

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 082+[550.8+553](082)

doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.500-513

ИСТОЧНИКИ ТЕРРИГЕННОГО И ПЕПЛОВОГО МАТЕРИАЛА В СРЕДНЕВОЛЖСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ

К.И. Никашин, С.О. Зорина

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, 420008, Россия

Аннотация

Глины, битуминозные сланцы и песчаники средневожского подъяруса из керна Татарско-Шатрашанской скважины и разреза Городищи были исследованы методами минералогического, рентгенофазового, электронно-микроскопического и геохимического анализов для палеотектонической реконструкции источников терригенного и пеплового материала. Выявлено присутствие аксессуарных минералов различных парагенетических ассоциаций, указывающее на поступление терригенного материала из дифференцированных источников. В качестве таких источников предложены палеозойские осадочные породы Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, магматические и метаморфические породы Воронежского кристаллического массива (в том числе Павловского гранитоидного комплекса), Урала и Балтийского щита. Проведена типизация детритовых цирконов на основе формы кристаллов, установлена их генетическая связь с кислыми щелочными породами. Методом рамановской спектроскопии определен среднекислый состав вулканических стекол из битуминозных сланцев промзинской свиты. В качестве возможных источников пирокластического материала предложены островные дуги северной окраины Тетиса и Арктическая магматическая провинция.

Ключевые слова: средневожский подъярус, провенансный анализ, камуфлированная пирокластика, циркон, Ульяновско-Саратовский прогиб, Воронежский кристаллический массив, островные дуги

Введение

История изучения верхнеюрских отложений Среднего Поволжья насчитывает уже свыше 200 лет [1], а средневожские битуминозные сланцы многие десятилетия привлекают внимание геологов не только как горючее полезное ископаемое, но и как событийный аноксический горизонт. Множество дискуссий вызывает вопрос о причинах накопления органического вещества [2, 3] и возможной связи высокого содержания C_{org} с изменениями глобального углеродного цикла в мезозое, приуроченными к позднеюрскому океанскому аноксическому событию [4]. В то же время количество работ, посвященных реконструкциям питающих провинций на основе геохимических данных – провенансному анализу вожских отложений, остается небольшим. Между тем информация об источниках терригенного сноса может быть весьма полезной при реконструкциях палеогеографических обстановок и условий осадконакопления. Еще одной мало-

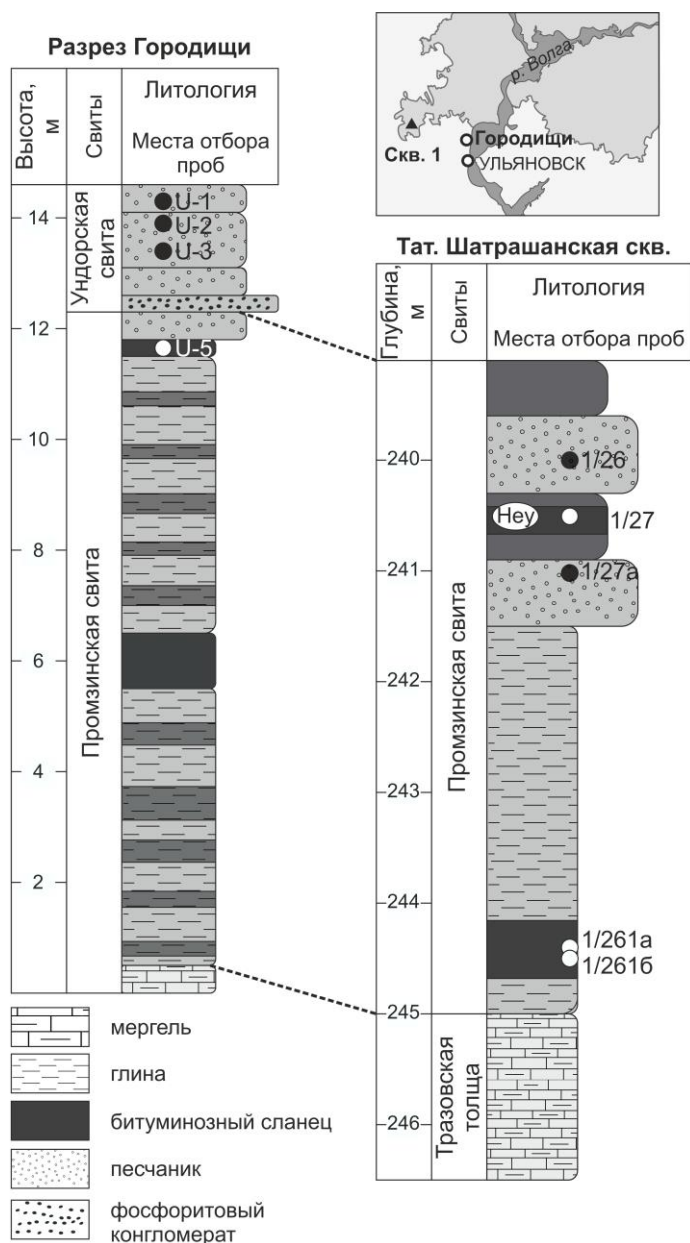


Рис. 1. Стратиграфическая схема средневожских отложений разреза Городищи и Татарско-Шатрашанской скважины с местами отбора проб

изученной областью является привнос пирокластики в средневожский эпиконтинентальный бассейн востока Русской плиты, хотя присутствие вулканического материала является важным подспорьем при геологической корреляции [5]. В настоящей статье представлены результаты минералого-геохимического изучения средневожских отложений Ульяновско-Саратовского прогиба, позволяющие сделать выводы об источниках терригенного и вулканогенного материала, поступавшего в бассейн востока Русской плиты в конце юры.

