

ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 49–57

Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 49–57

Научная статья

УДК 082 + [550.8+553](082)

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57>

Вулканогенный материал в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях востока Русской плиты и его источники

К. И. Никашин, С. О. Зорина[✉]

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Никашин Константин Игоревич, лаборант, kostya97@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-9895>

Зорина Светлана Олеговна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, svzorina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6315-1672>

Аннотация. В верхнеюрско-нижнемеловых отложениях Ульяновско-Саратовского прогиба широко распространена «камуфлированная» пирокластика, представленная смектитом, иллит-смектитом, гейландитом и обломками вулканических стекол. Вариации содержания пирокластики и продуктов ее преобразования по разрезу (от 17 до 72%), вероятно, связаны с колебанием объема вулканического привноса. Микрокомпонентный состав пород указывает на преимущественно кислый источник пеплового материала; лишь черносланцевые промзинская свита и ульяновская толща тяготеют к смешанному андезит-базальтовому и фельзитовым источникам. Предполагаемыми источниками пирокластики в мезозойском бассейне востока Русской плиты являются островные дуги северной окраины Тетиса, а также Арктическая магматическая провинция.

Ключевые слова: Ульяновско-Саратовский прогиб, «камуфлированная» пирокластика, вулканические стекла, Пери-Тетис, островная дуга, Арктическая магматическая провинция

Благодарности. Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета, за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания № 671-2020-0049 в сфере научной деятельности, при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства № 220.

Для цитирования: Никашин К. И., Зорина С. О. Вулканогенный материал в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях востока Русской плиты и его источники // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 49–57. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Article

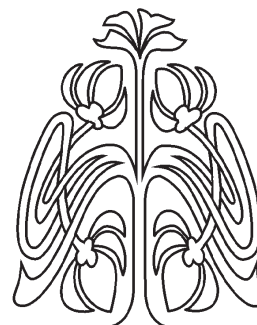
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57>

Volcanogenic material in upper jurassic-lower cretaceous deposits of the Eastern Russian plate and its sources

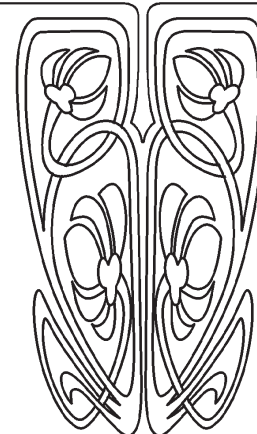
Konstantin I. Nikashin, kostya97@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-9895>

Svetlana O. Zorina[✉], svzorina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6315-1672>

Kazan (Volga region) Federal University, 18 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Tatarstan, Russia



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Abstract. Widespread “camouflaged” pyroclastics including smectite, illite-smectite and heulandite are detected in the upper jurassic– lower cretaceous deposits of the Ulyanovsk-Saratov basin. Moreover, volcanic glasses are found in several stratigraphic units. The quantity of pyroclastic material in the study section (17–72%) is probably related to volcanic input in the basin. Concentrations of the trace and rare earth elements point to a predominantly acid source of ash material, except the Promzino and Ulyanovsk black shale formations linked to the mixed andesite-basaltic and felsic sources. Island arcs of the Northern Tethys basin and the High-Altitude Arctic Igneous Province are regarded as probable sources of the pyroclastic influx in the epeiric basin of the Russian Platform in the Jurassic-Early Cretaceous.

Keywords: Ulyanovsk-Saratov Trough, “camouflaged” pyroclastics, volcanic glass, Peri-Tethys, island arc, High-Altitude Arctic Igneous Province

Acknowledgements: This paper has been supported by the Kazan Federal University Strategic Academic Leadership Program. The work was supported by the Ministry of Science and High Education of the Russian Federation contract no. 14.Y26.31.0029 in the framework of the Resolution no. 220 of the Government of the Russian Federation. This work was funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for the state assignment no. 671-2020-0049 in the sphere of scientific activities.

For citation: Nikashin K. I., Zorina S. O. Volcanogenic material in upper jurassic-lower cretaceous deposits of the Eastern Russian plate and its sources. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 49–57 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Введение

Существенная роль наземного вулканизма в процессах осадконакопления подчеркивалась многими исследователями [1, 2]. Известно, что вулканы поставляют пирокластический материал не только в вулканические области, но и на платформы. Пепловые тучи могут переноситься высотными струйными течениями атмосферы на расстояние более чем 10000 км [3, 4], в некоторых случаях огибая Землю несколько раз, и разгружаться на значительном удалении от своих источников.

