293,7}{229,0}$	$\frac{161,3-271,7}{216,5}$	$\frac{102,5-195,9}{149,2}$	$\frac{178,9-206,4}{192,6}$	$\frac{154,3-262,6}{208,4}$	$\frac{174,6-228,9}{201,8}$
Sr/Ba	$\frac{0,33-0,40}{0,37}$	$\frac{0,25-0,44}{0,35}$	$\frac{0,43-2,02}{1,36}$	$\frac{0,38-0,41}{0,40}$	$\frac{0,27-0,55}{0,41}$	$\frac{0,31-0,57}{0,44}$
ГМ	$\frac{0,32-0,57}{0,44}$	$\frac{0,52-0,64}{0,58}$	$\frac{0,36-0,48}{0,42}$	$\frac{0,40-0,56}{0,48}$	$\frac{0,34-0,56}{0,45}$	$\frac{0,44-0,54}{0,49}$
ТМ	$\frac{0,03-0,05}{0,04}$	$\frac{0,02-0,04}{0,03}$	$\frac{0,04-0,07}{0,06}$	$\frac{0,04-0,05}{0,045}$	$\frac{0,03-0,06}{0,04}$	$\frac{0,03-0,05}{0,04}$
ЖМ	$\frac{0,33-0,49}{0,41}$	$\frac{0,32-0,48}{0,40}$	$\frac{0,36-0,52}{0,44}$	$\frac{0,35-0,51}{0,43}$	$\frac{0,38-0,47}{0,43}$	$\frac{0,33-0,43}{0,38}$
ФМ	$\frac{0,14-0,27}{0,20}$	$\frac{0,20-0,30}{0,25}$	$\frac{0,15-0,21}{0,18}$	$\frac{0,19-0,25}{0,22}$	$\frac{0,14-0,21}{0,18}$	$\frac{0,18-0,24}{0,21}$
НКМ	$\frac{0,34-0,61}{0,47}$	$\frac{0,28-0,46}{0,37}$	$\frac{0,27-0,38}{0,32}$	$\frac{0,29-0,41}{0,35}$	$\frac{0,31-0,42}{0,37}$	$\frac{0,34-0,47}{0,41}$
АМ	$\frac{0,20-0,38}{0,47}$	$\frac{0,37-0,46}{0,41}$	$\frac{0,24-0,33}{0,28}$	$\frac{0,29-0,38}{0,33}$	$\frac{0,24-0,36}{0,30}$	$\frac{0,30-0,37}{0,34}$
ЩМ	$\frac{0,53-0,94}{0,74}$	$\frac{0,18-1,06}{0,62}$	$\frac{0,55-1,11}{0,83}$	$\frac{0,46-0,99}{0,73}$	$\frac{0,73-1,43}{1,08}$	$\frac{0,57-1,02}{0,80}$

Примечание. Числитель – минимальное и максимальное значение; знаменатель – среднее значение; ГМ – гидролизатный модуль – $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})/\text{SiO}_2$; ТМ – титановый модуль – $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; ЖМ – железистый модуль – $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$; ФМ – фемический модуль – $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; НКМ – модуль нормированной щелочности – $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$; АМ – алюмокремниевый модуль – $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$; ЩМ – щелочной модуль – $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$.

Результаты изучения

На основании литогеохимической классификации, предложенной Э.Я. Юдовичем и М.П. Кетрис [13], было установлено, что большая часть

проб исследуемых пачек представлена псевдосиаллитами ($ГМ = 0,31-0,55$; $MgO > 3 \%$). Повышенная магнезиальность этих образований в сочетании с преимущественно натровой специализацией предполагают развитие монтмориллонита, что подчеркивает морской генезис данных отложений. Для пачки Ач-БУ₁₀ отмечается развитие псевдогидролизатов ($ГМ > 0,55$, $MgO > 3 \%$), для которых повышенное содержание оксида магния может фиксировать наличие хлорита и гидрохлорита. В скважине № 310 наблюдаются специфические образования – алкалиты ($Na_2O + K_2O > 8 \%$), отвечающие гидрослюдистым породам ($ЩМ < 1$). Выявленные минеральные особенности алевролитов и аргиллитов достаточно четко прослеживаются на классификационной диаграмме ФМ-НКМ (рис. 2, а).



