

УДК 550.4

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УРЖУМСКОГО ЯРУСА ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ЭТАЛОННОГО РАЗРЕЗА

Р.Р. Хазиев, Г.А. Кринури, Н.Г. Нурғалиева, Б.И. Гареев, Г.А. Баталин

Аннотация

В работе рассмотрен генезис глинистых отложений уржумского яруса по данным рентгено-флуоресцентного анализа образцов из эталонного разреза. Установлена особая специфика бассейна осадконакопления в уржумский век, выражающаяся в реализации низкотемпературной трансформации смектита в другие слоистые структуры благодаря аридному климату, характерному составу пород источников сноса, резкой и быстрой смене геохимических параметров бассейна осадконакопления (вариации содержания Mg^{2+}) и терригенному материалу, содержащему полевые шпаты в количестве, достаточном для обогащения осадков ионами Al^{3+} и K^+ за счет биокосных процессов на стадии диагенеза.

Ключевые слова: пермская система, рентгено-флуоресцентный анализ, генезис глинистых отложений.

Введение

Пермские отложения выходят на территории Республики Татарстан на дневную поверхность в виде естественных обнажений и доступны для изучения. Наибольший интерес для геологов представляют стратотипы и эталонные разрезы, так как они являются наиболее полными по мощности и сохранности. По ним возможно получение комплекса данных о строении и условиях формирования пермских отложений. Одним из них является волжский разрез уржумских и татарских отложений в овраге Монастырский в районе с. Монастырское. В состав разреза входят пять свит, выделенных Н.Н. Форшем, О.А. Мануйленко в 1938 г. Такое стратиграфическое расчленение было развито в работах [1–3]. В ранних схемах все пять свит рассматривались как татарские отложения. В настоящее время первая и вторая свиты включены в состав уржумского яруса [4].

Состав породообразующих минералов и геохимические особенности толщи, изученные в работах [5–7], указывают на то, что нижняя часть пород первой свиты (мощность до 10 м) сформировалась в условиях изолированного солоноватого бассейна. «Немые» в палеонтологическом смысле доломитовые и мергельные прослои, как и прослои палыгорскита, объясняются кратковременными повышениями солености бассейна, затруднявшими условия существования биоценозов. Однако к концу времени накопления отложений первой свиты соленость бассейна упала, и условия стали благоприятными для развития биоты, что подтверждается находками в отложениях остатков ракообразных и чешуй рыб [8]. Вторая свита как в литологическом, так и в геохимическом отношении имеет более

разнообразный состав по сравнению с первой. Изменения в составе горных пород указывают на их формирование в солоноватом морском бассейне, где в результате осолонения происходило циклическое формирование карбонатных осадков, чередовавшихся с глинисто-алевритовыми осадками, накапливавшимися в условиях опреснения.

Пермские глинистые отложения часто окрашены в красные цвета благодаря присутствию тонко рассеянных оксидов железа за счёт процессов окисления, а также в результате жизнедеятельности различных организмов [9, 10].

Уржумские отложения изучались в эталонном разрезе Черемушка методом рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) и методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [11]. Были выделены геохимические зоны и циклы, связанные со сменой режима солености вод и усиления доминанты континентальных обстановок осадконакопления в условиях аридного климата.

При аридном литогенезе большую роль в формировании минерального состава глин могут играть преобразования в свежем осадке биохимической природы, а не механизмы образования коры выветривания. Термодинамика, задающая зональность коры выветривания, не допускает присутствия любых метастабильных фаз, включая прежде всего смешанослойные минералы [12]. Источником тонкодисперсной компоненты осадочных пород могут являться не коры выветривания, а перекрывающие их почвы, даже если они полностью смываются и переносятся в бассейн [13]. Дальнейший структурный облик минералов глин формируется в основном не процессами выветривания, а явлением трансформации смектита в метастабильные смешанослойные фазы.

Уникальность уржумских отложений заключается в том, что их накопление определялось либо усилением связи с открытым морем, обогащающей систему ионами K^+ , либо эвапоритизацией бассейна осадконакопления, сопровождаемой ростом концентрации ионов Mg^{2+} .

Целью настоящей работы является изучение «тройной системы» глинистых отложений уржумского возраста, включающей приток пресных вод и соотношение концентраций калия и магния.

Объект исследования

Построение литолого-стратиграфической колонки уржумского яруса в овраге Монастырский основано на детальном описании разреза, которое представлено в [14], а также на исследовании коллекции образцов, уровни отбора которых показаны на рис. 1.