Основной компонент вулканического пепла – вулканические стекла – термодинамически неустойчив в условиях водной среды. В морских фациях в результате гальмиролиза и постседиментационных преобразований пепловые частицы теряют Ca, Si, Mg, подвергаются девитрификации и замещаются другими минеральными фазами [5]. В зависимости от состава исходного пирогенного материала, температуры, кислотности и других физико-химических параметров среды продукты преобразования пирокластике могут включать в себя такие минералы, как смектит, цеолиты, глауконит, палыгорскит и некоторые другие [5]. Кроме того, в состав пеплового материала могут входить мафические минералы, такие как пироксен и амфибол, неустойчивые в поверхностных условиях. Для обозначения совокупности этих продуктов А. Г. Коссовской в 1975 г. был предложен термин «камуфлированная» пирокластике.

Следы пирокластике выявлены в осадочном чехле Русской плиты (РП). Так, в девонских и каменноугольных нефтеносных отложениях Южно-Татарского свода с помощью рентгенографических исследований [6] установлено присутствие цеолитов (клиноптилолита и морденита), а также амфиболов и пироксенов.

Первое сообщение об обнаружении пирокластике в мезозойских толщах востока РП было сделано Н. В. Рентгартен и К. И. Кузнецовой в 1967 г. [7]. В терригенно-карбонатных отложе-

ниях средневожского подъяруса Поволжья ими были обнаружены крупные оскольчатые фрагменты вулканических стекол, агрегаты цеолита, свежие кристаллы амфибола и пироксена. Позже в многочисленных верхнемеловых и палеоценовых разрезах востока и юго-востока РП были найдены цеолиты и вулканические стекла [8]. Новые данные о пирокластике в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях Ульяновско-Саратовского прогиба (УСП) приводятся в кратком сообщении [9]. В настоящей статье представлены результаты детального исследования «камуфлированной» пирокластике и геохимических особенностей верхнеюрско-нижнемеловых отложений, вскрытых Татарско-Шатрашанской скважиной № 1, расположенной на юго-западе Республики Татарстан на северо-востоке УСП. На основе полученных результатов сделаны предположения об источниках пирокластического материала.

Геологическое строение

Верхнеюрско-нижнемеловой разрез Татарско-Шатрашанской скважины представлен сероцветными терригенными и терригенно-карбонатными отложениями общей мощностью 250 м (рис. 1). Стратиграфическое расчленение верхнеюрской части этого разреза произведено согласно унифицированной региональной схеме юрских отложений [10], а нижнемеловой – унифицированным схемам нижнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы [11].

Верхнеюрская часть разреза представлена снизу вверх серыми и темно-серыми известковистыми глинами, мергелями новиковской и тразовской толщ мощностью 51 м, темно-серыми и зеленовато-серыми песчаниками и сланцеватыми битуминозными алевролитами промзинской свиты мощностью 6 м. Промзинские черные сланцы содержат до 27% $C_{орг}$ и считаются проявлением позднейюрского субглобального аноксического события [12]. Завершает верхнеюрскую часть разреза ундорская свита, представленная зелено-



вато-серыми кварц-глауконитовыми песчаниками мощностью 1,5 м.

Отложения нижнего мела залегают на юре с перерывом и включают в себя долгорецкую и климовскую свиты верхнего готерива, уренскую толщу баррема, хмелевскую, ульяновскую, студенческую и зарыклейскую толщи апта, а также аловскую свиту среднего альба. Готерив-аптские отложения представлены темно-серыми, в основном безызвестковистыми глинами с прослоями зелено-вато-серых кварц-глауконитовых песчаников общей мощностью 180 м. На их фоне литологически контрастно выделяется нижеаптская ульяновская толща, сложенная сланцеватыми битуминозными глинами мощностью 4 м, считающаяся проявлением глобального океанского аноксического события ОАЕ-1а [13, 14]. Среднеальбская аловская свита, завершающая нижнемеловую часть разреза, сложена темно-серыми глинами с прослоями песков, алевроитов и песчанистых опок мощностью 19 м.

Материалы и методы

Для выявления пирокластического материала было исследовано свыше 60 образцов из верхнеюрско-нижнемелового интервала Татарско-Шатрашанской скважины (см. рис. 1). Комплекс аналитических методов включал рентгеновский количественный фазовый анализ (РКФА), электронно-микроскопический анализ с микрозондом, спектроскопию комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия), масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) и рентгено-флуоресцентный анализ (РФА). Рентгенографические исследования проводились на дифрактометре D2 Phaser (Bruker). Электронно-микроскопические изображения и энергодисперсионные спектры получены на растровом электронном микроскопе XL-30 ESEM (Phillips) с ЭДС-анализатором EDAX. Микро- и макроэлементный состав образцов определялся на изотопном масс-спектрометре iCAP Qc (Thermo Fisher Scientific) и рентген-флуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker) соответственно.