Обозначение полей на диаграмме:

- 1 – преобладание каолинитовой составляющей; 2 – преобладание монтмориллонита;
3 – доминирование в составе хлорита с примесью железистых гидрослюдов;
4 – «стандартная двухкомпонентная смесь хлорит + гидрослюда»; 5 – «стандартная трехкомпонентная смесь хлорит + монтмориллонит + гидрослюда»; 6 – преобладание гидрослюдистой составляющей с значительной примесью дисперсных частиц ПШ.

Обозначение пачек: 1 – Ач-БУ₉; 2 – Ач-БУ₁₀; 3 – Ач-БУ₁₁; 4 – Ач-БУ₁₂;
5 – Ач₁-БУ₁₂; 6 – Ач₃-БУ₁₂

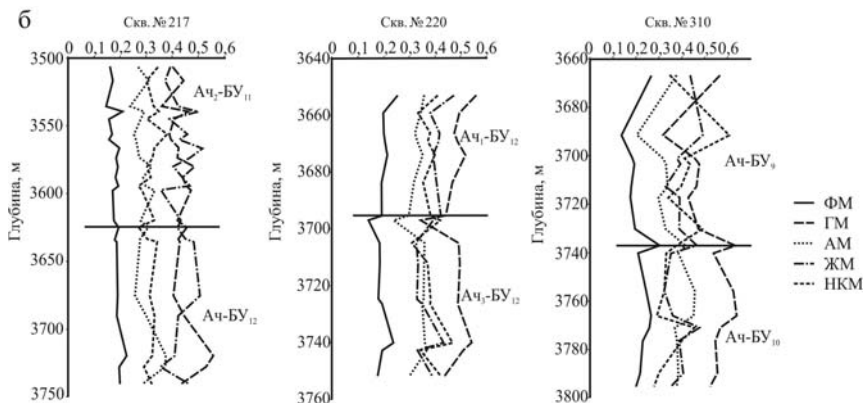


Рис. 2. Модульная диаграмма для систематики глинистых пород (а) [14];
Распределение литогеохимических модулей по разрезам скважин № 217, 220, 310 (б)

Так, пласт Ач-БУ₁₀ сложен более гидрослюдистыми разновидностями со значительными содержаниями полевых шпатов. Ач-БУ₉, Ач₁-БУ₁₂ и Ач₃-БУ₁₂ характеризуются хлорит-гидрослюдистым составом, Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂ отвечают полю трехкомпонентного состава хлорит-монтмориллонит-гидрослюда [14]. Распределение значений литохимических модулей по разрезам (рис. 2, б) позволяет практически однозначно проводить геологические границы между установленными пачками. Граница обычно соответствует интервалу, в котором все модули характеризуются резким согласным изменением направленности численных параметров. Основным методом разбраковки интервалов служит петрографический метод, позволяющий устанавливать наложенные изменения, влияющие на значения модулей, к которым относятся развитие эпигенетического карбоната.

Более информативным в плане геохимического расчленения разреза является микроэлементный состав пород. По результатам анализа морфологии спектров редкоземельных элементов, нормированных к РААС, было установлено три основных типа кривых (рис. 3).

Первый тип отмечается в разрезе скважины № 217, для него характерно наличие положительного бугра Pr–Tb, что возможно отвечает развитию биогенного механизма концентрирования лантаноидов [1, 5]. Второй тип также наблюдается в скважине № 217 и характеризуется обратной тенденцией распределения редкоземельных элементов (РЗЭ), преобладание тяжелых элементов фиксирует морской режим седиментации [1, 5]. Третий тип спектров фиксируется в скважинах № 220 и 310 и характеризуется наличием слабого ниобиевого и четкого гадолиниевых пиков, подчеркивая прибрежно-морскую седиментацию [1, 5]. На основании распределения спектров по разрезам, можно сделать заключение, что формирование осадков скважины № 217 (Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂) происходило в более глубоководных частях бассейна по сравнению с осадками скважин № 220 (Ач₁-БУ₁₂ и Ач₃-БУ₁₂) и № 310 (Ач-БУ₉ и Ач-БУ₁₀).