Первая свита обнажается на правом борту оврага, где образуются серии крутых стенок. Мощность её составляет примерно 45 м. Свита представлена ритмичным переслаиванием красноцветных глинистых, глинисто-карбонатных и песчано-алевритовых отложений с прослоями известняков и доломитов, в верхней её части присутствуют прослои палыгорскита. В нижней части свита представлена толщей, по большей части загипсованной с многочисленными прослоями доломитовых мергелей; в верхней части свита более однородна по литологическому составу: здесь также наблюдается чередование карбонатно-глинистых пород с прослоями палыгорскита. Характерной особенностью этой свиты является практическое отсутствие слоёв, содержащих фаунистические остатки.

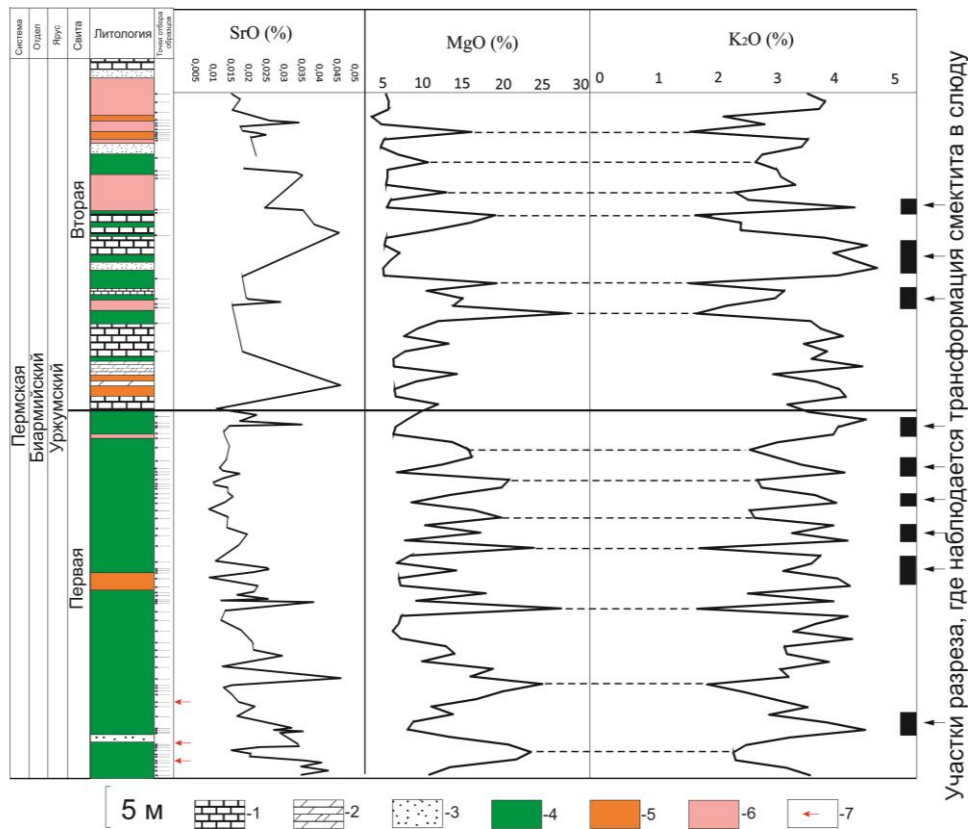


Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез уржумского яруса в овраге Монастырский с указанием точек отбора проб, кривыми вариаций содержаний оксидов стронция, калия и магния. Условные обозначения: 1 – известняки, 2 – мергели, 3 – пески и песчаники, 4 – глины, 5 – алевролиты, 6 – педогенные уровни, 7 – прослой палыгорскита

Вторая свита обнажается аналогично первой в правом отвержке оврага, а также в различных частях тальвега оврага. Мощность составляет 36 м. Её нижняя граница проводится по кровле розовато-серого доломитового мергеля, отнесенного к первой свите. Отличительной особенностью второй свиты является более высокое содержание карбонатных пород и четко выраженная цикличность, проявляющаяся в залегании трех глинисто-карбонатных пачек (в основании, середине и кровле свиты), четко отделенных друг от друга пачками песчано-глинистых пород. Пачки второй свиты уверенно сопоставляются по фаунистическим остаткам с пачками ишеевской свиты разреза оврага Черемушка, где разрез представлен переслаиванием кирпично-красных глин, состоящих из смешанослойных фаз с участием смектита; алевролита с чешуйками слюды и зёрнами плагиоклаза; доломитовых мергелей, содержащих фазу иллит-смектит; а также с остатками рыб в 7 м выше кровли.

Наиболее распространенными типами пород в изученном разрезе служат глинистые отложения (рис. 1). Таким образом, разрез является статистически достоверным объектом для изучения гипотезы «тройной системы».

Методика исследования

По разрезу было отобрано 92 образца (рис. 1) из существенно глинистых слоёв; из них 64 образца из отложений первой свиты и 28 образцов из отложений второй свиты (из них 17 приходится на педогенные уровни, остальные 11 – на осадочные глины).