Из фракции 0,063–0,1 мм нескольких проб из промзинской свиты были экстрагированы вулканические стекла. Выделенные фрагменты вулканических стекол изучались на рамановском спектрометре inVia Qontor (Renishaw). Для количественного определения химического состава стекол полученный спектр анализировался в программе MS Excel по методике, предложенной в [15]. Все лабораторные исследования проведены в Институте геологии и нефтегазовых технологий КФУ.

Результаты

Рентгенографический анализ

Минеральный состав исследованных пород, по данным РКФА, представлен на рис. 1. Глины

верхнеюрских новиковской и тразовской толщ имеют близкий минеральный состав и почти наполовину сложены биогенным кальцитом. Их глинистая компонента представлена хлоритом (до 6%), смектитом (до 8%) и гидрослюдой (до 13%). Примечательным компонентом новиковских глин является цеолит (4%) из группы гейландита. Промзинские черные сланцы характеризуются сходной ассоциацией глинистых минералов, содержание смектита в которой увеличивается до 11%. Содержание гейландита достигает 24%.

Состав нижнемеловых хмелевской, ульяновской и студенческой толщ весьма однообразен. Доля смектита в этих породах весьма существенна и достигает 26%. Глины аловской свиты среднего альба характеризуются наибольшим содержанием смектита (до 44%), что позволяет отнести их к бентонитоподобным глинам, согласно [16], в их составе также присутствует гейландит (до 15%).

Электронно-микроскопический и микрозондовый анализ и рамановская спектроскопия

Результаты электронно-микроскопического изучения промзинских черных сланцев (рис. 2) хорошо согласуются с данными РКФА. На полученных изображениях хорошо видны агрегаты дощатых кристаллов гейландита (см. рис. 2, а), погруженные в сплошной смектитовый матрикс.

Во фракции 0,063–0,25 мм промзинских битуминозных глин были обнаружены вулканические стекла. Размер этих остроугольных пепловых частиц составляет 0,1–0,2 мм, форма варьирует от изометричной до слегка вытянутой (см. рис. 2, б). Интерпретация рамановского спектра стекол, проведенная по методике Di Genova [15], выявила весьма высокое содержание в них суммы оксидов SiO_2 и Al_2O_3 (89,2%), что позволяет говорить об их кислом или среднем составе (см. рис. 2, д).

Глины хмелевской толщи, имеющие типичный для нижнемеловой части разреза облик, сложены в основном агрегатами смектита и иллита, пластинчатыми агрегатами хлорита и каолинита с отдельными фрагментами высокотитанистых вулканических стекол размером порядка 50 мкм (см. рис. 2, в).

Аловская глина представлена преимущественно смектитовым матриксом, который содержит малоизмененные остроугольные частицы вулканического стекла (см. рис. 2, з).

Геохимический анализ

Геохимическое изучение рассматриваемых пород позволило выявить особенности их макро- и микрохимического состава, указывающие на присутствие привносившегося вулканического материала, а также тектоническую и геодинамическую приуроченность его источников (рис. 3).

Макрохимический состав изученных образцов представлен в таблице. Для всех проб был рассчитан индекс химического изменения (chemical index of alteration – CIA) по формуле