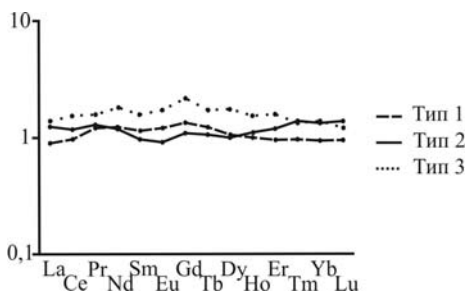


Рис. 3. Типовые спектры пачек Ач₂-БУ₁₁, Ач-БУ₁₂, Ач₁-БУ₁₂, Ач₃-БУ₁₂, Ач-БУ₉, Ач-БУ₁₀, нормированные к РААС (средний постархейский австралийский глинистый сланец)

На основании распределения редкоземельных и рассеянных компонентов изученные осадки были подразделены на две геохимические

группы. К первой относятся аргиллиты и алевролиты пластов Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂, для которых характерны низкий уровень накопления РЗЭ (102–195 и 178–206 г/т соответственно) при вариациях La/Yb от 10 до 14, повышенные значения Eu/Eu* (0,53–0,66), низкие показатели Ce/Ce* (0,90–1,07), с локальными скачками до 1,23–1,24. Данные геохимические индикаторы подчеркивают глубоководный режим формирования этих осадков [9, 14].

Ко второй группе относятся пласты Ач₁-БУ₁₂, Ач₃-БУ₁₂, Ач-БУ₉ и Ач-БУ₁₀, которые отличаются более высоким уровнем концентрации РЗЭ (154–293 г/т), на фоне возрастания отношений Ce/Ce* (1,08–1,58), La/Yb (10,1–24,07) и понижения значений Eu/Eu* (0,43–0,59). При этом вертикальные вариации показателей Fe/Mn, Sr/Ba в разрезах пластов Ач₁-БУ₁₂ и Ач₃-БУ₁₂ фиксируют возрастание палеосолёности бассейна (Sr/Ba 0,44–0,56) и роли хемогенного осадконакопления (Fe/Mn 90–140) на верхних гипсометрических уровнях. Это свидетельствует о трансгрессивном режиме седиментогенеза (рис. 4).

Для пластов Ач-БУ₉ и Ач-БУ₁₀ устанавливается обратная зависимость, где значения Sr/Ba (0,33–0,40) и Fe/Mn (100–130) в верхних горизонтах превышают данные показатели подстилающих толщ (Sr/Ba=0,25–0,44 и Fe/Mn =94–139 с аномальным скачком значения до 172 в основании разреза), что подчеркивает регрессивный режим их образования (рис. 4).

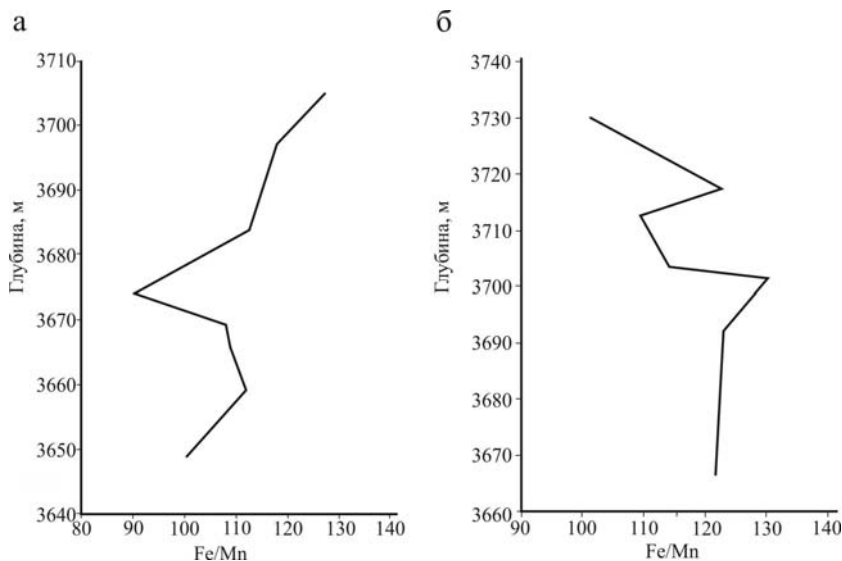


Рис. 4. Изменение Fe/Mn показателя с глубиной:
а – трансгрессивный тренд, б – регрессивный тренд