Для получения данных элементного состава и расчёта литохимических модулей использован метод РФА. Валовый химический полуколичественный анализ образцов проводился на рентген-флуоресцентном энергодисперсионном спектрометре S2 Ranger (Bruker ASX). В качестве источника рентгеновского излучения служила Pd-трубка, в качестве регистрирующего устройства применен кремниевый дрейфовый детектор.

Для получения точных результатов образец формировался в специальную таблетку с очень ровной поверхностью. Для этого образец измельчался в планетарной мельнице в течение 5 мин до частиц размером около 40–50 мкм. Далее образец спрессовывался с борной кислотой на прессе с усилием 20 т, что позволяло получить таблетку с очень ровной поверхностью. Далее таблетка помещалась в прибор для анализа.

Результаты измерения отражались в виде процентного содержания элементов либо в пересчете на их оксиды в диапазоне концентраций от 100% до ppm-уровня.

Были получены данные по содержанию 45 оксидов элементов, из которых для решения поставленных задач были использованы данные по содержанию десяти наиболее важных компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 , SrO).

Результаты и их обсуждение

Прежде всего необходимо было установить степень однородности для поступающего в бассейн седиментации материала. Использовались диаграммы $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, которые должны реагировать на масштабное изменение источников сноса (рис. 2), данные измерений это не подтверждают. Отложения первой и второй свит сформировались во внутриконтинентальном бассейне с единственной, относительно постоянной областью питания, что подтверждается в работе [15]. Формально отложения могут быть отнесены к пассивной континентальной окраине с возможным присутствием пирокластики (рис. 2).

Далее требовалось установить преобладающий общий источник глины. Как видно из рис. 3, источником были коры выветривания по мафитам Урала. Они обычно продуцируют в виде стабильных минералов железистый смектит (близкий нонтрониту) и Fe–Mg-хлорит.

На спайдер-диаграммах нормированного содержания породообразующих оксидов (рис. 4) видно, что максимальные колебания значений этого параметра в образцах обеих свит, а также в педогенных уровнях приходится на оксиды кальция и магния, что легко объяснимо осаждением или растворением аутигенных карбонатов. В отложениях второй свиты отмечается повышенное содержание оксида фосфора по сравнению с отложениями первой свиты.

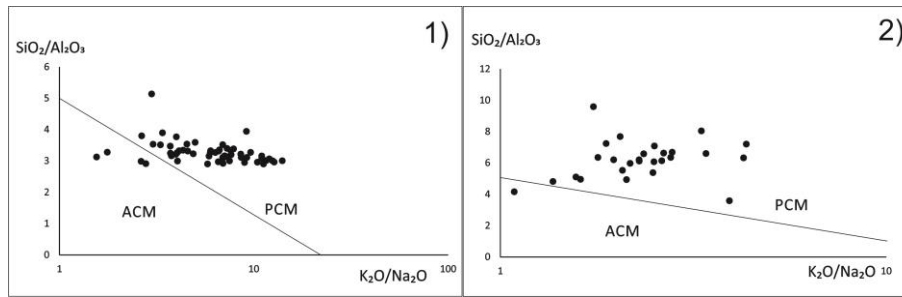


Рис. 2. Диаграммы отношений K_2O/Na_2O и SiO_2/Al_2O_3 для глинистых пород: 1) первой свиты; 2) второй свиты (вместе с педогенными уровнями). Разделительная линия на диаграммах между активной континентальной окраиной (active continental margin – ACM) и пассивной континентальной окраиной (passive continental margin – PCM) построена по данным [16, 17]

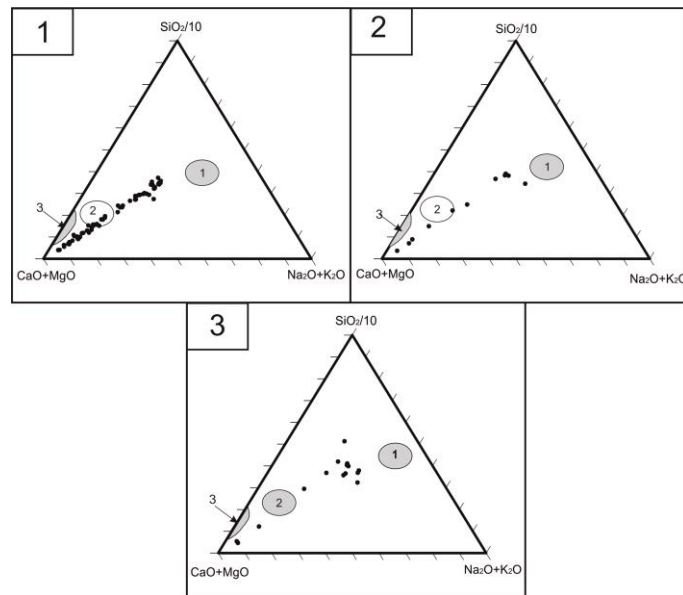


Рис. 3 Диаграммы, построенные согласно [18] с целью реконструкции источников сноса для глинистых пород: 1) первой свиты 2) второй свиты 3) педогенных уровней второй свиты. Источники сноса: 1 – граниты, 2 – базальты, 3 – ультрамафиты