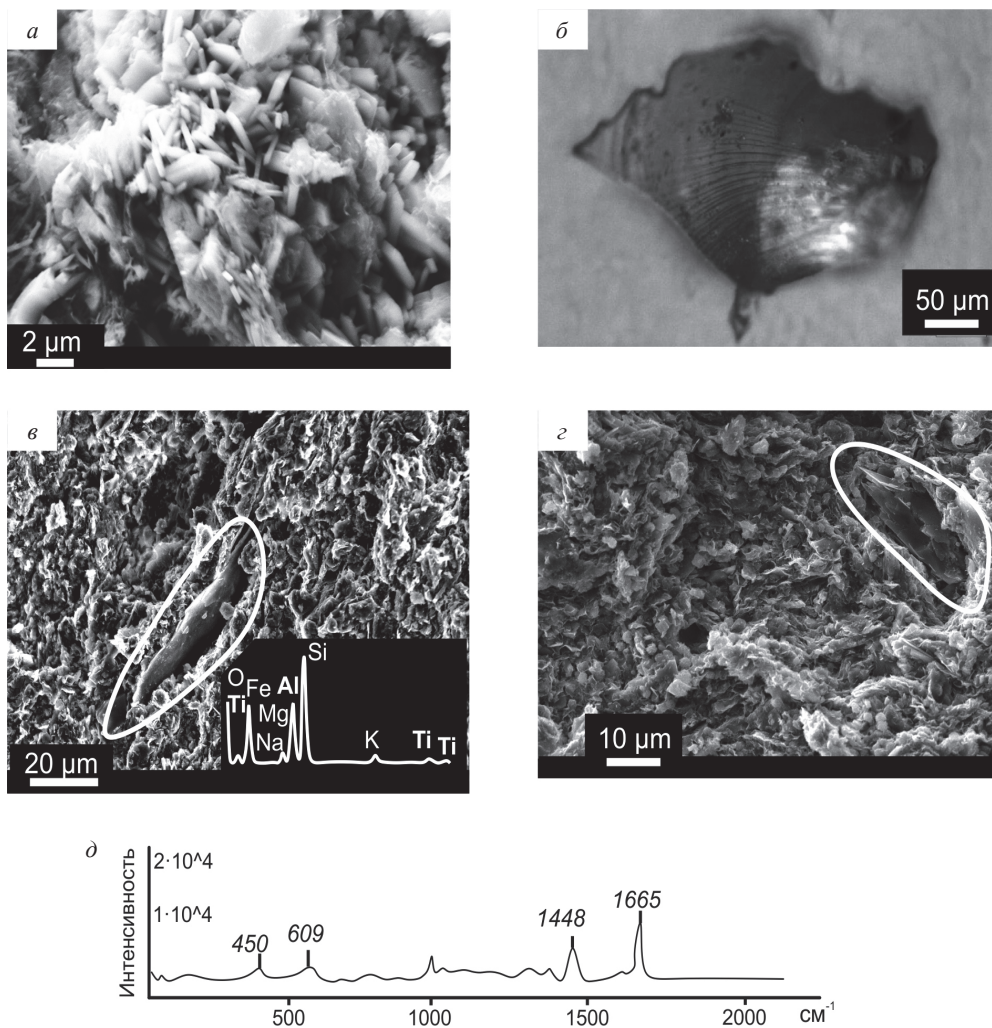


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения: *a* – кристаллы гейландита в промзинском битуминозном сланце; *б* – вулканическое стекло в промзинском битуминозном сланце; *в* – вулканическое стекло в хмелевской глине; *г* – вулканическое стекло в аловской глине; *д* – рамановский спектр вулканического стекла из промзинского битуминозного сланца

$Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO_{2sil}+Na_2O+K_2O)$ [17]. Его значения оказались невысокими, среднее значение по разрезу составило 74. Следовательно, поступающий в бассейн материал не был подвержен сильному химическому выветриванию, что согласуется с гипотезой о его золотой транспортировке в виде пепловых облаков.

Особенности распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) продемонстрированы на спайдер-диаграмме (см. рис. 3, *a*), где усредненное по свитам и толщам распределение этих элементов нормировано на хондрит [18]. Все стратоны характеризуются схожей картиной распределения РЗЭ. Содержание РЗЭ в верхнеюрских и нижнемеловых глинах (см. таблицу) превышает аналогичное содержание в PAAS (постаршейском австралийском глинистом сланце [18]), что указывает на преимущественно кислый состав материала, поступавшего в бассейн. В то же время суммарное содержание РЗЭ в высокоуглеродистых промзинской свите и

ульяновской толще, а также в аловской свите ниже, чем в PAAS (см. таблицу), что можно объяснить привнесением в бассейн основной пирокластики [18]. Об этом же свидетельствуют несколько пониженные значения Eu-аномалии ($Eu/[Sm \times Gd]^{0.5}$) в породах этих трех стратонов (см. таблицу).

Для уточнения петрохимического типа источников вулканического материала и определения их палеотектонической позиции были использованы дискриминантные диаграммы, основанные на концентрациях малых элементов. Диаграмма La–Th/Hf (см. рис. 3, *в*) [19] показывает, что большая часть образцов тяготеет к островодужным фельзитам, т. е. к кислому источнику, и лишь отдельные образцы из промзинской свиты и ульяновской толщи смещены в сторону более основного, андезитового, источника. При этом на диаграмме Ti/Zr–La/Sc (см. рис. 3, *б*) [20] почти все образцы группируются вдоль поля континентальных островных дуг.



