

УДК 551.86

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2016

## ГЕОХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КАЗАНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**К.В. Габова, Г.Г. Кравченко**

ОАО «ТомскНИПИнефть» (634027, Россия, г. Томск, пр. Мира, 72)

## GEOCHEMISTRY OF IMPURITY ELEMENTS OF UPPER JURASSIC DEPOSITS OF KAZAN FIELDS GROUP

**K.V. Gabova, G.G. Kravchenko**

TomskNIPIneft JSC (72 Mira av., Tomsk, 634027, Russian Federation)

Получена / Received: 30.03.2016. Принята / Accepted: 20.04.2016. Опубликовано / Published: 30.06.2016

### Ключевые слова:

геохимический анализ, индуктивно-связанная плазма, редкоземельные элементы, Казанское нефтегазоконденсатное месторождение, Болтное нефтяное месторождение, спектр, элементы-примеси, нормализация, стандарт.

Как песчаники, так и тонкозернистые обломочные породы в своих литогеохимических характеристиках несут интегральную информацию о ряде факторов, контролирующих процессы их формирования. Полученные таким образом сведения существенно дополняют и детализируют результаты литологических исследований, выполненных традиционными методами.

Объектом исследования были выбраны отложения Казанского нефтегазоконденсатного и Болтного нефтяного месторождений, расположенных в Парабельском районе Томской области. В структурном отношении Казанское и Болтное месторождения приурочены к одноимённым куполовидным поднятиям, расположенным в юго-восточной части Ниурольской впадины в пределах положительной структуры второго порядка – Калгачского мезовыступа. В геологическом строении месторождения принимают участие метаморфизованные породы фундамента и терригенные отложения различного состава мезозойско-кайнозойского платформенного чехла, среди которых наибольший интерес вызывают продуктивные отложения верхней юры. Верхний отдел юрских отложений на исследуемых площадях представлен васюганской, георгиевской и баженовской свитами, которые вскрыты бурением и детально охарактеризованы керном.

Полученные в результате проведенного исследования данные подтвердили закономерность изменения содержания редкоземельных элементов между различными обстановками в прибрежно-морской полосе и показали зависимость роста одних редкоземельных элементов и сокращения других по мере удаленности от побережья. Осадочные породы, вскрытые керном юго-восточной части Ниурольской впадины, различаются как по геохимическому, так и по минералого-петрографическому составу, и те, и другие представлены широким спектром разновидностей. С помощью полученных геохимических данных и оценки индикаторов были подтверждены выделенные ранее обстановки осадконакопления и выполнено определение фундаментальных показателей для осадочных пород – состав и удаленность источника сноса, солёность, палеоклиматические условия.

### Key words:

geochemical analysis, inductively coupled plasma, rare earth elements, Kazan oil-gas-condensate field, Boltnoe oil field, spectrum, impurity elements, normalization, standard.

Both sandstones and fine-grain clastic debris have integrated information about factors controlling its formation processes. This information is contained in litho-geochemical characteristics. Obtained information complement and specify results of lithologic research carried by conventional methods.

The subject of the research are deposits of Kazan oil-gas-condensate field and Boltnoe oil field that are located in Parabel territory of Tomsk region. In terms of structure Kazan and Bolotnoe fields are dedicated to dome uplifts of the same names and located in south-east part of Niurolsk depression within the border of 2<sup>nd</sup> class positive structure Kalgachskii Mesozoic uplift. Geological structure of the field is formed by metamorphosed basement rocks and siliciclastic deposits of different composition of Mesozoic-Cenozoic platform mantle. Productive deposits of Upper Jurassic are the field of interest. Upper series of Jurassic deposits on studied area is presented by Vasiugan, Georgiev and Bazhenov formations that are drilled and characterized in details by core.

Obtained data proved the rule of change of rare earth elements composition between different conditions of marginal-marine line and showed tendency of some elements to grow and decrease of other going out from margin. Sedimentary rocks of south-east part of Niurolsk depression are differentiated in geochemical and mineral-petrographical compositions. Both are presented by wide range of variety. With use of obtained geochemical data and evaluation of indicators determined environments of sedimentation are proved. Fundamental parameters of sedimentary rocks such as composition and proximity of a source, salinity and paleoclimates are determined.

**Габова Ксения Валерьевна** – младший научный сотрудник (моб. тел.: +007 3822 61 19 65, e-mail: GabovaKV@nipineft.tomsk.ru). Контактное лицо для переписки.

**Кравченко Григорий Геннадьевич** – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией седиментологии департамента лабораторных исследований (моб. тел.: +007 3822 61 19 65, e-mail: KravchenkoGG@nipineft.tomsk.ru).

**Ksenia V. Gabova** – Junior Researcher (mob. tel.: +007 3822 61 19 65, e-mail: GabovaKV@nipineft.tomsk.ru). The contact person for correspondence.