1. Геологическое строение

Согласно Унифицированной стратиграфической схеме юрских отложений Русской плиты [6], средний подъярус волжского регионаруса в Ульяновско-Саратовском прогибе представлен отложениями верхней части тразовской толщи, промзинской свиты и нижней части ундорской свиты. Тразовская толща сложена известковистыми глинами и мергелями, насыщенными разнообразной морской фауной. Ее общая мощность достигает 12 м. Перекрывающая ее промзинская свита, соответствующая аммонитовой зоне *Dorsoplanites panderi*, сложена чередованием светло-серых мергелей, светло- и темно-серых известковистых глин и алевролитов с пластами известковистых битуминозных сланцев. Мощность свиты в пределах Ульяновско-Саратовского прогиба весьма выдержана и составляет 6–12 м. Вышележащая ундорская свита, соответствующая аммонитовым зонам *Virgatites virgatus* – *Craspedites nodiger*, развита в Ульяновско-Саратовском прогибе лишь фрагментарно, а мощность ее не превышает 3.5 м. Она сложена базальными конгломератами из фосфоритовых галек и зеленовато-серыми глауконитовыми песчаниками. Верхняя часть свиты включена в состав нижнемелового отдела [6].

2. Материалы и методы

Фактический материал исследования представлен 5 керновыми пробами из средневожского интервала Татарско-Шатрашанской скважины (Дрожжановский р-н Республики Татарстан) и 4 образцами, отобранными из разреза Городищи осенью 2020 г. (рис. 1). Для определения генетического типа источников терригенного материала средневожских отложений был проведен минералогический анализ 4 образцов с выделением тяжелой фракции по стандартной методике с применением тяжелой жидкости ГПС-В (2.8 г/см^3). Там, где это было возможно, отбирались монофракции цирконов для морфологического анализа и типизации кристаллов по схеме, предложенной [7].

Выявление следов пирокластики осуществлялось методами электронно-микроскопического и рентгеновского фазового анализов. Легкие фракции глин просматривались с целью выявления фрагментов вулканических стекол. Обнаруженные пепловые частицы подверглись изучению методом рамановской спектроскопии (спектроскопии комбинационного рассеяния) на приборе inVia Qontor (Reinshaw, Великобритания) для определения особенностей их химического состава.

Кроме того, были определены валовые содержания рассеянных элементов (в том числе редкоземельных) в 5 керновых пробах пород волжского регионаруса из Татарско-Шатрашанской скважины методом ICP-MS.

Аналитические исследования выполнены в лабораториях ИГиНГТ Казанского федерального университета, минералогический анализ проведен К.И. Никашиным.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Источники терригенного материала по данным минералогического анализа. Минералы тяжелой фракции средневожских глин и песчаников разреза Городищи и их состав показаны на рис. 2 и 3. Из небитуминозных глин верхней

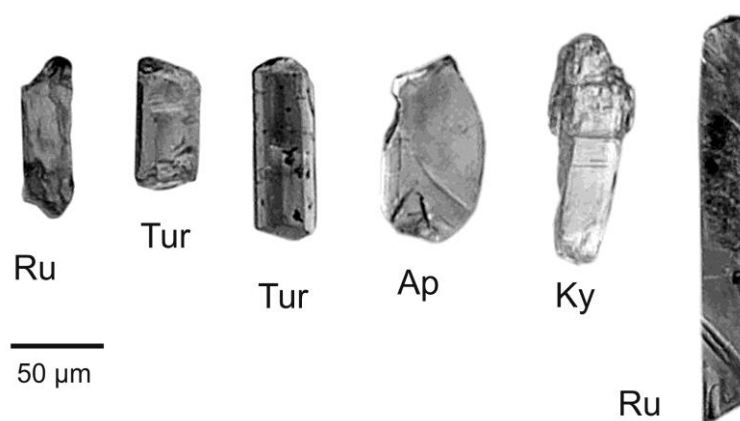


Рис. 2. Акцессорные минералы средневожских отложений. Условные обозначения: Ru – рутил; Tur – турмалин; Ap – апатит; Ky – кианит

