ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2020, том 493, № 2, с. 46–50

УДК 551.86

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ "КАМУФЛИРОВАННОЙ" ПИРОКЛАСТИКИ В ВЕРХНЕЮРСКО-НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ

© 2020 г. С. О. Зорина^{1,*}, К. И. Никашин¹, М. Ю. Сокерин²

Представлено академиком РАН А.М. Асхабовым 01.04.2020 г. Поступило 01.04.2020 г. После доработки 26.05.2020 г. Принято к публикации 01.06.2020 г.

По результатам проведенного изучения литолого-геохимических особенностей верхнеюрскихнижнемеловых глин и черных сланцев востока Русской плиты установлено сплошное распространение пирокластического материала по всему разрезу. Возможными источниками кислой пирокластики были активные вулканы Закавказской энсиалической островной дуги. Источником базальтовой пирокластики в черносланцевых горизонтах могли быть эксплозии Сенендедж-Сенджанской энсиматической островной дуги (в поздней юре) и Арктической магматической провинции (в апте). В альбском веке, вероятно, отмечалась наивысшая активность Закавказской и Эльбурской островных дуг северо-западного Тетиса, что обусловило максимальное содержание фельзитового материала в среднеальбских бентонитоподобных глинах.

Ключевые слова: пирокластика, юра, мел, Русская плита, Пери-Тетис **DOI:** 10.31857/S2686739720080228

Отдельные горизонты глин и черных сланцев верхней юры и нижнего мела востока Русской плиты (РП) характеризуются значительными содержаниями пирокластики [13], что позволило предположить сплошное распространение пирогенного материала в разрезе. В настоящем сообщении впервые предложен механизм образования верхнеюрско-нижнемеловой осадочной последовательности северо-восточного Пери-Тетиса, основанный на привносе в осадочный бассейн пеплового материала из областей активного вулканизма.

Известно, что в морском бассейне пирокластический материал испытывает многостадийные преобразования и переходит в более устойчивые минеральные компоненты [3], свидетельства которых фиксируются в породах в виде "камуфлированной пирокластики" [6]: аутигенных минералов — смектита, цеолитов и др. и обломков вулканических стекол. Данная ассоциация прослеживается практически по всему осадочному разрезу РП и обнаруживается, например, в верхнефаменских глинах [7], средневолжских горючих сланцах [8], сантонских опоках, эоценовых глинах [3] и др.

Для решения поставленной задачи был исследован верхнеюрско-нижнемеловой интервал разреза Татарско-Шатрашанской скважины, пробуренной на востоке РП [2]. Верхнеюрская часть разреза представлена светло-серыми карбонатными глинами с прослоями мергелей (40 м) и горючими сланцами (7 м); нижнемеловой интервал сложен преимущественно темно-серыми бескарбонатными глинами (190 м) [2] (рис. 1).

Примечательной особенностью разреза является наличие двух событийных черносланцевых горизонтов – средневолжской промзинской свиты (C_{opr} до 27%) и нижнеаптской ульяновской толщи (C_{opr} до 13%), коррелирующихся с глобальными аноксическими океанскими событиями (Oceanic Anoxic Events – OAE) – позднеюрским ОАЕ и раннеаптским ОАЕ-1а соответственно [13].

Более 60 проб глин и горючих сланцев были исследованы в лабораториях Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ методами рентгеновского количественного фазового (РКФА), электронно-микроскопического и микрозондового анализов для выявления особенностей ком-

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия

² Институт геологии им. Н.П. Юшкина Федерального Исследовательского Центра Коми Научного Центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

^{*}*E*-mail: svzorina@yandex.ru



Рис. 1. Литолого-стратиграфическое строение Татарско-Шатрашанской скважины. Точечным крапом показаны компоненты "камуфлированной" пирокластики.

понентного состава и микроструктуры пород, а также методами рентген-флуоресцентного анализа и ICP-MS для определения элементного состава пород и расчета геохимических индикаторов вулканизма. Определения содержаний С_{орг} выполнены в ЦКП "Геонаука" Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

По результатам РКФА установлено, что количество "камуфлированной" пирокластики, представленной смектитом, смешаннослойным иллит-смектитом и гейландитом-клиноптилолитом, варьирует в верхнеюрской части разреза от 18% в новиковской толще до 53% в промзинской свите. Среднее ее содержание в нижнемеловых глинах составляет около 20%, тогда как в битуминозных сланцах ульяновской толщи оно увеличивается до 50%, а в глинах среднеальбской аловской толщи достигает 72% (рис. 1).

Подтверждения повсеместного присутствия пирогенных компонентов обнаруживаются на электронно-микроскопических изображениях пород. Кластеры брусковидных кристаллов цеолита, обломки высокотитанистых вулканических стекол, сплошной смектитовый матрикс выявлены в породах по всему разрезу.