**Grigori G. Kravchenko** – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Head of sedimentological laboratory (mob. tel.: +007 3822 61 19 65, e-mail: KravchenkoGG@nipineft.tomsk.ru).

## Введение

Редкоземельные элементы (РЗЭ) при формировании терригенных отложений издавна привлекают к себе внимание геологов и геохимиков. Они используются при решении ряда геологических проблем, в частности, для палеорекоkonструкций.

В данной работе авторами была использована методика, применяемая группой исследователей Воронежского государственного университета и учеными института геологии и геохимии Уральского отделения Российской академии наук под руководством А.В. Маслова.

Одним из видов анализа содержания РЗЭ является метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), преимущество которого – возможность определения содержания в породе каждого элемента. Это позволяет использовать полученные данные для реконструкции фациальных условий формирования осадков [1–7].

Объектом исследования были выбраны отложения Казанского нефтегазоконденсатного и Болтного нефтяного месторождений, расположенных в Парабельском районе Томской области. В структурном отношении Казанское и Болтное месторождения приурочены к одноимённым куполовидным поднятиям, расположенным в юго-восточной части Нюрольской впадины в пределах Калгачского мезовыступа. Последний представляет собой положительную полузамкнутую структуру II порядка, вытянутую в северо-западном направлении [8]. В геологическом строении месторождений принимают участие метаморфизованные породы фундамента и терригенные отложения различного состава мезозойско-кайнозойского платформенного чехла, среди которых наибольший интерес вызывают продуктивные отложения верхней юры. Верхний отдел юрских отложений в пределах исследуемой территории представлен васюганской, георгиевской и баженовской свитами, которые вскрыты бурением и детально охарактеризованы керном. Наибольшее практическое значение имеет васюганская свита, включающая в себя продуктивные по

нефти и газу песчаные пласты группы Ю<sub>1</sub>, обладающие хорошими коллекторскими свойствами. Временной интервал формирования васюганской свиты охватывает диапазон от позднего бата до позднего оксфорда. На схеме фациального районирования территории [9] район исследований расположен в непосредственной близости к границе васюганской и наунакской свит, что обусловило в изучаемом разрезе повышенную роль прибрежно-морских фаций относительно «классического» васюганского разреза с доминированием мелководно-морских осадков. Отложения васюганской свиты трансгрессивно перекрываются глинистыми, кремнисто-глинистыми и кремнисто-карбонатными породами георгиевской и баженовской свит преимущественно пелагического генезиса.

Из аргиллитов, алевролитов и песчаников баженовской, георгиевской, а также верхней части васюганской свиты были отобраны 52 образца, в глинистой фракции которых методом ICP-MS было определено содержание редкоземельных элементов. Анализ был выполнен в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском государственном университете. Целью этих исследований являлось проведение геохимической типизации основных литолого-стратиграфических подразделений и выявление особенностей их формирования.

### Закономерности изменения микроэлементного состава пород

По результатам выполненного литолого-фациального анализа керна [10] исследуемые осадки, вскрытые скважинами в пределах Казанского и Болтного месторождений, представлены преимущественно прибрежно-морскими, реже мелководно-морскими и глубоководно-морскими отложениями. Диагностика фаций проводилась с использованием структурно-текстурных признаков осадков с привлечением ихнофациального анализа, а также сопровождалась изучением включений, остатков фауны и флоры и прочих признаков.

Установлено, что продуктивные отложения верхней части васюганской свиты, включая

пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, формировались в прибрежно-морских условиях в области повышенной активности гидродинамического режима. Основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала продуктивных пластов являлись приливно-отливные течения и волнение моря в обстановке побережья барьерного типа. Они привели к образованию фациальной ассоциации субаэральной полосы приливно-отливного побережья, включающей в себя фации лагуны, приливных каналов и их конусов выноса (приливных дельт), ваттов и маршей. Васюганская свита перекрывается существенно глинистыми осадками внешнего шельфа георгиевской свиты, нижняя часть которой – барабинская пачка – имеет специфический облик и представляет собой «конденсированный разрез». Завершается исследованная последовательность пелагическими осадками баженовской свиты.

Особенностью РЗЭ является то, что элементы с четными номерами более стабильны, чем нечетные, поэтому встречаются в природных объектах в более высоких концентрациях [3]. Вследствие этого кривая распределения элементов (так называемый геохимический спектр породы) имеет зигзагообразный вид. Поэтому при построении графиков распределения РЗЭ выбрана процедура нормализации к стандарту [3, 11]. В качестве стандарта использовалась генеральная проба глин Русской платформы (RPSC).