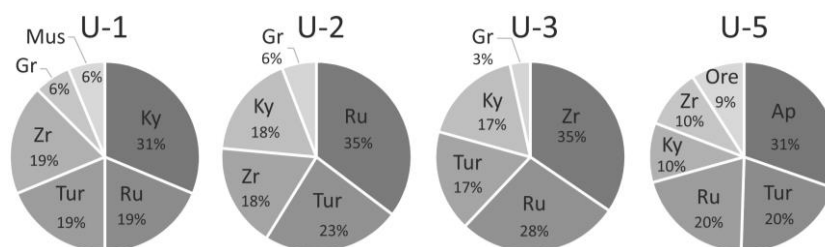


Рис. 3. Результаты минералогического анализа

части промзинской свиты удалось выделить очень небольшую навеску тяжелой фракции. В ее составе преобладают прозрачные минералы, главными из которых являются апатит (31%), турмалин (20%) и рутил (20%). На кианит и циркон приходится по 10%. Глауконитовые песчаники ундорской свиты также характеризуются низким выходом тяжелой фракции, кроме того, высоким содержанием в ней аутигенных компонентов (глауконита, желваков пирита и пиритовых фрамбоидов, агрегатов фосфорита). Набор минералов во всех пробах достаточно однообразен и включает в себя турмалин, рутил, циркон и кианит, однако их соотношения изменяются по разрезу (рис. 3). В песчаниках из основания ундорской свиты доминирующим минералом является циркон. Выше по разрезу он сменяется рутилом, а затем кианитом. Содержание турмалина по всей свите примерно одинаково и составляет около 30%. Содержание кианита растет от 10% до 30% вверх по разрезу. Во всех пробах присутствуют единичные зерна граната.

Степень окатанности акцессорных минералов средневожских отложений варьирует в широких пределах. В промзинских глинах преобладают слабо- и полуокатанные зерна, в ундорских песчаниках увеличивается доля окатанных кристаллов.

Турмалин представлен слабоокатанными игольчатыми и призматическими кристаллами длиной до 0.15 мм (рис. 2). Цвет кристаллов буровато-зеленый, в них наблюдается сильный плеохроизм.

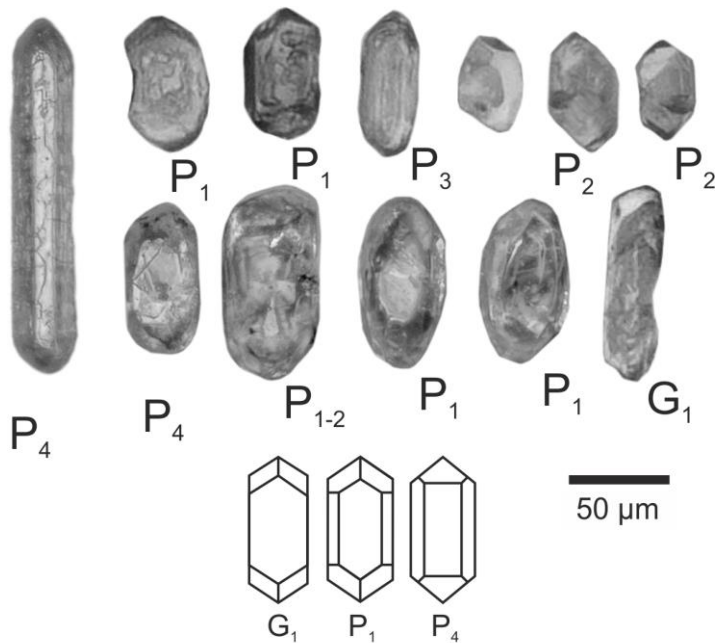


Рис. 4. Морфологические типы кристаллов циркона по [7]

Рутил встречается в виде слабоокатанных (реже окатанных) игольчатых кристаллов желтовато- и красно-коричневого цвета длиной до 0.2 мм и изредка в виде коленчатых двойников (рис. 2).

Циркон представлен бесцветными зернами размерами от 0.05×0.1 до 0.02×0.2 мм, среди которых выделяются более окатанные короткостолбчатые и менее окатанные «копьевидные» кристаллы (рис. 4).

Кианит присутствует в виде призматических бесцветных кристаллов с совершенной спайностью, размерам порядка 0.02×0.1 мм (рис. 2).

Апатит встречается в виде таблитчатых зерен округлой формы, бесцветных, часто мутных, с матовой поверхностью, размерами до 0.05×0.1 мм, иногда содержащих темные включения (рис. 2). В некоторых зернах можно различить следы их первичного гексагонального облика.

Гранат представлен изометричными окатанными зернами светло-коричневого цвета с жирным блеском, размерами порядка 0.1 мм.

Учитывая совместное присутствие во всех пробах акцессорных минералов разных парагенетических ассоциаций и разной степени окатанности, можно сделать вывод о поступлении терригенного материала в средневожский бассейн востока Русской плиты из нескольких источников. Окатанные зерна наиболее устойчивых минералов (ассоциация рутил – турмалин – циркон – гранат) связаны с рециклигом древних осадочных пород [8], скорее всего палеозойских отложений Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, а также Балтийского щита (рис. 5). Идиоморфные кристаллы циркона, рутила и других магматических минералов привносились из областей размыва интрузивных пород кристаллического фундамента и горно-складчатых сооружений: Воронежского кристаллического

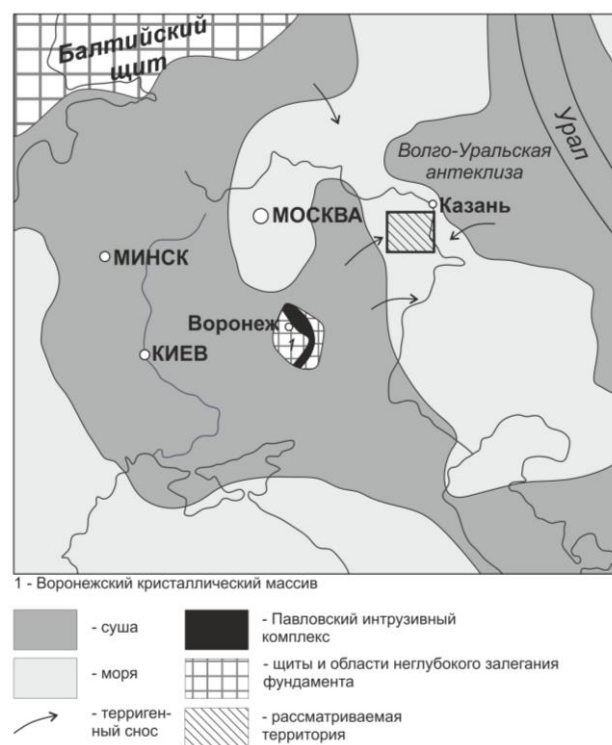


Рис. 5. Карта источников терригенного материала (на основе [9, 11])