Согласно данным изучения глинистых отложений предыдущих исследований исследователей, отложения первой и второй свиты имеют в основном иллит-сметитовый состав; алевроитовые сложены зернами кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата и пластинками мусковита. На плот-диаграмме А – CN – К по данным [20] выводы подтверждаются (рис. 5). Поскольку каолинит и минералы свободного глинозёма не типичны для аридного литогенеза и никогда не фиксировались в красноцветной пермской толще, наличие Mg и Fe в расчёты не принималось, ход зависимостей на рис. 5 в значительной степени отражает изменения содержаний иллита по отношению к смектиту. На такую зависимость может влиять примесь аллотигенного калиевого полевого шпата, чем действительно можно объяснить разброс значений на локальных участках кривых 2 и 3 (рис. 5).

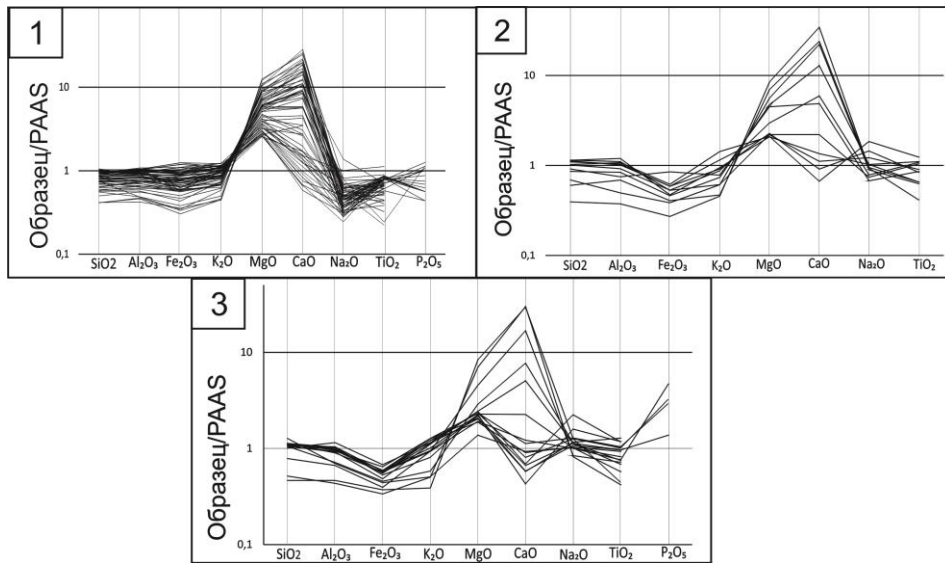


Рис. 4. Спайдер-диаграммы нормированного содержания породообразующих оксидов к ПААС (Post Archean Australian Average Shale – постархейский австралийский средний сланец): 1) для отложений первой свиты; 2) для отложений второй свиты; 3) для педогенных уровней второй свиты. Данные содержания ПААС взяты из [19]

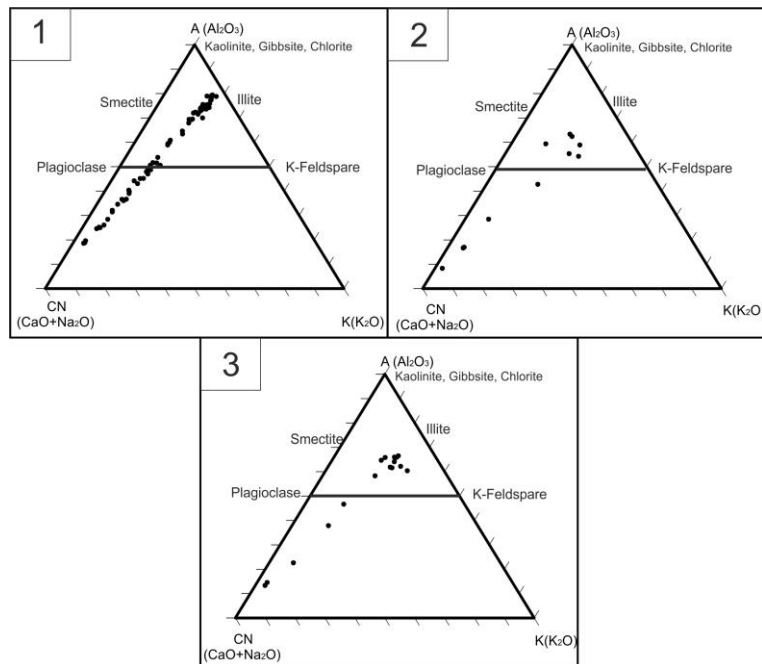


Рис. 5. Плот-диаграммы А – CN – К, отражающие минеральный состав глин и алевролитов: 1) первой свиты; 2) второй свиты; 3) почвенных горизонтов второй свиты