Для сглаживания резкого различия концентраций применяли логарифмический масштаб, при котором на одной из осей графика откладываются не абсолютные значения концентраций, а их десятичные логарифмы. Таким образом, на одной из осей графика показываются все РЗЭ, а по другой оси – не абсолютные концентрации элементов, а отношения концентраций элементов в исследуемом образце к концентрациям в стандарте, которые и называются нормализованными значениями.

Анализ спектров (рис. 1) [12–14] позволяет увидеть различия в распределении РЗЭ между выделенными ранее обстановками осадконакопления. В ходе сопоставления каждого из них с литологической характеристикой выявлены

общие закономерные тенденции накопления РЗЭ в каждом типе. Проведенный анализ позволил установить, что распределение РЗЭ зависит от гидродинамических условий бассейна. Спектры усредненных значений редкоземельных элементов располагаются на графике, соответствуя гидродинамическому режиму обстановок осадконакопления, от самой активной к самой спокойной (снизу вверх) (см. рис. 1). Итак, самой активной гидродинамикой из всех представленных в разрезе фаций обладают песчаные осадки приливного канала, спектр РЗЭ которых расположен на графике в самой нижней его части. Одним из важных признаков отложений приливных каналов является прерывистый характер слойчатости (глинистые шлейфы, флазеры, глинисто-алевролитовые прослои), возникающий из-за резких изменений динамики среды – смен приливных или отливных течений затишными условиями. По этой же причине могут встречаться намывы глинистых интраклавов и углефицированный растительный детрит, а также наблюдаться небольшие частые колебания зернистости и глинистости песчаников.

За ними следует спектр осадков приливной дельты, для которой в целом характерны более спокойные по сравнению с приливными каналами условия. Осадки приливных дельт обычно сложены песчаниками, близкими по составу и структуре песчаникам приливных каналов, но содержащими большое количество глинистых прослоев, отлагавшихся в затишные периоды.

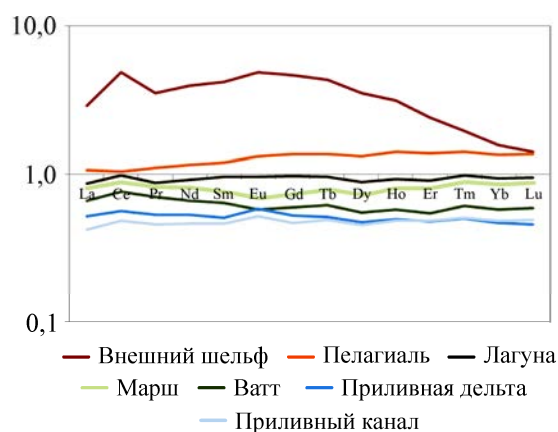


Рис. 1. Спектры усредненных значений редкоземельных элементов из пород юго-восточной части Нюрольской впадины, нормированных по RPSC

Отложения ватта и следующие за ними осадки марша отражают более спокойный темп седиментации в прибрежной части бассейна. Осадки ваттов в большинстве случаев представлены тонким частым переслаиванием тонкозернистых песчаников и глинистых алевролитов. Соотношение этих пород определяется в основном удалённостью от побережья: с отдалением от берега в сторону суши количество влекомого приливной волной песчаного материала постепенно уменьшается вплоть до его почти полного исчезновения в зоне маршей. Отложения маршей представлены однородными или тонкослоистыми аргиллитами, аргиллитами углистыми, углисто-глинистыми алевролитами, углями и тонкозернистыми песчаниками, а также тонким, нередко биотурбированным, переслаиванием перечисленных выше пород.

Накопление аргиллитов и алевролитов лагун происходило в еще более спокойной обстановке, с достаточно редкими периодами штормов, о чем свидетельствуют тонкие прослои и линзы светло-серого тонкозернистого песчаника.

И, наконец, наиболее спокойная обстановка представлена глинистыми, кремнисто-глинистыми и кремнисто-карбонатными породами глубокоководно-морского генезиса фации пелагиали.

В породах конденсированного разреза барабинской пачки фации внешнего шельфа большинство редкоземельных элементов присутствует в значительно более высокой концентрации. Геохимический спектр этих осадков заметно выбивается из общей картины. Отложения внешнего шельфа формировались в спокойной обстановке ниже базиса штормовых волн с весьма ограниченным привнесением обломочного материала и имеют особые геохимические условия. О дефиците обломочного материала свидетельствует широкое распространение аутигенных минералов: глауконита, пирита, фосфоритов, а также высокая концентрация органических остатков, например, ростров белемнитов. Образование глауконита и фосфорита связывается с длительным воздействием на первично песчаный материал

морской воды; низкое количество поступающего обломочного материала обусловило накопление многочисленных остатков древней фауны (ростры белемнитов, раковины двустворок и др.). Образующийся таким образом конденсированный разрез имеет сильно сокращённую мощность, занимая при этом существенный стратиграфический диапазон.