массива (ВКМ) и Урала. Эти же области поставляли метаморфические минералы, в первую очередь кианит. Роль метаморфической составляющей в терригенном привносе росла от середины к концу средневожского времени.

Анализ морфологии слабоокатанных детритовых цирконов (рис. 4) показал, что все они относятся к подтипам P_1 , P_2 , P_3 , P_4 или G_1 по классификации Пупена [7]. Цирконы этих подтипов ассоциируют с граносиенитами и щелочными гранитами, кристаллизовавшимися в интервале температур от 600 °С до 750 °С. Основываясь на этих данных, можно предположить конкретные интрузивные комплексы, поставлявшие детритовые цирконы и другие магматические минералы в средневожский бассейн. Подходящим (но не единственным) кандидатом на эту роль выглядит нижнепротерозойский Павловский гранит-граносиенитовый комплекс, расположенный в пределах одноименного свода Воронежского кристаллического массива (рис. 5, а также [10, 11]). В позднеюрское время Павловский комплекс был перекрыт маломощным чехлом среднеюрских отложений [10] и, следовательно, мог быть подвержен размыву. В пользу гипотезы о поступлении материала из этой области говорят петрохимические особенности павловских гранитов. На TAS-диаграмме [11] они попадают в поле щелочных гранитов, что согласуется с результатами проведенного нами анализа цирконов. Кроме того, гранитоды Павловского комплекса характеризуются схожим со средневожскими отложениями распределением концентраций редкоземельных элементов, нормированных на хондрит (рис. 6).

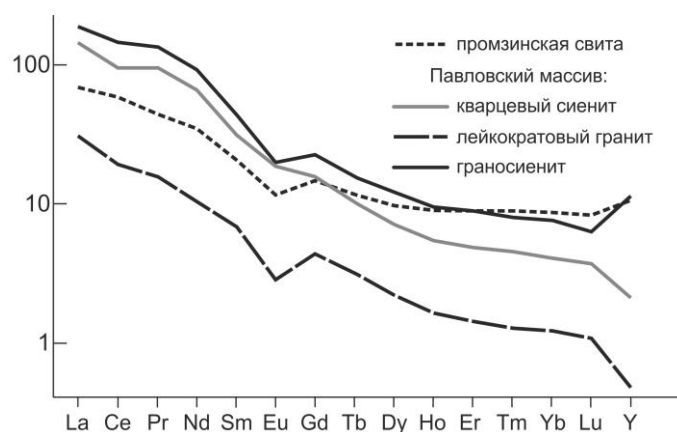


Рис. 6. Нормированные на хондрит [12] содержания редкоземельных элементов в промзинской свите и в породах Павловского граносиенитового комплекса (по [10])

3.2. Вулканический материал в средневожских отложениях. Вулканический материал в осадочных толщах, как правило, представлен вулканическими стеклами и «камуфлированной» пирокластикой, то есть продуктами постседиментационного преобразования пеплового материала. К этим продуктам относятся монтмориллонит, смешаннослойные образования, глауконит, палыгорскит и разнообразных цеолиты [13]. Первые сообщения о следах привноса пирокластике в средневожских отложениях востока Русской плиты относятся к 1967 г. [14]. Тогда в сланцах зоны *D. panderi* были обнаружены фрагменты вулканических стекол, а также свежие кристаллы пироксенов и амфиболов. Позднее пирокластический материал был выявлен в отложениях нефтематеринской баженовской свиты Западной Сибири [15] – хроностратиграфического аналога промзинской свиты.

Выявленные нами следы привноса вулканического материала в средневожских отложениях представлены, в первую очередь, гейландитом – каркасным силикатом из группы цеолитов. Гейландит в осадочных толщах, согласно [16], является продуктом преобразования пеплового материала в субщелочной среде морской воды. Содержание этого минерала в промзинских битуминозных сланцах из Татарско-Шатрашанской скважины составляет от 16% до 25% (рис. 7, а), то есть может достигать четверти объема породы. Агрегаты кристаллов гейландита были обнаружены также на электронно-микроскопических изображениях промзинских сланцев [17]. Выше и ниже по разрезу средневожского подъяруса скоплений цеолитов встречено не было. В [18] сообщается о присутствии гейландита в глинах верхней части зоны *panderi* разреза Городищи.

Еще одним свидетельством привноса вулканического материала является состав глинистой компоненты глин и битуминозных сланцев. Важную, а часто и доминирующую роль в нем играют смектит и смешаннослойные образования. Сумма содержаний этих двух компонентов, согласно результатам рентгенофазового анализа, варьирует от 20% до 27%. На электронно-микроскопических изображениях можно видеть, что хлопьевидный смектит слагает матрикс породы (рис. 7, б).