Но этот фактор не является существенным для остальной части разреза. В противном случае отношение общего содержания щелочей к кремнезёму (рис. 3) не могло оставаться линейным для преобладающей части объектов. Таким образом, наблюдается процесс прямой низкотемпературной иллитизации смектита

в слаболитифицированном осадке за счёт резкой смены величины и знака редокс-потенциала иловых вод при смене биоценоза [21].

Интенсивность процесса в условиях аридного литогенеза определяется гидрохимией иловых вод, она в известной мере задаётся объёмами пресного стока в данный участок бассейна за определённое время. В разрезе будут наблюдаться вариации доли слюдяной компоненты в смешанослойной фазе иллит-сметит, изменения количества K^+ , фиксируемого пакетами новообразованной слюды синхронно с частичной заменой Si^{4+} на Al^{3+} в тетраэдрических сетках слоёв 2 : 1. Источником свободного глинозёма тогда становятся продукты биохимического разложения полевых шпатов [21]. Аналогичные явления наблюдались в свежих осадках озера Хубсугул, Монголия [22].

При смене знака редокс-потенциала сохранение сеток из молекул H_2O в межслоевом пространстве сметита станет физически невозможным. При относительном дефиците K^+ в системе лабильные межслоевые промежутки частично могут необратимо фиксировать другой катион, прежде всего Mg^{2+} в виде сеток $Mg(OH)_2$ с образованием смешанослойных фаз типа иллит-хлорит. Возможность реализации такого процесса подтверждает синхронное снижение концентрации Mg^{2+} при увеличении содержания в растворе K^+ (рис. 1). Аналогичная картина наблюдается в пачке «зеленых глин» разреза Черемушка [23, 24]. При этом вариации фиксируемых значений магния и стронция на значительной части разреза не совпадают. Следовательно, необратимой фиксации Sr^{2+} межслоевым пространством сметита не происходит. Но при высокой доле разбухающих пакетов в смешанослойной фазе Mg^{2+} и Sr^{2+} могут входить в состав обменного комплекса компоненты сметита [25], что также отражается на рис. 1.

На рис. 1 отмечены также вероятные зоны преобладания трансформации сметита в компоненту слюды по вариациям значений K_2O либо в компоненту хлорита по MgO . Нарушения линейности зависимостей, представленных на рис. 3 и 5, легко объяснимы двумя причинами: во-первых, увеличением обломочной составляющей, содержащей полевые шпаты; во-вторых, спецификой процессов педогенеза в зонах развития погребённых почв, где концентрации калия и глинозёма сильно варьируют в зависимости от принадлежности объекта к определённому почвенному горизонту.

Заключение

Как следует из рассмотренных материалов, бассейн, в котором образовались изученные отложения, являлся в геохимическом плане весьма специфичным. Сама низкотемпературная трансформация сметита в другие слоистые структуры, судя по литературным данным, фиксировалась крайне редко и касалась только иллитизации. Возможность образования таким путём структур типа 2 : 1 : 1 ранее не выявлялась. Для реализации всех установленных явлений необходимо выполнение следующих условий.

Во-первых, должен существовать ярко выраженный аридный литогенез, при котором в бассейн седиментации сносится дисперсный материал, неравновесный с иловыми водами, а органическое вещество сохраняется от окисления на континенте, обеспечивая интенсивное развитие микрофлоры в слабоконсолидированном осадке.

Во-вторых, в источниках сноса должны преобладать породы, образующие при гипергенезе минералы из группы смектитов, которые будут преобладать и в осадке.

В-третьих, должны выполняться условия, обеспечивающие резкие и быстрые изменения гидрохимических параметров бассейна. К ним относится периодическое восстановление связи с мировым океаном или временное повышение концентрации Mg^{2+} за счёт интенсификации испарения либо притока вод из нижележащих пород, образованных в эвапоритовых обстановках.