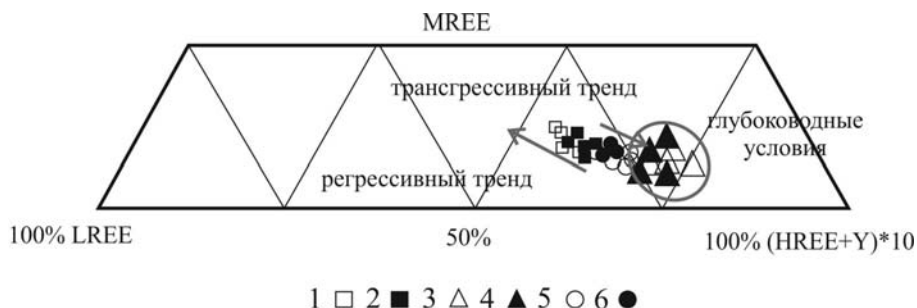


Рис. 5. Распределение РЗЭ для ачимовской толщи:

1 – Ач-БУ₉; 2 – Ач-БУ₁₀; 3 – Ач₂-БУ₁₁; 4 – Ач-БУ₁₂; 5 – Ач₁-БУ₁₂; 6 – Ач₃-БУ₁₂

Полученные результаты наглядно демонстрируются диаграммой LREE-MREE-10*HREE (рис. 5), на которой в области глубоководных образований четко обособляются фигуративные точки пород пластов Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂, а составы осадков обрамляющих толщ образуют линейный тренд, фиксирующий регрессивный и трансгрессивный режимы седиментации.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволяют определить полигенный режим развития клиноформных комплексов ачимовской толщи, для которого устанавливается последовательная смена северо-западной трансгрессии (Ач₁-БУ₁₂, Ач₃-БУ₁₂), глубоководной седиментации (Ач₂-БУ₁₁ и Ач-БУ₁₂) и последующей юго-восточной регрессии морского бассейна (Ач-БУ₉, Ач-БУ₁₀).

Также важно отметить, что пласты разного возраста характеризуются различными значениями геохимических показателей. Это позволяет на основании комбинации отношений La/Yb, Fe/Mn, Sr/Ba, Ce/Ce* проводить расчленении клиноформного комплекса, по крайней мере, на серии пластов.

Литература

1. Балашов А.Ю. Геохимия редкоземельных элементов. М. : Наука, 1976. 278 с.
2. Барабошкин Е.Ю. Практическая седиментология (терригенные коллектора). Томск: ТПУ, 2007. 154 с.
3. Бородин В.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи севера Западной Сибири. Новосибирск : СО РАН, 2010. 137 с.
4. Гришкевич В.Ф. Макроструктура берриас-аптских отложений Западной Сибири и ее использование при построении информационных технологий в геологии нефти и газа. Тюмень : Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2005. 116 с.
5. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Слярова. М. : Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.

6. *Конторович А.Э.* Геология и полезные ископаемые России. Западная Сибирь. СПб. : ВСЕГЕИ, 2000, Т. 2. 477 с.
7. *Курчиков А.Р.* Условия формирования и атлас текстур пород Ачимовского клиноформного комплекса севера Западной Сибири. Новосибирск : СО РАН, 2010. 129 с.
8. *Лисицын А.П.* Лавинная седиментация и в осадконакоплении в морях и океанах. М. : Наука, 1988. 309 с.
9. *Маслов А.В.* Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
10. *Тейлор С.Р., Мак-Ленан С.М.* Континентальная кора: её состав и эволюция. М. : Мир, 1984. 384 с.
11. *Холодов В.Н.* Геохимия осадочного процесса. М. : ГЕОС, 2006. 608 с.
12. *Шатров В.А., Войцеховский Г.В.* Микроэлементы в осадочных породах кубойской свиты девона как индикаторы седиментации в обстановках пассивных окраин // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. 2008. № 1. С. 20–28.
13. *Шатров В.А., Сиротин В.И., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н.* Реконструкция обстановок осадкообразования отложений девона геохимическими методами: (на примере опорных разрезов Воронежской антеклизы) // Геохимия. 2005. № 8. С. 856–864.
14. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литогеохимии. СПб. : Наука, 2000. 479 с.
15. *Япаскurt О.В., Ростовцева Ю.В., Соловьева Н.А., Сорокин В.М., Шарданова Т.А.* Исследование осадочных горных пород при составлении средне- и мелкомасштабных геологических карт нового поколения: методические рекомендации. Ч. II: Генетический анализ морских отложений мелководных и глубоководных конусов выноса. М. : МГУ, 1998. 162 с.