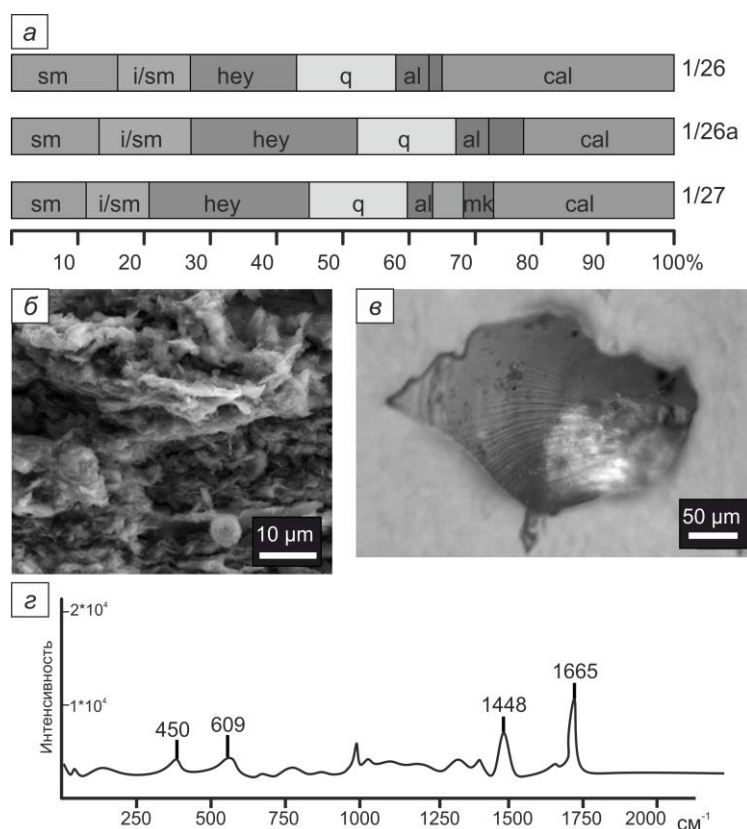


Рис. 7. *a* – результаты рентгенофазового анализа (sm – смектит, i/sm – иллит-смектит, hey – гейландит, q – кварц, al – альбит, mk – микроклин, cal – кальцит); *б* – смектитовый матрикс на электронно-микроскопическом изображении; *в* – фрагмент вулканического стекла; *г* – его рамановский спектр ([4] с дополнениями)

Непосредственным доказательством вулканического привноса служат фрагменты вулканических стекол в алевритовой фракции битуминозных сланцев (проба 1/261a, рис. 7. *в*). Выделенные из этой фракции пепловые частицы характеризуются изогнутой формой с остроугольными краями. Их размер составляет 0.1–0.2 мм, они бесцветны и прозрачны. Количественная интерпретация рамановских спектров (рис. 7, *г*) этих стекол по методу, описанному в [18], позволила установить, что содержание суммы оксидов $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ близко к 90%, то есть их состав лежит в диапазоне от среднего до кислого.

3.3. Источники пирокластики. Известно, что разгрузка пепловых облаков и накопление пирокластического материала может происходить на значительном расстоянии (несколько тысяч км [20]) от вулканически активных областей. Поскольку на основе имеющихся данных однозначно идентифицировать вулканические центры, поставившие пирокластический материал в средневожжский бассейн, затруднительно, можно лишь предположить несколько таких источников (рис. 8). Во-первых, это вулканические островные дуги северной окраины Тетиса (южное обрамление Русской плиты) – ближайшей к изучаемой территории области активного магматизма в поздней юре. Среди островных дуг Тетиса особо

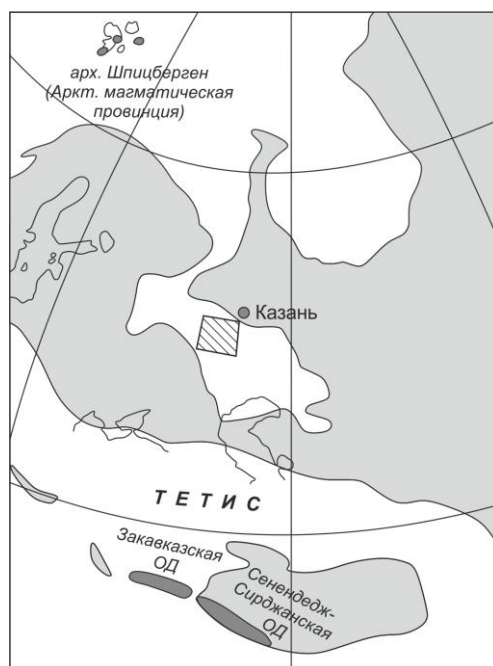


Рис. 8. Источники поступления пирокластики на восток Русской плиты в средневожское время (по [19])

стоит отметить Закавказскую (Малый Кавказ, Армения, Азербайджан) и Сенендедж-Сирджанскую (хр. Загрос, Центральный Иран), в составе которых присутствуют вулканиты титонского (\approx вожского) возраста [21]. Еще один вероятный источник пирокластики – Арктическая магматическая провинция. Радиометрические датировки долеритов архипелага Шпицберген [22] указывают на имевший место в поздней юре пик активности этой провинции.