В-четвёртых, сносимый в бассейн терригенный материал должен содержать и некоторое количество полевых шпатов, достаточное для обогащения системы ионами Al^{3+} и K^+ за счёт биохимических (биокосных) процессов на стадии диагенеза. В противном случае, если глинистый материал образовался за счёт преотложения возникших ранее осадков, то вместо трансформации смектита при высокой концентрации Mg^{2+} произойдёт прямой синтез палыгорскита [26], что и наблюдается в рассматриваемом разрезе.

Очевидно, что совместное выполнение всех названных условий, которые в полной мере реализовались на изученном объекте, для большинства осадочных толщ являются скорее исключением, чем правилом. Намного чаще иллитизация смектита наблюдается у пород, находящихся на стадии катагенеза, и трактуется как результат повышения пластовых температур и давлений.

Литература

1. Геология Приказанского района. Путеводитель по полигонам учебных геологических практик / Науч. ред. А.И. Шевелев. – Казань: Новое знание, 2007. – 208 с.
2. Гусев А.К. Татарский ярус // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья. – Казань: Экоцентр, 1996. – С. 131–141.
3. Форш Н.Н. О стратиграфическом расчленении и корреляции разрезов татарского яруса востока русской платформы по комплексу литолого-стратиграфических, палеомагнитных и палеонтологических данных // Труды ВНИГРИ. – Л.: Гостоптехиздат, 1963. – Вып. 204. – С. 175–211.
4. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника / Под ред. Б.В. Бурова. – М.: ГЕОС, 2003. – 403 с.
5. Игнатьев В.И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы. – Казань. Изд-во: Казан. ун-та, 1962. – 337 с.
6. Миропольский Л.М. Топогеохимическое исследование пермских отложений в Татарии. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 264 с.
7. Сементовский Ю.В. Условия образования месторождений минерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы. – Казань: Тат. кн. изд-во, 1973. – 255 с.
8. Силантьев В.В., Есин Д.Н. Опорный разрез татарского яруса в Монастырском овраге // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4: Геология. – 1993. – № 4. – С. 38–48.
9. Лахи Ф.Х. Полевая геология: в 2 т. – М.: Мир, 1966. – Т. 1. – 481 с.
10. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
11. Nurgalieva N.G., Khaziev R.R., Gareev B.I., Batalin G.A. Urzhumian Stage in Geochemical Variations // ARPN J. Eng. Appl. Sci. – 2014. – V. 9, No 5. – P. 757–764.

12. *Кашик С.А.* Формирование минеральной зональности в корах выветривания. – Новосибирск: Наука, 1989. – 161 с.
13. *Velde B., Meunier A.* The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. – 426 p.
14. *Арефьев М.П., Силантьев В.В.* Седиментологические и геохимические критерии выделения цикличности в эталонном разрезе уржумского и северодвинского яруса «Монастырский овраг» (Казанское поволжье) // Материалы 10-го Уральского литолог. совещ. «Виртуальные и реальные литологические модели». – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. – С. 18–20.
15. *Тихвинская Е.И.* Основы палеогеографии Востока Русской платформы в верхнепермское время // Докл. АН СССР. – 1949. – Т. 64, № 2. – С. 233–236.
16. *Roser B.P., Korsch R.J.* Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. – 1986. – V. 94, No 5. – P. 635–650.
17. *Ghosh S., Sarkar S.* Geochemistry of Permo-Triassic mudstone of the Satpura Gondwana basin, central India: Clues for provenance // Chem. Geol. – 2010. – V. 277, Nos 1–2. – P. 78–100. – doi: 10.1016/j.chemgeo.2010.07.012.
18. *Летникова Е.Ф.* Геохимические типы карбонатных отложений южного обрамления Сибирской платформы: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Новосибирск, 2008. – 39 с.
19. *Nagarajan R., Madhavaraju J., Nagendra R., Armstrong-Altrin J.S., Moutte J.* Geochemistry of Neoproterozoic shales of the Rabanpalli Formation, Bhima Basin, Northern Karnataka, southern India: implications for provenance and paleoredox conditions // Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. – 2007. – V. 24, No 2. – P. 150–160.
20. *Nesbitt H.W.* Petrogenesis of siliciclastic sediments and sedimentary rocks // Lentz R.D. (Ed.) Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral-deposit-forming Environments. – Saint Johns, Canada: Geological Association of Canada GEOText. – 2003. – V. 4. – P. 39–51.
21. *Кринари Г.А., Храменков М.Г.* Иллитизация смектита как биокосный процесс // Докл. РАН. – 2005. – Т. 403, № 5. – С. 664–669.
22. *Солотчина Э.П.* Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочных разрезов и кор выветривания. – Новосибирск: Гео, 2009. – 234 с.
23. *Кринари Г.А.* Седиментационная цикличность и вопросы дробной стратификации. // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Приказанского района: Материалы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». – М.: ГЕОС, 1998. – С. 76–80.
24. *Кринари Г.А.* Палеогеография татарского бассейна в районе парастратотипа по литолого-минералогическим данным // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Приказанского района: Материалы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». – М.: ГЕОС, 1998. – С. 80–84.
25. *Юдович Э.Я., Майдль Т.В., Иванова Т.И.* Геохимия стронция в карбонатных отложениях. – Л.: Наука, 1980. – 152 с.
26. *Кринари Г.А., Ольнева Т.В., Седов С.Н.* Дисперсные силикаты в изолированных опреснённых бассейнах аридных зон и седиментационная цикличность // Литология и полезные ископаемые. – 1999. – № 3. – С. 27–37.