Для детального рассмотрения распределения редкоземельных элементов по каждой из фаций были построены развернутые графики, показывающие содержание РЗЭ относительно RPSC во всех исследованных образцах (рис. 2).

По морфологии спектров лантаноидов исследуемые породы сопоставимы друг с другом. Для них отмечается выраженная тенденция приближения нормализованных значений содержаний РЗЭ к значениям RPSC по мере последовательного снижения гидродинамического уровня в ряду фаций приливный канал – приливная дельта – лагуна – ватт – марш.

Содержание рассматриваемых элементов в глинисто-песчаных отложениях приливного канала и приливной дельты ниже тех значений, что характерны для RPSC (см. рис. 2, а, б). В осадках приливного канала наблюдается незначительное превышение состава тяжелых редкоземельных элементов над легкими. В отложениях приливной дельты наблюдается обратная тенденция, при том что содержание Eu в некоторых образцах сильно возрастает. В большинстве же аргиллитов и песчано-глинистых отложениях ватта, лагуны и марша концентрация РЗЭ приблизительно такая же, как и в генеральной пробе глин Русской платформы (см. рис. 2, в, г, д). Но всё же отмечаются некоторые различия. Например, в осадках ватта и лагуны – пониженное содержание тяжелых РЗЭ по отношению к легким, тогда как в отложениях марша содержание тяжелых РЗЭ возрастает.

Полученные в результате интерпретации данные подтвердили закономерность изменения содержания РЗЭ в различных обстановках в прибрежно-морской полосе и показали зависимость роста одних РЗЭ и сокращения других по мере удаленности от побережья.