Результаты геохимического изучения верхнеюрско-нижнемеловых пород из Тагарско-Шатрашанской сваянки, усреднённые по свитам и толщам

Свита, толща (количество образцов)	Аловская (4)	Зарыктейская (6)	Студенческая (1)	Ульяновская (5)	Хмелевская (4)	Уренская (13)	Климовская (7)	Промзинская (6)	Тразовская (5)	Новиковская (9)	РААС [18]
Al ₂ O ₃ , %	13,63	18,29	15,48	7,77	16,44	16,71	17,65	7,08	5,47	11,43	
CaO _{2sil} , %	1,86	1,07	1,13	3,62	2,26	1,03	0,54	–	–	–	
Na ₂ O, %	0,51	0,96	0,48	0,26	0,90	1,65	1,14	0,86	0,42	0,59	
K ₂ O, %	3,02	3,58	2,90	1,18	3,47	3,91	3,22	1,87	1,39	2,56	
ClA	71,65	76,53	77,4	72,15	70,83	71,78	78,3	–	–	–	
La*	74,22	116,06	121,89	90,94	107,89	112,56	93,64	75,35	224,30	91,52	103,54
Ce*	58,76	92,13	94,96	68,72	81,27	92,17	88,39	60,45	253,02	90,22	83,595
Pr*	47,45	74,94	79,99	59,37	68,05	73,32	66,46	46,84	141,97	56,46	64,964
Nd*	32,12	49,52	52,25	40,15	45,29	48,72	43,35	32,49	103,74	38,14	45,007
Sm*	18,87	28,96	30,95	23,61	26,71	28,92	25,85	19,95	67,91	22,00	24,242
Eu*	10,85	17,20	18,57	14,52	15,86	17,17	14,71	11,30	42,19	12,08	12,644
Gd*	12,89	18,88	20,49	16,96	18,18	19,59	16,28	14,46	56,13	13,87	15,359
Tb*	10,57	15,50	16,61	14,19	15,02	15,99	13,73	12,68	45,10	11,69	13,276
Dy*	8,74	12,56	13,39	11,99	12,54	12,97	10,71	10,72	39,17	9,28	11,549
Ho*	8,38	11,90	12,91	11,63	11,82	12,04	9,82	10,56	38,90	8,93	11,751
Er*	8,16	11,67	12,24	11,49	11,74	11,85	9,64	10,58	36,96	8,73	11,647
Tm*	8,63	11,85	12,24	11,72	12,29	11,65	10,12	11,00	33,16	9,37	11,236
Yb*	8,31	11,14	11,30	11,00	11,69	11,24	9,92	10,60	27,75	8,65	11,29
Lu*	7,57	10,31	10,89	10,13	11,03	10,66	9,40	9,96	25,40	8,15	11,286
Eu аном.	0,69554	0,73542	0,73738	0,7253	0,71957	0,72164	0,71722	0,6653	0,68327	0,6918	0,6552
Σ PЗЭ, ppm	135,03	208,37	164,2	152,65	203	202,55	188,05	131,17	498,2	179,7	431,39
Ti/Zr	34,97	34,36	37,07	37,68	33,61	28,84	25,64	23,84	20,29	23,36	
La/Sc	1,58	1,90	1,70	1,65	1,91	1,92	1,65	2,61	2,54	1,67	
La/Th	2,93	3,67	3,07	3,48	3,36	3,27	2,70	4,89	5,08	2,53	
Hf, ppm	3,00	4,09	3,64	1,90	4,13	4,53	4,92	2,01	3,35	3,57	

Примечание. * Содержание нормировано на хондрит [18].