Для определения типа материнских пород использовано нормированное на хондрит распределение редкоземельных элементов (РЗЭ), которое было усреднено по шести непрерывно накопившимся последовательностям (новиковской-тразовской толщам, промзинской свите, климовской-хмелевской толщам, ульяновской толще, студенецкой-зарыклейской толщам и аловской толще) и сопоставлено с соответствующим распределением РЗЭ в среднем постархейском австралийском глинистом сланце (PAAS), среднем



Рис. 2. Среднее нормированное на хондрит распределение РЗЭ в верхнеюрских-нижнемеловых толщах Татарско-Шатрашанской скважины. 1 – новиковская-тразовская толщи, 2 – промзинская свита, 3 – климовская-хмелевская толщи, 4 – ульяновская толща, 5 – студенецкая-зарыклейская толщи, 6 – аловская толща, 7 – РААЅ, 8 – ААЅ, 9 – обогащенные К граниты и фельзиты. Содержания РЗЭ в хондрите, РААЅ, К-гранитах и ААЅ заимствованы из [12].

архейском аргиллите (AAS) и обогащенных калием гранитах и фельзитах (рис. 2).

Оказалось, что в низкоуглеродистых толщах (новиковской-тразовской, климовской-хмелевской и студенецкой-зарыклейской) нормированные на хондрит значения РЗЭ превышают таковые для PAAS, что свидетельствует о преимущественно кислом источнике, поставлявшем минералы-концентраторы РЗЭ в бассейн седиментации [12]. В черносланцевых промзинской свите и ульяновской толще они несколько ниже, чем в PAAS (рис. 2), что может быть связано с дополнительным влиянием базальтового источника при накоплении данных толщ. Примечательно, что отрицательная Еu-аномалия проявлена во всех изученных породах, варьируя от 0.57 в аловской толще до 0.87 в уренской. Несмотря на то, что Eu-аномалия в рассматриваемых породах не столь амплитудна, как в обогащенных калием гранитах [12] (рис. 2), ее значения несколько ниже в промзинских и ульяновских черных сланцах и аловских глинах, чем в породах остальных стратонов, что подтверждает вышеприведенное предположение о более основном источнике вулканогенного материала [12], влиявшего на формирование высокоуглеродистых толщ.

По дискриминантным диаграммам Hf–La/Th [11] и Ti/Zr–La/Sc [10] определены палеогеодинамические обстановки и петрохимический тип источников вулканического материала в составе пород рассматриваемого разреза (рис. 3а, 3б).

Предполагается, что одним из источников пирокластики. поступавшей в бассейн селиментации в поздней юре – раннем мелу, мог быть Армавирский вулканический массив [1, 5], расположенный примерно в 1000 км к югу от объекта исследования в пределах Закавказской энсиалической островной дуги (ОД) [4], период вулканической активности которой приходится на позднюю юру [5]-ранний мел [1]. Выбросы кислых эксплозий Закавказской ОД оказали влияние на осадочный процесс в бассейне северо-восточного Пери-Тетиса в позднем кимеридже-среднем альбе, причем, с начала апта отмечается устойчивое влияние как кислой, так и основной пирокластики, что возможно связано как с завершающей фазой развития Закавказской ОД, так и с привносом пирокластики из областей океанических ОД.



Рис. 3. Дискриминантные диаграммы палеогеодинамических обстановок: (a) Hf–La/Th диаграмма [11]; (б) Ti/Zr–La/Sc диаграмма [10]. Условные обозначения фигуративных точек приведены на рис. 2.

Черносланцевая промзинская свита, состоящая более чем на 50% из пирокластического материала основного состава, вероятно, образовалась за счет пеплового материала, источником которого, помимо Закавказской ОД, могла быть Сенендедж-Сенджанская энсиматическая ОД (рис. 3а) [4]. Важно отметить, что упомянутые активные вулканические области, скорее всего, распространяли свое влияние не только на бассейн Пери-Тетиса, но и на Западно-Сибирский и ряд других бассейнов, в которых в конце юры накопились высокоуглеродистые толщи.

Нижнеаптская ульяновская толща, сформировавшаяся под влиянием глобального OAE-1a, содержит около 50% свежего пирокластического материала смешанного фельзит-базитового состава, причем не исключено, что попадание отдельных проб в область океанических ОД (рис. 36) может быть связано, в том числе, с влиянием базальтового вулканизма Арктической магматической провинции [9].

Среднеальбские бентонитоподобные глины, которые почти на три четверти состоят из свежего пирогенного материала, по содержанию микрокомпонентов попадают в область островодужных фельзитов (рис. 3а). Вероятно, такое обильное поступление пирокластики связано с высокой активностью в альбе энсиалических Закавказской и Эльбурской ОД, расположенных в северо-западной части Тетиса [4].