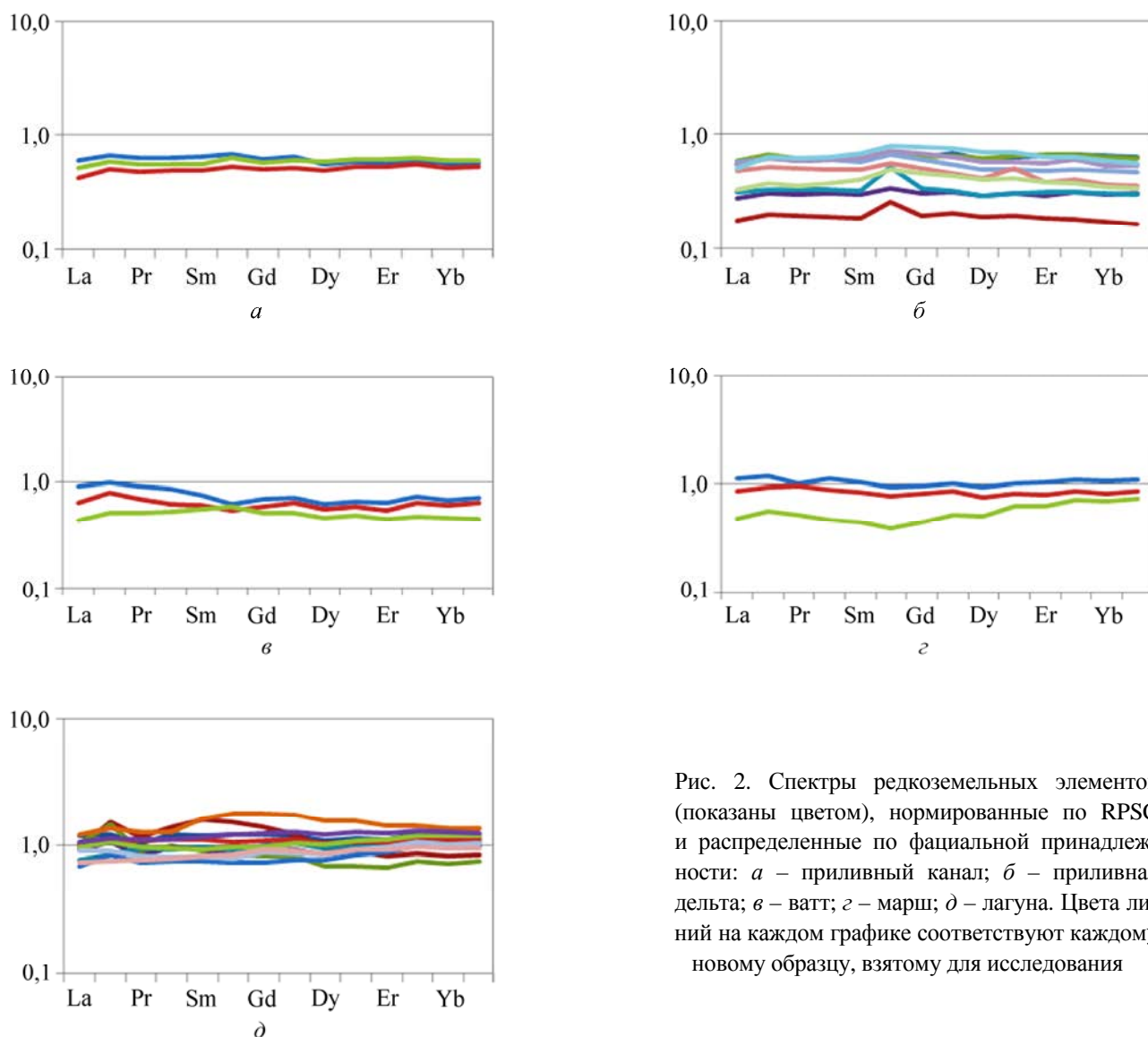


Рис. 2. Спектры редкоземельных элементов (показаны цветом), нормированные по RPSC и распределенные по фациальной принадлежности: *a* – приливный канал; *б* – приливная дельта; *в* – ватт; *г* – марш; *д* – лагуна. Цвета линий на каждом графике соответствуют каждому новому образцу, взятому для исследования

### Реконструкция условий образования осадков

Кроме принадлежности осадка к той или иной обстановке седиментации по данным, полученным в результате геохимического анализа, можно судить о палеогеографических условиях накопления осадочных образований [1, 3]. Информация о содержании и соотношении в песчаниках и тонкозернистых обломочных породах широкого спектра элементов-примесей позволяет достаточно корректно реконструировать состав пород на палеоводосборах, палеогеодинамические обстановки накопления исходных осадков, рассчитать

кларки концентрации и ряд других численных параметров процессов седиментогенеза. Соотношение элементов-примесей в исследуемых образцах приведено в таблице.

Общим геохимическим показателем палеогеографических условий накопления тех или иных осадочных образований обычно рассматривается цериевая аномалия  $Ce/Ce^*$  [15]. Известно, что основная масса РЗЭ поставляется в конечные водоемы стока реками в виде взвеси. В центральных районах крупных морских и океанических бассейнов Се подвергается окислению и переходит в растворимую форму, что ведет к появлению в морской воде отрицательной цериевой аномалии, т.е. значения величины  $Ce/Ce^* < 1$ .

## Соотношение элементов-примесей в отложениях района исследования

Обстановка осадконакопления	Фация	Кол-во образцов	Свита	Средние значения отношений элементов-примесей					
				Ce/Ce*	Ce/Y	Ti/Zr	Sr/Ba	Eu/Eu*	La/Yb
Глубоководно-морская	Пелагиаль	7	Баженовская	0,86	7,28	0,79	0,66	1,03	0,96
Мелководно-морская	Внешний шельф (конденсированный разрез)	3	Георгиевская	1,52	11,02	0,80	0,17	1,10	1,85
Прибрежно-морская	Лагуна	42	Васюганская	1,12	8,97	1,44	0,61	1,06	1,41
	Марш			1,08	9,48	0,92	0,40	0,92	1,06
	Ватт			1,12	10,77	1,21	0,34	0,95	1,35
	Приливная дельта			1,07	9,52	1,14	0,38	1,17	1,63
	Приливный канал			1,10	8,45	1,15	0,42	1,15	1,03

Отношение  $Ce/Ce^*$  в исследуемых образцах (см. таблицу) указывает на окраинно-континентальную обстановку седиментации. В более глубоководных (пелагических) осадках величина отношения характеризуется как отрицательная цериевая аномалия (0,86), в то время как в прибрежно-морских и мелководных осадках  $Ce/Ce^* > 1$ .

А.В. Маслов применяет также и другие соотношения РЗЭ-реконструирования обстановок осадконакопления. Он основывается на том, что редкие земли слабо растворимы в воде и, следовательно, практически без потерь перемещаются из областей размыва в области осадконакопления.

Использование отношения  $Sr/Ba$  как индикатора палеосолености основано на следующих соображениях [1–3, 16]. Известно, что при интенсивном химическом выветривании Ba и Sr мигрируют до попадания в морские водоемы совместно. В прибрежных водах Ba быстро связывается с  $SO_4^{2-}$  и выпадает в осадок. Sr не осаждается в прибрежной части бассейна и мигрирует в более удаленные части. Его осаждение начинается лишь в лагунных обстановках. Следовательно, по соотношению  $Sr/Ba$  в осадках одного возраста можно проследить переход от пресноводных отложений к морским. На исследуемых площадях наибольшая величина отношения  $Sr/Ba$  зафиксирована в осадках лагуны и пелагиали, где она равна 0,61 и 0,66 соответственно (см. таблицу). Эти фации являются нормально-солёными, но относительно остальных фаций – наиболее солёными. Осадки приливного канала (0,42) и приливной дельты (0,38) имеют схожие значения, видимо, за счет близких условий накопления, в то время как

в отложениях ватта и марша этот показатель имеет ещё более низкие значения (0,34 и 0,40 соответственно), вероятно, за счет своего близкого расположения к континентальной части и регулярного опреснения морских вод. Минимальный показатель  $Sr/Ba$  (0,17) характерен для барабинской пачки фации внешнего шельфа. Он свидетельствует о пресноводности бассейна седиментации, однако это противоречит общепринятым представлениям об образовании пачки при быстрых трансгрессиях и о том, что пачка сочетает в себе признаки мелководных и пелагических отложений. Данный факт представляет несомненный интерес и требует дальнейших исследований для своего объяснения.