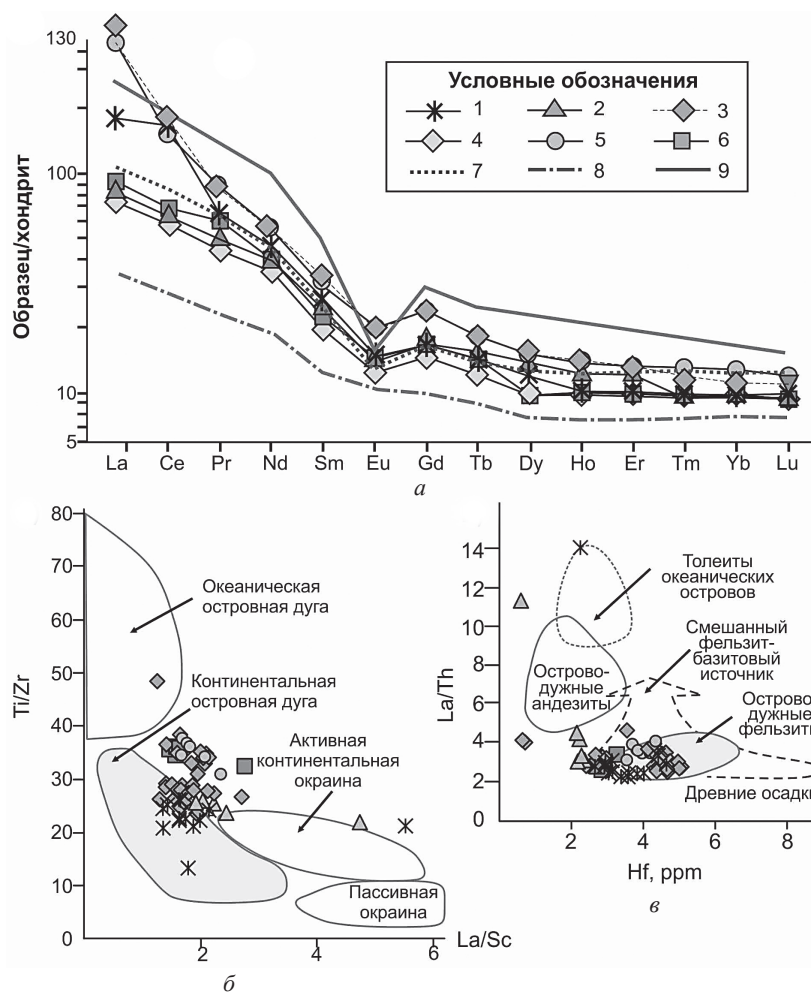


Рис. 3. Результаты интерпретации данных элементной геохимии (по [9] с добавлениями): а – распределение нормированных на хондрит концентраций РЗЭ в изученных стратонах; б – диаграмма Ti/Zr – La/Sc; в – диаграмма La/Th – Hf; 1 – новиковская-гразовская толщи, 2 – промзинская свита, 3 – климовская-хмелевская толщи, 4 – ульяновская толща, 5 – студенечкая-зарыклейская толща, 6 – аловская толща, 7 – ПААС, 8 – средняя архейская порода, 9 – обогащенные К граниты и фельзиты

Обсуждение результатов

Распределение пирокластики по разрезу

Проведенное исследование позволяет говорить о постоянном присутствии в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях УСП «камуфлированной» пирокластики, представленной смектитом, иллит-смектитом и гейландитом. Кроме того, на нескольких уровнях обнаружены фрагменты вулканических стекол.

Вариации содержания «камуфлированной» пирокластики по разрезу показаны на рис. 1. В низкоуглеродистых терригенно-карбонатных породах верхнеюрской части разреза доля пирокластики составляет 17–25%, а в высокоуглеродистой промзинской свите она достигает уже 50%. Нижнемеловые бескарбонатные глины содержат 30–50% измененной пирокластики, а в глинах среднеальбской аловской свиты доля вулканокластики достигает 72%. Таким обра-

зом, прослеживается тенденция к увеличению содержания вулканогенного материала вверх по разрезу. Эти вариации, по-видимому, связаны с изменением объема поступающего пирокластического материала.

Источники пирокластики

Исходя из стратиграфической приуроченности толщ, содержащих пирокластический материал, и палеогеографии бассейна можно предположить, какие именно активные зоны были поставщиками этого материала. Согласно палинспастическим реконструкциям [21], наиболее вероятными источниками пеплового материала были вулканические аппараты островных дуг (ОД) северной окраины Тетиса, в частности активная в поздней юре–раннем мелу Закавказская энсиалическая ОД [21, 22]. Другим возможным источником пеплового материала могла быть Арктическая магматическая провинция [23]. Аб-



солотные датировки долеритов Шпицбергена, приведенные в [24], указывают на два пика активности магматизма – в конце юры и в альбе, однако более поздние исследования свидетельствуют об аптском пике вулканической активности [25].

Черносланцевая промзинская свита состоит более чем на 50% из пирокластического материала. Вероятнее всего, источник пирокластики при формировании данного стратона был комплексным. На эту роль могут быть предложены, во-первых, энсиалическая Закавказская ОД, во-вторых, активная в конце юры энсиматическая Сенендедж-Сенджанская ОД (Центральный Иран) [21] и, наконец, Арктическая магматическая провинция (архипелаг Шпицберген) [26]. В последних двух областях определены вулканы с абсолютными возрастами 145–150 млн лет [24, 27], т. е. синхронные по времени образования с промзинской свитой. Вполне вероятно, что эти вулканические области поставляли пирокластический материал и в сопредельные с РП бассейны. Подтверждением этому служат находки люминесцирующих вулканических стекол в нефтематеринской баженовской свите Западной Сибири [28], а также наличие пепловых горизонтов в титонских известняках Карпат [29].