Заключение

Терригенный материал поступал в средневожский бассейн востока Русской плиты из нескольких источников: палеозойского осадочного чехла Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, интрузивных пород Воронежского кристаллического массива, Урала, Балтийского щита и метаморфических пород тех же областей. Среди отдельных интрузивных комплексов, поставлявших магматические минералы, может быть выделен нижнепротерозойский Павловский гранитоидный массив ВКМ.

В качестве источников вулканогенного материала, представленного в средневожских отложениях вулканическими стеклами и продуктами их трансформации (гейландитом, монтмориллонитом и смешаннослойными образованиями), предложены две активные области: северная окраина Тетиса (Транскавказская и Сенендедж-Сирджанская островные дуги) и Арктическая магматическая провинция.

Для уточнения вышеприведенных выводов необходимо провести радиометрическую датировку как детритовых, так и пепловых цирконов из изученных разрезов и сопоставить результаты этой датировки с данными о возрасте вулканитов активных областей и интрузивных и метаморфических комплексов областей сноса.

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. Исследование является вкладом в Международный проект ЮНЕСКО и Союза геологических наук IGCP 739.

Литература

1. *Стародубцева И.А.* Эволюция взглядов на стратиграфию юры Центральной России (XIX – XX вв.). – М.: Науч. мир, 2006. – 212 с.
2. *Щенетова Е.В.* Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2011. – 27 с.
3. *Букина Т.Ф.* Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2013. – 129 с.
4. *Никашин К.И., Зорина С.О.* Вулканогенный материал в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях востока Русской плиты и его источники // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле. – 2021. – Т. 21, Вып. 1. – С. 49–57. – doi: 10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57.
5. *Зорина С.О., Никашин К.И., Сокерин М.Ю.* Литогеохимические индикаторы источников «камуфлированной» пирокластики в верхнеюрско-нижнемеловых отложениях востока Русской плиты // Докл. Рос. акад. наук. Науки о Земле. – 2020. – Т. 493, № 2. – С. 46–50. – doi: 10.31857/S2686739720080228.
6. *Митта В.В.* (отв. ред.). Унифицированная региональная стратиграфическая схема юрских отложений Восточно-Европейской платформы. – М.: Палеонтол. ин-т им. А.А. Борисяка, 2012. – 78 с.
7. *Pirip J.P.* Zircon and granite petrology // Contributions to mineralogy and petrology. – 1980. – V. 73. – P. 207–220. – doi: 10.1007/BF00381441.
8. *Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Геращенко И.Л., Окнова Н.С., Рожков Г.Ф.* Методы палеогеографических реконструкций (при поисках нефти и газа). – Л.: Недра, 1984. – 271 с.
9. *Сазонова И.Г., Сазонов Н.Т.* Палеогеография Русской платформы в юрское и раннемеловое время. – Л.: Недра, 1967. – 260 с. (Тр. ВНИГНИ. Вып. LXII)
10. *Ахмедов А.М., Клюев Н.К., Наумкин А.Н., Пронин В.Г., Стромов В.А.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист М-37 – Воронеж. Объяснительная записка. – СПб.: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 255 с.
11. *Никитин А.В., Ненахов В.М.* О происхождении гранитоидов Павловского комплекса и их структурных преобразованиях на стадии консолидированной коры // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2017. – № 3. – С. 46–60.
12. *Taylor S.R., McLennan S.M.* The Continental Crust; Its Composition and Evolution; an Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1985. – 328 p.
13. *Коссовская А.Г.* Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полезные ископаемые. – 1975. – № 2. – С. 23–44.

14. *Рентгартен Н.В., Кузнецова К.И.* Пирокластический материал в позднеюрских осадках Русской платформы // Докл. Акад. наук СССР. – 1967. – Т. 173, № 6. – С. 1422–1425.
15. *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., Arbutov 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 // *Mar. Pet. Geol.* – 2019. – V. 100. – P. 358–375. – doi: 10.1016/j.marpetgeo.2018.11.022.
16. *Hay R.L., Sheppard R.A.* Occurrence of zeolites in sedimentary rocks: An overview // *Rev. Mineral. Geochem.* – 2001. – V. 45, No 1. – P. 217–234. – doi: 10.2138/rmg.2001.45.6.
17. *Щенетова Е.В.* Палеоклиматические реконструкции по данным о распределении глинистых минералов в верхнеюрских отложениях Русской плиты: возможности и ограничения // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Третье Всерос. совещание: Науч. материалы. – Саратов: Изд. центр «Наука», 2011. – С. 257–259.
18. *Di Genova D., Morgavi D., Hess K., Newville D.R., Borovkov N., Perugini D., Dingwell D.B.* Approximate chemical analysis of volcanic glasses using Raman spectroscopy // *J. Raman Spectrosc.* – 2015. – V. 46, No 12. – P. 1235–1244. – doi: 10.1002/jrs.4751.
19. *Казьмин В.Г., Наманов Л.М.* (ред.). Палеогеографический Атлас Северной Евразии. – М.: Ин-т тектоники литосферных плит, 1998. – 26 л.
20. *Ram M., Gayley R.I.* Long-range transport of volcanic ash to the Greenland ice sheet // *Nature.* – 1991. – V. 394. – P. 401–404. – doi: 10.1038/349401a0.
21. *Rolland Y., Hässig M., Bosch D., 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 // *J. Geodyn.* – 2016. – V. 96. – P. 131–145. – doi: 10.1016/j.jog.2016.03.003.
22. *Буров Ю.П., Красильщиков А.А., Фирсов Л.В., Клубов Б.А.* Возраст долеритов Свальбарда (по радиологическим данным) // Геология Свальбарда: Сб. науч. тр. – Л.: Изд-во НИИГА, 1976. – С. 117–126.