Для оценки дальности переноса терригенного материала чаще всего используется отношение  $Ti/Zr$ , так как этот параметр отражает лучшую сохранность цирконов по сравнению с титансодержащими минералами при длительной транспортировке или многократном переотложении кластики [3]. Из этого следует, что породы, образованные близко от источника сноса, будут иметь более высокие значения указанного отношения, в отличие от пород, в составе которых присутствует материал разрушения того же источника сноса, но перемещенный на большее расстояние. Это подтверждают данные, полученные в результате пересчета нормализованных значений баженовской, георгиевской и васюганской свит (см. таблицу). Доказано, что в глубоководно-морских отложениях пелагиали (0,79) и мелководно-морских отложениях внешнего шельфа (0,80) отношение  $Ti/Zr$  ниже, чем в отложениях прибрежно-морского генезиса (0,92–1,44).

По материалам исследований Ю.А. Балашова и А.Б. Ронова с соавторами, одним из наиболее интересных геохимических индикаторов климата является отношение  $Ce/Y$  [17–20]. Как известно, в аридных обстановках дифференциация редкоземельных элементов отсутствует, тогда как в процессе гумидного седиментогенеза наблюдается значительная дифференциация содержания и состава РЗЭ. Исходя из представлений о дифференциации РЗЭ в гумидных обстановках, развиваемых Ю.А. Балашовым и его коллегами, в качестве пороговой между аридными и гумидными обстановками принимается величина данного отношения, равная 3. По исследуемым отложениям показатель  $Ce/Y$  варьирует от 7,28 до 11,02, что характерно для отчётливо гумидного климата. Максимальный показатель отношения  $Ce/Y$  (11,02) наблюдается в подошве георгиевской свиты – барабинской пачки, что может свидетельствовать о повышении температурного режима в ходе продолжающейся трансгрессии. Минимальное же значение отношения  $Ce/Y$  (7,28) характерно для пелагических осадков бажендовской свиты, которые осаждались, вероятно, в условиях слабой аридизации климата.

Широкое применение нашло вычисление европиевой аномалии, представляющей собой отношение реального содержания европия к «теоретическому» значению, полученному путем интерполяции между содержанием соседей европия – самария и гадолиния, нормированных по RPSC. Европиевая аномалия (или отношение  $Eu/Eu^*$ ) является показателем состава размывавшихся на палеоводосборах комплексов пород [1, 3]. Несмотря на то что никаких отрицательных значений при пересчетах не возникает, в литературе значения  $Eu/Eu^*$  более 1 принято называть положительными, а значения менее 1 – отрицательными. Для исследуемых образцов отношение  $Eu/Eu^*$  колеблется от 0,92 до 1,17. Минимальные значения характерны для осадков марша и ватта (0,92 и 0,95). В случае, когда величина европиевой аномалии относительно невелика (~ 0,95–0,90), можно сделать вывод о преобладании в областях размыва докембрийских кристаллических пород или пород, сформированных за счет ювенильного материала, не претерпевшего существенного преобразования в континентальной коре.

Мерой соотношения кислых и основных пород в источниках сноса выступает вид спектра  $La/Yb$ . В исследуемых породах значение отношения  $La/Yb$ , не превышающее 1,85, позволяет предпо-

лагать существенную роль в источниках сноса магматических пород основного состава. Причем для пелагических отложений данный показатель является минимальным (0,96), а в прибрежно-морских осадках он возрастает до 1,03–1,63.

### Заключение

Полученные в результате проведенного исследования данные свидетельствуют, что осадочные породы, вскрытые керном исследуемых скважин, различаются как по геохимическому, так и по минералого-петрографическому составу, и те, и другие представлены широким спектром разновидностей.