В составе черносланцевой нижеаптской ульяновской толщи также присутствуют как кислые, так и основные компоненты, а некоторые пробы попадают в область океанических ОД. Это может свидетельствовать о существенном влиянии базальтовых эксплозий Арктической магматической провинции на осадочный процесс в рассматриваемом бассейне в раннем апте [26].

Среднеальбские глины аловской толщи на три четверти состоят из кислого пирогенного материала. Этот результат хорошо согласуется с известным фактом о том, что средне- и верхнеальбские глины РП повсеместно характеризуются наличием в своем составе цеолитсодержащих бентонитовых (смектитовых и смектит-иллитовых) прослоев, которые являются продуктивными толщами многочисленных месторождений адсорбционного и керамзитового сырья [8, 30]. Столь широкое распространение кислой пирокластики в альбских толщах РП свидетельствует о мощном влиянии активного вулканизма Закавказской ОД (Аджаро-Триалетской зоны, валов Шатского и Андрусова, Балаклавы [31]) и Эльбурской ОД [21] на осадочный процесс в эпиконтинентальном бассейне РП.

Выводы

1. Минералого-геохимические особенности пород, вскрытых Татарско-Шатрашанской скважиной, свидетельствуют о постоянном поступлении пирокластического материала в эпиконтинентальный бассейн востока РП в поздней юре и раннем мелу.

2. Доля вулканического материала в составе

пород в целом увеличивается вверх по разрезу. Минимальным содержанием «камуфлированной» пирокластики (17%) характеризуются известковистые глины верхнеюрской тразовской толщи, максимальное же содержание этого компонента (72%) приурочено к среднеальбской аловской свите. Такие вариации могут быть связаны с изменением объема поступающей пирокластики.

3. Источниками пирокластического материала, перманентно поступающего в бассейн, могли быть активные области континентальных ОД – Закавказской (поздний кимеридж – альб) и Эльбурской (альб). Для промзинской свиты и ульяновской толщи устанавливается влияние как кислого, так и основного источника. Пепловый материал основного состава, вероятно, поступал из активных областей Сенендедж-Сенджанской энсиматической ОД (титон) и Арктической магматической провинции (титон, апт).

Библиографический список

1. *Страхов Н. М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Москва : Госгеолтехиздат, 1963. 536 с.
2. *Дзоценидзе Г. С.* Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд. Москва : Издательство «Недра», 1969. 344 с.
3. *Ram M., Gayley R. I.* Long-range transport of volcanic ash to the Greenland ice sheet // *Nature*. 1991. Vol. 394. P. 401–401.
4. *Prata A. J., Carn S. A., Stohl A., Kerkmann J.* Long range transport and fate of a stratospheric volcanic cloud from Soufriere Hills volcano, Montserrat // *Atmospheric Chemistry and Physics*, European Geosciences Union. 2007. Vol. 7(19). P. 5093–5103.
5. *Коссовская А. Г.* Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // *Литология и полезные ископаемые*. 1975. № 2. С. 23–44.
6. *Кривари Г. А., Королев Э. А., Пикалев С. Н.* Вулкано-кластический материал в палеозойской толще Татарстана : методы выявления и роль в нефтедобыче // *Литосфера*. 2003. № 1. С. 27–38.
7. *Рентгартен Н. В., Кузнецова К. И.* Пирокластический материал в позднеюрских осадках Русской платформы // *Доклады Академии наук СССР*. 1967. Т. 173, № 6. С. 1422–1425.
8. *Зорина С. О., Афанасьева Н. И., Волкова С. А.* Цеолитонность верхнемеловых-палеогеновых осадочных пород востока и юго-востока Русской плиты // *Литология и полезные ископаемые*. 2008. № 6. С. 638–649.
9. *Зорина С. О., Никашин К. И., Сокерин М. Ю.* Литогеохимические индикаторы источников «камуфлированной» пирокластики в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях востока Русской плиты // *Доклады академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 493, № 2. С. 46–50.
10. Унифицированная региональная стратиграфическая схема юрских отложений Восточно-Европейской платформы / В. В. Митта (отв. ред. объяснительной записки). Москва : Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка, 2012. 78 с.