Таким образом, проведенная интерпретация геохимических данных впервые позволила определить геодинамическую позицию вулканических областей, поставляющих пепловый материал в исследуемый бассейн. В качестве источников пирокластики предположены: Закавказская энсиалическая ОД (поздний кимеридж–средний альб), Сенендедж-Сенджанская энсиматическая ОД (титон), Арктическая магматическая провинция (апт), Эльбурская энсиалическая ОД (альб).

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проведено в рамках государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.У26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства № 220. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания №671-2020-0049 в сфере научной деятельности. Исследование проведено по теме НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ГР№ АААА–А17– 117121270036–7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Греков И.И., Пруцкий Н.И., Энна Н.Л. Тектономагматические (очаговые) зоны Северного Кавказа // Литосфера. 2004. № 3 С. 127–136.
- Зорина С.О. Юрские-палеогеновые осадочные последовательности востока Русской плиты: тектоно-эвстатический анализ, секвенс-стратиграфия, фациальные трансформации и полезные ископаемые. М.: Книжный перекресток, 2012. 192 с.
- 3. Зорина С.О., Афанасьева Н.И. "Камуфлированная" пирокластика в верхнемеловых-миоценовых толщах юго-востока Русской плиты // ДАН. 2015. Т. 463. № 4. С. 443–445.
- Палеогеографический Атлас Северной Евразии / Казьмин В.Г., Натапов Л.М. (Отв. ред.). М. Институт тектоники литосферных плит. 1998. 26 листов.
- Корнев Г.П. Армавирский вулканический комплекс / В.Л. Егоян (ред.). Фауна, стратиграфия и литология мезозойских и кайнозойских отложений Краснодарского края. Л.: Недра, 1965. С. 382–410.
- 6. *Коссовская А.Г.* Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полез. ископаемые. 1975. № 2. С. 23–44.
- 7. Петрова Н.С., Шабловская Р.К. Новые данные о распространенности вулканокластических пород в отложениях верхнефаменской калиеносной суб-формации Припятского прогиба // ДАН БССР. 1986. Т. 30. № 5. С. 464–467.
- Ренгартен Н.В., Кузнецова К.И. Пирокластический материал в позднеюрских осадках Русской платформы // ДАН СССР. 1967. Т. 173. № 6. С. 1422–1425.
- 9. Филатова Н.И. Мезозойский Арктический плюм и его геодинамические следствия. Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии Москва. М.: ИО. 2009. С. 269–273.
- Bhatia M.R., Crook K.A.W. Trace Element Characteristics of Greywackes and Tectonic Setting Discrimination of Sedimentary Basins // Contribs Mineral. Petrol. 1986. V. 92. P. 181–193.
- Floyd P.A., Leveridge B.E. Tectonic Environment of the Devonian Gramscatho Basin, South Cornwall: Framework Mode and Geochemical Evidence from Turbiditic Sandstones // Journal Geol. Soc. 1987. V. 144. P. 531– 542.
- Taylor S.R., McLennan S.M. The Composition and Evolution of the Continental Crust–Rare-earth Element Evidence from Sedimentary Rocks // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1981. V. 301. P. 381–399.
- Zorina S.O., Pavlova O.V., Galiullin B.M., Morozov V.P., Eskin A.A. Euxinia as a Dominant Process during OAE1a (Early Aptian) on the Eastern Russian Platform and during OAE1b (Early Albian) in the Middle Caspian // Science China Earth Sciences. 2017. V. 60. Is. 1. P. 58–70.

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ том 493 № 2 2020

LITHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF "CAMOUFLAGED" PYROCLASTICS IN THE UPPER JURASSIC – LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE EASTERN RUSSIAN PLATFORM

S. O. Zorina^{*a*,#}, K. I. Nikashin^{*a*}, and M. Yu. Sokerin^{*b*}

 ^a Kazan Federal University, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan, Russian Federation
^b N. P. Yushkin Institute of Geology, Komi Scientific Center, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation
[#]E-mail: svzorina@yandex.ru

Presented by Academician of the RAS A. M. Askhabov April 1, 2020

Recent investigations of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous mudrocks and black shales from the Uljanovsk-Saratov Trough of the Russian Platform revealed significant values of the pyroclastic material in rocks studied. This suggested a continuous distribution of pyrogenic material in the section. The mechanism of the formation of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous sedimentary sequence of the northeastern Peri-Tethys based on the input of the volcanic ash material from the areas of active explosions into the sedimentary basin is proposed.

Keywords: pyroclastics, Jurassic, Cretaceous, Russian Platform, Peri-Tethys