Отчетливая европиевая аномалия прослеживается практически во всех исследуемых типах, и среднее значение  $La/Yb$  менее 4 предполагает в областях питания для данных отложений магматических пород основного состава. Одним из геохимических индикаторов климата является отношение  $Ce/Y$ . В рассматриваемом случае преобладают значения более 3, следовательно, тип седиментогенеза определяется как выражено гумидный. Для оценки дальности переноса терригенного материала было использовано отношение  $Ti/Zr$ . Доказано, что в глубоководно-морских отложениях пелагиали отношение  $Ti/Zr$  ниже, чем в отложениях прибрежно-морского генезиса. Величина  $Sr/Ba$  подчеркивает преимущественно значительную соленость бассейна седиментации. Исключение составляют лишь отложения ватта и марша, где соленость воды несколько понижена. Отношение  $Ce/Ce^*$  в исследуемых образцах в интервалах 0,86–1,52 указывает на окраинно-континентальный режим седиментационной обстановки. Таким образом, литохимические данные по элементам-примесям могут быть использованы для подтверждения выделенных ранее обстановок осадконакопления. Следует отметить, что в процессе интерпретации полученных результатов был установлен особый геохимический облик пород барабинской пачки георгиевской свиты, обусловленный, как предполагается, весьма специфическими для конденсированного разреза геохимическими условиями.

Полученные таким образом сведения существенно дополняют и детализируют результаты литологических исследований, выполненных традиционными методами на территории Казанского и Болтского месторождений.

### Список литературы

1. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.
2. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
3. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
4. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. – Л.: Наука, 1981. – 276 с.
5. Юдович Я.Э., Пучков В.Н. Геохимическая диагностика глубоководных осадочных пород // Геохимия. – 1980. – № 3. – С. 430–449.
6. Yudovich Ya.E. Coal inclusions in sedimentary rocks: a geochemical phenomenon. A review // Int. J. Coal. Geol. – 2003. – Vol. 56, 3–4. – P. 203–222. DOI: 10.1016/j.coal.2003.08.002.
7. Yudovich Ya.E. Notes on the marginal enrichment of Germanium in coal beds // Int. J. Coal. Geol. – 2003. – Vol. 56, 3–4. – P. 223–232. DOI: 10.1016/j.coal.2003.08.003.
8. Запивалов Н.П., Минько В.А. Геологическое строение Казанского газоконденсатного месторождения // Нефть и газ Тюмени: тр. ЗапСибНИГНИ. – Тюмень, 1970. – Вып. 6. – С. 39–43.
9. Решения 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточнённых стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири: Новосибирск, 2003 г. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2004. – 114 с.
10. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 147 с.
11. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
12. Интерпретация геохимических данных / под ред. Е.В. Складорова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – Т. I. – 288 с.
13. Тейлор С.Р., Мак-Ленан С.М. Континентальная кора: её состав и эволюция. – М., 1987. – 384 с.
14. Taylor S.R., McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust // Reviews in Geophysics. – 1995. – 33. – P. 241–265. DOI: 10.1029/95RG00262.
15. Rare earth elements in Japan Sea sediments and diagenetic behaviour of Ce/Ce\*: results from ODP Leg 127 / R.W. Murray, M.R. Buchholtzen Brink, H.J. Brumsack [et al.] // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1991. – Vol. 55, is. 9. – P. 2453–2466. DOI: 10.1016/0016-7037(91)90365-C.
16. Маслов А.В., Корнилова А.Ю. К реконструкции палеосолености седиментационного бассейна, существовавшего в венде в области сочленения Русской платформы и Среднего Урала: предварительные данные // Ежегодник-2004. – Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2005. – С. 68–72.
17. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976. – 268 с.
18. Влияние климатических и фациальных условий на разделение редкоземельных элементов в осадочном процессе / Ю.А. Балашов, А.Б. Ронов, А.А. Мигдисов, Н.В. Туранская // Геохимия. – 1964. – № 10. – С. 995–1014.
19. Ронов А.Б., Балашов Ю.А., Мигдисов А.А. Геохимия редкоземельных элементов в осадочном цикле // Геохимия. – 1967. – Т. I. – С. 3–19.
20. Закономерности распределения редкоземельных элементов в осадочной оболочке и в земной коре / А.Б. Ронов, Ю.А. Балашов, Ю.П. Гириш [и др.] // Геохимия. – 1972. – № 12. – С. 1483–1513.

### References

1. Iudovich Ia.E., Ketris M.P. Geokhimicheskie indikatory litogeneza (litologicheskaja geokhimiia) [Geochemical indicators of Lithogenesis (lithological geochemistry)]. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 742 p.
2. Iudovich Ia.E., Ketric M.P. Osnovy litokhimi [Fundamental lithochemistry]. Saint-Petersburg: Nauka, 2000. 479 p.
3. Maslov A.V. Osadochnye porody: metody izucheniia i interpretatsii poluchennykh dannykh: uchebnoe posobie [Sedimentary rocks: methods of study and interpretation of obtained data: study manual]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo UGGU, 2005. 289 p.
4. Iudovich Ia.E. Regional'naia geokhimiia osadochnykh tolshch [Regional geochemistry of sedimentary strata]. Leningrad: Nauka, 1981. 276 p.
5. Iudovich Ia.E., Puchkov V.N. Geokhimicheskaja diagnostika glubokovodnykh osadochnykh porod [Geochemical diagnosis of deep-sea sedimentary rocks]. *Geokhimiia*, 1980, no.3, pp.430-449.