Поступила в редакцию
27.06.2021

Никашин Константин Игоревич, аспирант кафедры палеонтологии и стратиграфии

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: kostya97@inbox.ru

Зорина Светлана Олеговна, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры палеонтологии и стратиграфии

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: svzorina@yandex.ru

**Sources of the Terrigenous and Volcanic Ash Material
in the Middle Volgian Deposits of the Eastern Russian Platform***K.I. Nikashin**, *S.O. Zorina****Kazan Federal University, Kazan, 420008 Russia*
E-mail: **kostya97@inbox.ru*, ***svzorina@yandex.ru*

Received June 27, 2021

Abstract

The current research aims to reconstruct sources of the rocks and pyroclastic input in the epeiric sea of the Eastern Russian Platform in the Latest Jurassic. Nine samples of the Volgian mudrocks, black shales, and sandstones from the Tatar Shatrashany borehole section and Gorodischi outcrop were investigated using the mineralogical, ICP-MS, XRD, electron microscopy, and Raman spectroscopy analyses. Accessory minerals of various mineral associations identified in sandstones indicate the input of terrigenous material from different sources. The Paleozoic deposits of the Volga-Ural and Voronezh Uplifts, igneous and metamorphic rocks of the Voronezh Crystalline Massive (including Pavlovsk granite complex), Ural Folding Region, and Baltic Shield were found to be the most likely sources. The morphology of zircons revealed their association with felsic alkaline rocks. Volcanic glasses and “camouflaged” pyroclastic material (heulandite, smectite, and mixed-layer mineral) were identified in mudrocks and black shales. The proportion of both smectite and mixed-layer mineral varies from 20% to 27% throughout the section, whereas the amount of heulandite reaches 25% in the Promzino black shales. The Raman spectroscopy analysis showed the intermediate-acid composition of volcanic glasses from the Promzino Formation. According to the results obtained in the study, volcanic arcs of the north margin of the Tethys and the High Arctic Large Igneous Province are the major sources of the pyroclastic material.

Keywords: Middle Volgian Substage, provenance analysis, camouflaged pyroclastic, zircon, Ulyanovsk-Saratov through, Voronezh crystalline massive, island arcs

Acknowledgments. This study was supported by the Kazan Federal University Strategic Academic Leadership Program, by the subsidy allocated to Kazan Federal University as part of state assignment no. 671-2020-0049 in the sphere of scientific activities, by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under contract no. 14.Y26.31.0029 in keeping with the RF Government Regulation no. 220. The paper is a contribution to the UNESCO-IUGS International Geoscience Program (IGCP project 739).

Figure Captions

- Fig. 1. Lithostratigraphy of the Middle Volgian deposits of the Gorodischi outcrop and Tatar Shatrashany borehole section with the sampling scheme.
- Fig. 2. Accessory minerals of the Middle Volgian deposits. Key: Ru – rutile, Tur – tourmaline, Ap – apatite, Ky – kyanite.
- Fig. 3. Results of the mineralogical analysis.
- Fig. 4. Morphology of zircon crystals according to [7].
- Fig. 5. Map of the terrigenous material sources (modified from [9, 11]).
- Fig. 6. Chondrite-normalized [12] concentrations of rare-earth elements in the Promzino Formation and in the Pavlovsk granite complex [10].

Fig. 7. *a* – results of the XRD-analysis (sm – smectite, *i/sm* – illite-smectite, hey – heulandite, q – quartz, al – albite, mk – microcline, cal – calcite); *b* – SEM-image showing smectite matrix; *c* – volcanic glass fragment; *d* – Raman spectrum of the volcanic glass particle ([4] with additions).

Fig. 8. Pyroclastic provenances on the Eastern Russian Platform in the Middle Volgian (modified from [19]).