Поступила в редакцию
06.04.15

Хазиев Радмир Римович – аспирант кафедры геологии нефти и газа, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *radmir361@mail.ru*

Кринари Георгий Александрович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и литологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

Нурғалиева Нурия Гавазовна – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии нефти и газа, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Nurgal07@mail.ru*

Гареев Булат Ирекович – ассистент кафедры геофизики и геоинформационных технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

Баталин Георгий Александрович – инженер-проектировщик НИЛ палеомагнетизма и магнетизма горных пород кафедры геофизики и геоинформационных технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

* * *

SOME ASPECTS CONCERNING THE FORMATION OF CLAYEY SEDIMENTS OF THE URZHUMIAN STAGE BY THE GEOCHEMICAL DATA ON THE REFERENCE SECTION

R.R. Khaziev, G.A. Krinari, N.G. Nurgalieva, B.I. Gareev, G.A. Batalin

Abstract

This paper considers the genesis of clayey sediments of the Urzhumian stage (the Middle Permian) by the XRF data on samples from the reference section. It was revealed that clayey sediments were formed as a result of the low temperature transformation of smectite into other phyllosilicates, which occurred during the Urzhumian stage due to the arid climate, specific composition of provenance rocks, sharp and rapid changes in the hydrochemical composition of the sedimentation basin (variation in Mg^{2+}), and terrigenous flows containing feldspars in the amount sufficient for enrichment of the sediments with Al^{3+} and K^+ through the bioinert processes at the stage of diagenesis.

Keywords: Permian system, XRF analysis, genesis of clayey sediments.

References

1. Geology of the Prikazansky Region. Guide to the Grounds of Geological Practices. Shevelev A.I. (Ed.). Kazan, Novoe Znanie, 2007. 208 p. (In Russian)
2. Gusev A.K. Tatarian stage. *Stratotipy i opornye razrezy verkhnei permi Povolzh'ya i Prikm'ya* [Stratotypes and Basic Sections of the Upper Permian in the Volga Region and Prikamye]. Kazan, Ekotsentr, 1996, pp. 131–141. (In Russian)
3. Forsh N.N. On stratigraphic partition and correlation of the sections of the Tatarian stage in the east of the Russian Platform based on the complex of lithologic and stratigraphic, paleomagnetic, and paleontologic data. *Tr. Vses. Neft. Nauchno-Issled. Geologorazved. Inst.*, Leningrad, Gostoptekhizdat, 1963, vol. 204, pp 175–211. (In Russian)
4. Geology of Tatarstan: Stratigraphy and Tectonics. Burov B.V. (Ed.). Moscow, GEOS, 2003. 403 p. (In Russian)
5. Ignat'ev V.I. Tatarian Stage of the Central and Eastern Regions of the Russian Platform. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1962. 337 p. (In Russian)
6. Miropol'skii L.M. Topogeochemical Research on the Permian Deposits in Tataria. Moscow, Izd. Akad. Nauk SSSR, 1956. 264 p. (In Russian)
7. Sementovskii Yu.V. Conditions of Formation of Mineral Deposits during the Late Permian Era in the East of the Russian Platform. Kazan, Tatar. Kn. Izd., 1973. 255 p. (In Russian)