6. Yudovich Ya.E. Coal inclusions in sedimentary rocks: a geochemical phenomenon. A review. *Int. J. Coal. Geol.*, 2003, vol.56, 3–4, pp.203-222. DOI: 10.1016/j.coal.2003.08.002.
7. Yudovich Ya.E. Notes on the marginal enrichment of Germanium in coal beds. *Int. J. Coal. Geol.*, 2003, vol.56, 3–4, pp. 223-232. DOI: 10.1016/j.coal.2003.08.003.
8. Zapivalov N.P., Min'ko V.A. Geologicheskoe stroenie Kazanskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniia [Geological structure of Kazan oil-gas condensate field]. *Neft' i gaz Tiumeni: trudy ZapSibNIGNI. Tiumen'*, 1970, vol.6, pp.39-43.
9. Resheniia 6 Mezhdedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniia po rassmotreniiu i priiniatiiu utocnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoiskikh otlozhenii Zapadnoi Sibiri. Novosibirsk, 2003 g. [Decisions of the 6<sup>th</sup> Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the consideration and adoption of revised stratigraphic schemes of Mesozoic deposits of Western Siberia: Novosibirsk, 2003]. Novosibirsk: SNIIGGIMS, 2004. 114 p.
10. Alekseev V.P. Litologo-fatsial'nyi analiz [Lithofacial analysis]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo UGGGA, 2003. 147 p.
11. Vinogradov A.P. Srednie sodержaniia khimicheskikh elementov v glavnykh tipakh gornykh porod zemnoi kory [Average content of chemical elements in the main rock types of crustal rocks]. *Geokhimiia*, 1962, no.7, pp.555-571.
12. Skliarov E.V. (Ed.) Interpretatsiia geokhimiicheskikh dannykh [Geochemical data interpretation]. Moscow: Internet Inzhiniring, 2001, vol. I, 288 p.
13. Teilor S.R., Mak-Lenan S.M. Kontinental'naia kora: ee sostav i evoliutsiia [Continental crust: its composition and evolution]. Moscow, 1987. 384 p.
14. Taylor S.R., McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics*, 1995, 33, pp.241-265. DOI: 10.1029/95RG00262.
15. Murray R.W., Buchholtzen Brink M.R., Brumsack H.J. et al. Rare earth elements in Japan Sea sediments and diagenetic behaviour of Ce/Ce\*: results from ODP Leg 127. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1991, vol.55, is.9, pp.2453-2466. DOI: 10.1016/0016-7037(91)90365-C.
16. Maslov A.V., Kornilova A.Iu. K rekonstruktsii paleosolenosti sedimentatsionnogo basseina, sushchestvovavshe-go v vende v oblasti sochleneniia Russkoi platformy i Srednego Urala: predvaritel'nye dannye [To the reconstruction of paleosalinity of sedimentary basin existed at the junction of Russian platform and Middle Ural: preliminary data]. *Ezhegodnik-2004. Ekaterinburg: Izdatel'stvo IGG UrO RAN*, 2005, pp.68-72.
17. Balashov Iu.A. Geokhimiia redkozemel'nykh elementov [Geochemistry of rare earth elements]. Moscow: Nauka, 1976. 268 p.
18. Balashov Iu.A., Ronov A.B., Migdisov A.A., Turanskaia N.V. Vliianie klimaticheskikh i fatsial'nykh uslovii na razdelenie redkozemel'nykh elementov v osadochnom protsesse [Influence of climatic and facies conditions on separation of rare earth elements in the sedimentary process] *Geokhimiia*, 1964, no.10, pp.995-1014.
19. Ronov A.B., Balashov Iu.A., Migdisov A.A. Geokhimiia redkozemel'nykh elementov v osadochnom tsikle [Geochemistry of rare earth elements in the sedimentary cycle]. *Geokhimiia*, 1967, vol.1, pp.3-19.
20. Ronov A.B., Balashov Iu.A., Girin Iu.P. et al. Zako-nomernosti raspredeleniia redkozemel'nykh elementov v osa-dochnoi obolochke i v zemnoi kore [Laws of distribution of rare earth elements in the sedimentary shell and earth crust]. *Geokhimiia*, 1972, vol.12, pp.1483-1513.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Габова К.В., Кравченко Г.Г. Геохимия элементов-примесей верхнеюрских отложений Казанской группы месторождений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т.15, №19. – С. 105–113. DOI: 10.15593/2224-9923/2016.19.1

Please cite this article in English as:

Gabova K.V., Kravchenko G.G. Geochemistry of impurity elements of Upper Jurassic deposits of Kazan fields group. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2016, vol.15, no.19, pp.105–113. DOI: 10.15593/2224-9923/2016.19.1