Сведения об авторах:

Афонин Игорь Викторович, инженер-исследователь научно-исследовательской лаборатории структурной петрологии и минерагении геолого-географического факультета Томского государственного университета, Томск, Россия.

E-mail: heaven05@list.ru

Татьянин Геннадий Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии, декан геолого-географического факультета Томского государственного университета, Томск, Россия.

E-mail: gmt@ggf.tsu.ru

Тишин Платон Алексеевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры петрографии геолого-географического факультета Томского государственного университета, директор ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем», Томск, Россия.

E-mail: tishin_pa@mail.ru

Geosphere Research, 2016, 1, 40–51. DOI: 10.17223/25421379/1/4

I.V. Afonin, G.M. Tatyannin, P.A. Tishin

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

**GEOCHEMICAL PROPERTIES OF TERRIGENOUS ROCKS AS INDICATORS
OF SEDIMENTATION CONDITIONS AND TOOL FOR STRATIGRAPHIC
CORRELATION ON THE EXAMPLE OF ACHIMOV CLINOFORM FORMATION
(NEOCOM OF WEST SIBERIA)**

In past few years, two models of clinoform sequence forming are developing: cross-stratification and avalanche-stratification models. Since these formations potentially contain oil and have complex composition/structure, it is necessary to separate/classify them. The conventional methods such as seismic facies analysis and biostratigraphy cannot always give a necessary result. Therefore, in order to define the indicators for such classification we have offered using lithospheric geochemical methods on the example of the Achimovskaya bed (West Siberia).

Objects of the research were 52 argillite samples from the units AC3-BU12, AC1-BU12, AC-BU12, AC2-BU11, AC-BU10, ACBU9, which were analyzed by XFA and ICP-MS. Based on the research, studied rocks were classified in two geochemical groups. The first group includes argillites of the units ACBU12, AC2-BU11, which are characterized by low REE accumulation (102–204 ppm) at La/Yb varying from 10 to 14, high Eu/Eu* content (0,58–0,66), and low Ce/Ce* content (0,9–1,07). These values indicate deep-sea regime/setting of the sedimentation. The second group includes the units AC3BU12, AC1-BU12 with higher REE concentration (154–262 ppm), increased Ce/Ce* (1,08–1,58) and La/Yb (10,1–24,07) ratios, and decreased Eu/Eu* content (0,48–0,59). At the same time Fe/Mn, Sr/Ba ranges in cross sections of AC3-BU12, AC1-BU12 demonstrate increase in paleosalinity of the basin (Sr/Ba 0,44–0,56) and effect of chemogenic sedimentation (Mn/Fe 0,007–0,01) in upper levels. It indicates transgressive regime of sediment formation. For the units AC-BU10 and AC-BU9, opposite relationship is observed, where Sr/Ba (0,3–0,44) and Mn/Fe (0,0076–0,011) in lower levels are higher than ones in levels near crust (Sr/Ba=0,33–0,35, Mn/Fe=0,77–0,92), thus indicating their regression regime.

Thereby, implemented studies allow us to define polygenetic sedimentation regime/setting of the clinoform complexes of Achimovskaya bed. It is established a sequential change from northwestern transgression (AC-BU12, AC2-BU11) to deep sea sedimentation (AC-BU12, AC2-BU11) followed by southeastern regression of sea basin (AC-BU10, AC-BU9). These facies reconstructions can be used for classification/correlation of units in a bed's cross section.