8. Silantiev V.V., Esin D.N. The reference section of the Tatarian stage in the Monastyrskii Ravine. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 4: Geol.*, 1993, no. 4, pp. 38–48. (In Russian)
9. Lakhi F.Kh. Field Geology (2 Vols.), vol. 1. Moscow, Mir, 1966. 481 p. (In Russian)
10. Maslov A.V. Sedimentary Rocks: Methods of Studying and Interpretation of the Obtained Data. Yekaterinburg, Izd. UGGU, 2005. 289 p. (In Russian)
11. Nurgalieva N.G., Khaziev R.R., Gareev B.I., Batalin G.A. Urzhumian stage in geochemical variations. *ARN J. Eng. Appl. Sci.*, 2014, vol. 9, no. 5, pp. 757–764.
12. Kashik S.A. Development of Mineral Zonality in Waste Mantels. Novosibirsk, Nauka, 1989. 161 p. (In Russian)
13. Velde B., Meunier A. The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. Berlin, Heidelberg, Springer, 2008. 426 p.
14. Aref'ev M.P., Silantiev V.V. Sedimentological and geochemical criteria for allocation recurrence in the reference section of Urzhumian and Severodvinsk stages "Monastyrskii Ravine" (Kazan Volga Region). *Materialy 10-go Ural'skogo litolog. soveshch. "Virtual'nye i real'nye litologicheskie modeli"* [Proc. 10th Ural Lithol. Meet. "Virtual and Real Lithologic Models"]. Yekaterinburg, IGG Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2014, pp. 18–20. (In Russian)
15. Tikhvinskaya E.I. Fundamentals of paleogeography of the east of the Russian Platform in the Upper Permian time, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1949, vol. 64, no. 2, pp. 233–236. (In Russian)
16. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *J. Geol.*, 1986, vol. 94, no. 5, pp. 635–650.
17. Ghosh S., Sarkar S. Geochemistry of Permo-Triassic mudstone of the Satpura Gondwana basin, central India: Clues for provenance. *Chem. Geol.*, 2010. vol. 277, nos. 1–2, pp. 78–100. doi: 10.1016/j.chemgeo.2010.07.012.
18. Letnikova E.F. Geochemical types of carbonate deposits of the southern framing of the Siberian Platform. *Extended Abstract of Cand. Geol.-Mineral. Sci. Diss.* Novosibirsk, 2008. 39 p. (In Russian)
19. Nagarajan R., Madhavaraju J., Nagendra R., Armstrong-Altrin J.S., Moutte J. Geochemistry of Neoproterozoic shales of the Rabanpalli Formation, Bhima Basin, Northern Karnataka, southern India: implications for provenance and paleoredox conditions. *Rev. Mex. Cienc. Geol.*, 2007, vol. 24, no. 2, pp. 150–160.
20. Nesbitt H.W. Petrogenesis of siliciclastic sediments and sedimentary rocks. *Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral-Deposit-Forming Environments*, vol. 4. Lentz R.D. (Ed.). Saint-Jones, Canada, Geol. Assoc. Canada GEOText, 2003, pp. 39–51.
21. Krinari G.A., Khranchenkov M.G. Smectite illitization as bioinert process. *Dokl. Ross. Akad. Nauk*, 2005, vol. 403, no. 5, pp. 664–669. (In Russian)
22. Solotchina E.P. Structural Typomorphism of Clay Minerals of Sedimentary Sections and Waste Mantels. Novosibirsk, Geo, 2009. 234 p. (In Russian)
23. Krinari G.A. Sedimentation cyclicity and problems of fractional stratification. *Stratotipy i opornye razrezy verkhnei permi Prikazanskogo raiona: Materialy k Mezhdunar. simpoziumu "Verkhnepermskie stratotipy Povolzh'ya"* [Stratotypes and Reference Sections of the Upper Permian in the Prikazansky Region: Proc. Int. Symp. "Upper Permian Stratotypes of the Volga Region"]. Moscow, GEOS, 1998. pp. 76–80. (In Russian)
24. Krinari G.A. Paleogeography of the Tatarian basin around the parastratotype based on the lithological and mineralogical data. *Stratotipy i opornye razrezy verkhnei permi Prikazanskogo raiona: Materialy k Mezhdunar. simpoziumu "Verkhnepermskie stratotipy Povolzh'ya"* [Stratotypes and Reference Sections of the Upper Permian in the Prikazansky Region: Proc. Int. Symp. "Upper Permian Stratotypes of the Volga Region"]. Moscow, GEOS, 1998. pp. 80–84. (In Russian)
25. Yudovich E.Ya., Maidl' T.V., Ivanova T.I. Geochemistry of Strontium in Carbonate Deposits. Leningrad, Nauka, 1980. 152 p. (In Russian)
26. Krinari G.A., Ol'neva T.V., Sedov S.N. Disperse silicates in the isolated desalinated basins of arid zones and sedimentation recurrence. *Litol. Polezn. Iskop.*, 1999, no. 3, pp. 27–37. (In Russian)

Received
April 6, 2015

Khaziev Radmir Rimovich – PhD Student, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *radmir361@mail.ru*

Krinari Georgii Aleksandrovich – PhD in Geology in Mineralogy, Associate Professor, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

Nurgalieva Nuriya Gavazovna – Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *Nurgal07@mail.ru*

Gareev Bulat Irekovich – Assistant Lecturer, Department of Geophysics and Geoinformation Technologies, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

Batalin Georgii Aleksandrovich – Design Engineer, Scientific Research Laboratory of Paleomagnetism and Magnetism of Rocks, Department of Geophysics and Geoinformation Technologies, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.