11. Унифицированные стратиграфические схемы нижнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы / С. А. Чирва (ред. объяснительной записки). Санкт-Петербург : ВНИГРИ, 1993. 58 с.
12. Maksyutova L., Galiakberov A., Dzhalmukhanova R., Zaripova G., Nikashin K., Zorina S. New Data on the Greenhouse-Gas Footprint of the Black Shales of Russian and West Siberian Platforms, Russia // Late Palaeozoic Sedimentary Earth Systems : Stratigraphy, Geochronology, Petroleum Resources : Proceedings Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017. Bologna : Filodiritto Editore – Proceedings, 2017. P. 375–380.
13. 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. Vol. 60 (1). P. 58–70.
14. Гаврилов Ю. О., Щенетова Е. В., Барабошкин Е. Ю., Щербинина Е. А. Раннемеловой аноксический бассейн Русской плиты : седиментология и геохимия // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 4. С. 359–380.
15. Di Genova D., Morgavi D., Hess K., Neuville D. R., Borovkov N., Perugini D., Dingwell D. B. Approximate Chemical Analysis of Volcanic Glasses Using Raman Spectroscopy // Journal of Raman spectroscopy. 2015. Vol. 46 (12). P. 1235–1244.
16. Савко А. Д., Бартнев В. К., Горюшкин В. В. Сравнительно-литологическая характеристика и оценка качества бентонитовых глин палеогена и неогена восточных районов Воронежской области // Вестник Воронежского университета. Геология. 2001. Вып. 11. С. 1–8.
17. Nesbit H. W., Young G. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. Vol. 299. P. 715–717.
18. Taylor D. H., McLennan S. M. The Continental Crust : its Composition and Evolution. Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1985. 312 p.
19. Floyd P. A., Leveridge B. E. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall : framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones // Journal of the Geological Society, London. 1987. Vol. 144. P. 531–542.
20. Bhatia M. R., Crook K. A. W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic settings discrimination of sedimentary basins // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1986. Vol. 92. P. 181–193.
21. Палеогеографический атлас Северной Евразии / ред. В. Г. Казьмин, Л. М. Натапов. Москва : Институт тектоники литосферных плит, 1998. 26 листов.
22. Rolland Y., Hässig M., D. Bosch, Meijers M. J.M., Sosson M., Bruguier O., Adamia S., Sadradze N. A review of the plate convergence history of the East Anatolia-Transcaucasus region during the Variscan : Insights from the Georgian basement and its connection to the Eastern Pontides // Journal of Geodynamics. 2016. Vol. 96. P. 131–145.
23. Senger K., Tveranger J., Ogata K., Braathen A., Planke S. Late Mesozoic magmatism in Svalbard : A review // Earth-Science Reviews. 2014. Vol. 138. P. 123–144.
24. Буров Ю. П., Красильщиков А. А., Фирсов Л. В., Клубов Б. А. Возраст долеритов Свальбарда (по радиологическим данным) // Геология Свальбарда. Ленинград : Издательство НИИГА, 1976. С. 117–126.
25. Nejbert K., Krajewski K. P., Dubinska E., Pecskay Z. Dolerites of Svalbard, north-west Barents Sea Shelf : Age, tectonic, setting and significance for geotectonic interpretation of the High-Arctic Large Igneous Province // Polar Research. 2011. Vol. 30. 24 p.
26. Ernst R. E., Youbi N. How Large Igneous Provinces affect global climate, sometimes cause mass extinctions, and represent natural markers in the geological record // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2017. Vol. 478. P. 30–52.
27. Azizi H., Lucci F., Stern R. J., Hasannejad S., Asahara Y. The Late Jurassic Panjeh submarine volcano in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, northwest Iran : Mantle plume or active margin? // Lithos. 2018. Vol. 308–309. P. 364–380.
28. Shaldybin M. V., Wilson M. J., Wilson L., Lopushnyak Y. M., Brydson R., Krupskaya V. V., Kondrashova (Deeva) E. S., Glotov A. V., Goncharov I. V., Samoilenko V. V., Arbuzov S. I., Bether O. V., Fraser A. R., Bowen L., White D., Dorofeeva N. V. The nature, origin and significance of luminescent layers in the Bazhenov Shale Formation of West Siberia, Russia // Marine and Petroleum Geology. 2019. Vol. 100. P. 358–375.
29. Rehakova D., Matyja B. A., Wierzbowski A., Schlögl J., Krobicki M., Barski M. Stratigraphy and microfacies of the Jurassic and lowermost Cretaceous of the Veliky Kamenets section (Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Western Ukraine) // Volumina Jurassica. 2011. Vol. 9. P. 61–104.
30. Буров А. И. Альбские цеолитсодержащие глины Русской плиты и их возможное использование // Разведка и охрана недр. 2016. № 4. С. 17–21.
31. Никашин А. М., Хотылев А. О., Бычков А. Ю., Конаевич Л. Ф., Петров Е. И., Япаскурт В. О. Меловые вулканические пояса и история формирования Черноморского бассейна // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. 2013. № 2. С. 6–18.

Поступила в редакцию 31.07.2020, после рецензирования 10.09.2020, принята к публикации 20.11.2020
 Received 31.07.2020, revised 10.09.2020, accepted 20.11.2020