Keywords: *clinoform, rare earth elements, geochemical factor, neocomian.*

References

1. Balashov A.Yu. *Geokhimiya redkozemel'nykh elementov* [Geochemistry of rare earth elements]. Moscow: Nauka, 1976. 278 p. In Russian
2. Baraboshkin E.Yu. *Prakticheskaya sedimentologiya (terrigennye kolektora)* [Practical sedimentology (clastic reservoir)]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2007. 154 p. In Russian
3. Borodkin V.N. *Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosti achimovskoy tolshchi severa Zapadnoy Sibiri* [Geological structure and petroleum potential of the Achimov strata of the north of Western Siberia]. Novosibirsk: SB RAN, 2010. 137 p. In Russian
4. Grishkevich V.F. *Makrostruktura berrias-aptskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri i ee ispol'zovanie pri postroenii informatsionnykh tekhnologiy v geologii nefti i gaza* [Macrostructure berriasian-aptian deposits of Western Siberia and its use in the construction of information technology in the oil and gas geology]. Tyumen: Izdatel'skiy Dom "IzdatNaukaServis", 2005. 116 p. In Russian
5. *Interpretatsiya geokhimicheskikh dannykh* [Interpretation of geochemical data] / Edited by. E.V. Sklyarov. M.: Internet Inzhiniring, 2001. 288 p. In Russian
6. Kontorovich A.E. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii. Zapadnaya Sibir'* [Geology and mineral resources of Russia. West Siberia]. St-Petersburg: VSEGEI, 2000. T. 2, 477 p. In Russian

7. Kurchikov A.R. *Usloviya formirovaniya i atlas tekstur porod Achimovskogo klineformnogo kompleksa severa Zapadnoy Sibiri* [Conditions of formation and satin texture of rocks achimov clinoform complex north of Western Siberia]. Novosibirsk : SB RAN, 2010. 129 p. In Russian
8. Lisitsin A.P. *Lavinnaya sedimentatsiya i v osadkonakoplenii v moryakh i okeanakh* [The avalanche sedimentation and sedimentation in the seas and oceans]. Moscow: Nauka, 1988. 309 p. In Russian
9. Maslov A.V. *Osadochnye породы: metody izucheniya i interpretatsii poluchennykh dannykh. Uchebnoe posobie* [Sedimentary rocks: methods of study and interpretation of the data: Textbook]. Ekaterinburg: UGGU, 2005. 289 p. In Russian
10. Teylor S.R., Mak-Lenan S.M. *Kontinental'naya kora: ee sostav i evolyutsiya* [Continental crust: its structure and evolution]. Moscow: Mir, 1984. 384 p. In Russian
11. Kholodov V.N. *Geokhimiya osadochnogo protsessa* [Geochemistry of sedimentary process]. Moscow: GEOS, 2006. 608 p. In Russian
12. Shatrov V.A., Voytsekhovskiy G.V. *Mikroelementy v osadochnykh porodakh kuboyskoy svity devona kak indikatory sedimentatsii v obstanovkakh passivnykh okrain* [Trace elements in sedimentary rocks Kuboyskoy suite Devonian Formation as indicators of sedimentation environments passive margins] // Proceedings of Voronezh State University. Geology. 2008. № 1. pp. 20–28. In Russian
13. Shatrov V.A., Sirotin V.I., Voytsekhovskiy G.V., Zelenskaya A.N. *Rekonstruktsiya obstanovok osadkoobrazovaniya otlozheniy devona geokhimicheskimi metodami: (na primere opornykh razrezov Voronezhskoy anteklizy)* [Reconstruction of sedimentation environments of Devonian sediments geochemical methods: (for example, sections of the Voronezh anticline)] // Geochemistry. 2005. № 8. pp. 856–864. In Russian
14. Yudovich Ya. E., Ketris M.P. *Osnovy litogeokhimii* [Basics litogeochemistry]. St-Petersburg: Nauka. 2000. 479 p. In Russian
15. Yapaskurt O.V., Rostovtseva Yu.V., Solov'eva N.A., Sorokin V.M., Shardanova T.A. *Issledovanie osadochnykh gornykh porod pri sostavlenii sredne- i melkomasshtabnykh geologicheskikh kart novogo pokoleniya: metodicheskie rekomendatsii. Chast' II. Geneticheskiy analiz morskikh otlozheniy melkovodnykh i glubokovodnykh konusov vynosa* [The study of sedimentary rocks in the preparation of the medium- and small-scale geological maps of the new generation: guidelines. Part II. Genetic analysis of marine sediments of shallow and deep cones]. Moscow: Moscow State University, 1998. 162 p. In Russian

Authors:

Afonin Igor V., Engineer-researcher, Research Laboratory of Structural Petrology and Mineralogy, Faculty of Geology and Geography, Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: heaven05@list.ru

Tatyanin Gennadiy M., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor Department of Historical Geology and Paleontology, Dean of the Faculty of Geology and Geography, Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: gmt@ggf.tsu.ru

Tishin Platon A., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor Department of Petrography, director of Analytical Center of Natural Systems Geochemistry, Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: tishin_pa@mail.ru