References

1. Starodubtseva I.A. *Evolyutsiya vzglyadov na stratigrafiyu yury Tsentral'noi Rossii (XIX – XX vv.)* [Evolution of the Views on the Jurassic Stratigraphy of the Central Russia (19th–20th Centuries)]. Moscow, Nauchn. Mir, 2006. 212 p. (In Russian)
2. Shchepetova E.V. Sedimentology and geochemistry of the organic matter-rich horizons of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the Russian Platform. *Extended Abstract of Cand. Geol.-Mineral. Sci. Diss.* Moscow, 2011. 27 p. (In Russian)
3. Bukina T.F. *Sedimentogenez i rannii litogenez verkhneyurskikh slantsenosnykh otlozhenii tsentral'noi chasti Volzhskogo basseina* [Sedimentogenesis and Early Lithogenesis of the Upper Jurassic Shale-Bearing Deposits of the Central Part of the Volga Basin]. Saratov, Izd. Sarat. Univ., 2013. 129 p. (In Russian)
4. Nikashin K.I., Zorina S.O. Volcanogenic material in the Upper Jurassic-Lower Cretaceous deposits of the Eastern Russian Platform and its sources. *Izv. Sarat. Univ. Nov. Ser. Ser.: Nauki Zemle*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 49–57. doi: 10.18500/1819-7663-2021-21-1-49-57. (In Russian)
5. Zorina S.O., Nikashin K.I., Sokerin M.Y. Geochemical indicators of “camouflaged” pyroclastic material in the Upper Jurassic-Lower Cretaceous deposits of the Eastern Russian Platform. *Dokl. Earth Sci.*, 2020, vol. 493, no. 2, pp. 608–611. doi: 10.1134/S1028334X2008022X.
6. Mitta V.V. (Ed.) *Unifitsirovannaya regional'naya stratigraficheskaya skhema yurskikh otlozhenii Vostochno-Evropaiskoi platformy* [Unified Regional Stratigraphic Scheme of the Jurassic of the East European Platform]. Moscow, Paleontol. Inst. im. A.A. Borisyaka, 2012. 78 p. (In Russian)
7. Pupin J.P. Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1980, vol. 73, pp. 207–220. doi: 10.1007/BF00381441.
8. Grossgeim V.A., Beskrovnaya O.V., Gerashchenko I.L., Oknova N.S., Rozhkov G.F. *Metody paleogeograficheskikh rekonstruktsii (pri poiskakh nefi i gaza)* [Methods of Paleogeographic Reconstructions (in Oil and Gas Exploration)]. Leningrad, Nedra, 1984. 271 p. (In Russian)
9. Sazonova I.G., Sazonov N.T. *Paleogeografiya Russkoi platformy v yurskoe i rannemelovoe vremya* [Paleogeography of the Russian Platform in the Jurassic and Early Cretaceous]. Leningrad, Nedra, 1967. 260 p. Tr. VNIGNI. No. LXII. (In Russian)
10. Akhmedov A.M., Klyuev N.K., Naumkin A.N., Pronin V.G., Stromov V.A. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (3rd Generation). Ser. Central-European. Sheet M-37. Voronezh. Explanatory Note. St. Petersburg, VSEGEI, 2011. 255 p. (In Russian)
11. Nikitin A.V., Nenakhov V.M. Peculiarities of the process of granitization and structural transformations in Pavlovsk uplift. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ. Ser. Geol.*, 2017, no. 3, pp. 46–60. (In Russian)
12. Taylor S.R., McLennan S.M. *The Continental Crust; Its Composition and Evolution; an Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks*. Oxford, Blackwell Sci. Publ., 1985. 328 p.
13. Kossovskaya A.G. Genetic types of zeolites in stratified formations. *Litol. Polezn. Iskop.*, 1975, no. 2, pp. 23–44. (In Russian)
14. Rentgarten N.V., Kuznetsova K.I. Pyroclastic material in the Later Jurassic deposits of the Russian Platform. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1967, vol. 173, no. 6, pp. 1422–1425. (In Russian)
15. 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., Arbutov 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. *Mar. Pet. Geol.*, 2019, vol. 100, pp. 358–375. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2018.11.022.
16. Hay R. L., Sheppard R.A. Occurrence of zeolites in sedimentary rocks: An overview. *Rev. Mineral. Geochem.*, 2001, vol. 45, no. 1, pp. 217–234. doi: 10.2138/rmg.2001.45.6.

17. Shchepetova E.V. Paleoclimatic reconstructions using the data on distribution of clay minerals in the Upper Jurassic deposits of the Russian Platform: Capabilities and limitations. *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. Tret'e Vserossiiskoe soveshchanie: nauchnye materialy* [Jurassic System of Russia: Problems of Stratigraphy and Paleogeography. Proc. Third All-Russ. Meet.]. Saratov, Izd. Tsentr "Nauka", 2011, pp. 257–259. (In Russian)
18. 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. *J. Raman Spectrosc.*, 2015, vol. 46, no. 12, pp. 1235–1244. doi: 10.1002/jrs.4751.
19. Kaz'min V.G., Natapov L.M. (Eds.) *Paleogeograficheskii Atlas Severnoi Evrazii* [Paleogeographic Atlas of the Northern Eurasia]. Moscow, Inst. Tekton. Litosfernykh Plit, 1998. 26 sh. (In Russian)
20. Ram M., Gayley R.I. Long-range transport of volcanic ash to the Greenland ice sheet. *Nature*, 1991, vol. 394, pp. 401–404. doi: 10.1038/349401a0.
21. Rolland Y., Hässig M., Bosch D., 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. *J. Geodyn.*, 2016, vol. 96, pp. 131–145. doi: 10.1016/j.jog.2016.03.003.
22. Burov Yu.P., Krasil'shchikov A.A., Firsov L.V., Klubov B.A. The age of dolerites of the Svalbard (according to the radiometric data). In: *Geologiya Sval'barda* [Geology of Svalbard], Leningrad, Izd. NIIGA, 1976, pp. 117–126. (In Russian)

Для цитирования: Никашин К.И., Зорина С.О. Источники терригенного и пеплового материала в средневожских отложениях востока Русской плиты // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т. 163, кн. 3. – С. 500–513. – doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.500-513.

For citation: Nikashin K.I., Zorina S.O. Sources of the terrigenous and volcanic ash material in the Middle Volgian deposits of the Eastern Russian Platform. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2021, vol. 163, no. 3, pp. 500–513. doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.500-513. (In Russian)