

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.513, 551.83

Сравнительная характеристика песчаных пород уфимского яруса в Соликамской впадине**Д.Е. Трапезников**

Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,

Горный институт УрО РАН, 614007, Пермь, ул. Сибирская, 78а.,

Пермский государственный национальный исследовательский университет,

614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: DanilTrapeznikov@gmail.com

(Статья поступила в редакцию 25 октября 2017 г.)

Изучение песчаных пород уфимского яруса Соликамской впадины позволило выявить эволюцию их вещественного состава по разрезу, выраженную в смене преимущественно олигомиктовых кварцевых с равной долей обломков пород полимиктовыми граувакками с доминированием вулканогенных обломков. Такая смена может являться результатом последовательной денудации сначала внешней, а затем внутренней зоны уральского орогена или смещения базиса эрозии долин в восточном направлении. Фациальный анализ пород позволил проследить, что эти осадки накапливались вначале в лагунных условиях, а затем в мелководно-морских с реликтами дельтовых фаций (в соликамское время) и континентальных озерных и речных (в шешминское).

Ключевые слова: *Предуральский краевой прогиб, Соликамская впадина, уфимские отложения, осадконакопление, песчаник, палеотектоника.*

DOI: 10.17072/psu.geol.17.2.97

Введение

Отложения уфимского яруса Соликамской впадины подразделяются на два горизонта. Нижний из них – соликамский – включает в себя две толщи: соляно-мергельную и терригенно-карбонатную, а верхний – шешминский – только одну – пестроцветную (Иванов, Воронова, 1975; Копнин, 1991). В настоящее время ведутся целенаправленные работы по исключению уфимского яруса из общей стратиграфической шкалы (ОСШ), принятой в России, для ее интеграции с Международной стратиграфической шкалой (МСШ) (Ogg J.G. et. al., 2016). В связи с этим отложения соликамского горизонта в скором времени могут включить в кунгурский ярус, а уфимского – в казанский.

Исследование уфимских отложений Соликамской впадины началось в 1920-х гг., когда в районе г. Соликамска были обнаружены калийные соли Верхнекамского месторождения солей (ВКМС). Поэтому площадь изучения терригенных пород во многом ограничена рамками месторождения (рис. 1).

С практической стороны потребность в изучении шешминских отложений обусловлена оценкой безопасности разработки галогенных отложений ВКМС, залегающих ниже по разрезу. Кроме того, для шешминского горизонта характерны проявления медных руд, в связи с чем толщю называют медистыми песчаниками.

Стратиграфия

Разрез уфимского яруса начинается соликамской свитой, которая подразделяется на две подсвиты.

Нижнесоликамская подсвита (P_{1sl1}) представлена соляно-мергельной толщей (СМТ), которая распространена практически на всей площади месторождения. Мощность толщи колеблется от 60 до 150 м. Минимум приходится на крупные поднятия поверхности соляной залежи кунгурского яруса. В этих районах она сложена преимущественно мергелями, часто переходящими в глины, иногда с прослоями гипсов. В отрицательных структурах толща имеет максимальные мощности, зачастую за счет содержащихся в ней мощных слоев каменной соли. Верхняя граница СМТ проводится по смене мергелей известняками.

Верхнесоликамская подсвита (P_{1sl2}) представлена терригенно-карбонатной толщей (ТКТ), которая развита практически на всей территории Соликамской впадины.

Мощность толщи изменяется от 80 до 134 м и зависит от вещественного состава слагающих ее пород. Литология представлена двумя основными типами пород: карбонатно-глинистыми (ряд известняки – мергели – глины) и терригенными (ряд алевролиты-песчаники), находящимися в том или ином соотношении, но терригенные отложения всегда имеют подчиненный характер. В северной части ВКМС широко развиты мощные слои известковых глин и аргиллитов, а песчаники встречаются очень редко. Центральная часть в основном карбонатная. На юге происходит значительное увеличение терригенной составляющей (песчаники, реже алевролиты), эта же тенденция наблюдается с запада на восток.

В отложениях ТКТ было предложено выделять (Копнин, 1991) мергельно-доломитово-известняковую и известняково-терригенную подтолщи (рис. 2), которые подразделяются на три и две зоны соответственно.

Шешминская свита ($P_{1šš}$) представлена преимущественно пестроцветными и красноцветными терригенными породами. Граница между соликамскими и шешминскими отложениями проводится по кровле последнего слоя известняков, перекрывающегося интенсивно бурыми и темно-зелеными глинисто-песчаниковыми отложениями.

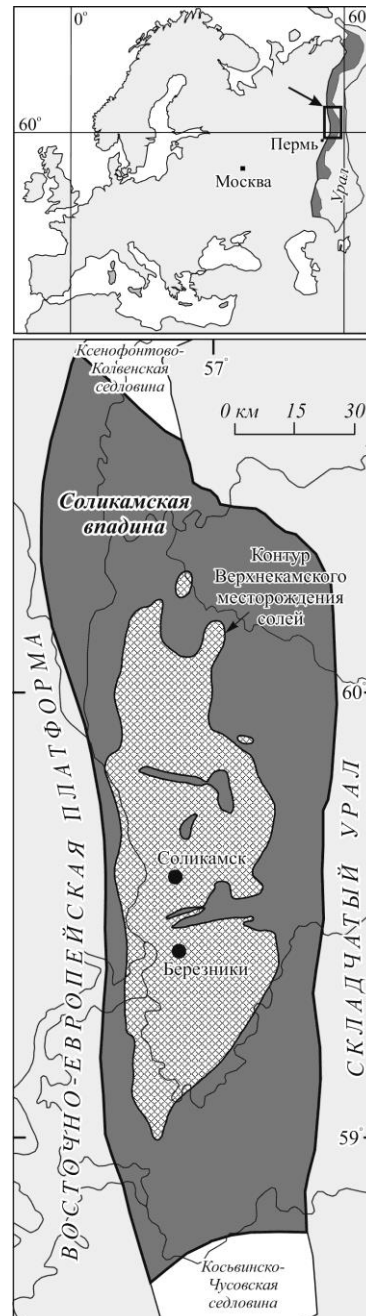


Рис. 1. Положение Соликамской впадины и Верхнекамского месторождения солей в пределах Предуральского краевого прогиба

| Система | Отдел | Ярус | Свита | Толща | Литологическая колонка | Мощность, м | Литологическое описание | |
|----------|--------|------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|---|--|
| Пермская | Нижний | Уфимский | Шешминская | Пестроцветная | | 0 - 750 | Переслаивание песчаников, алевролитов, глин и аргиллитов красного и пестрого окраса | |
| | | | Соликамская | Терригенно-карбонатная | Известняково-терригенная | | 52-64 | Известняки серые, пелитоморфные постепенно замещаемые сероцветными песчаниками в верхней части разреза |
| | | | | | Мергельно-доломит-известняковая | | 65-70 | Переслаивающиеся ассоциации мергельных, известняковых и доломит-известняковых слоев |
| | | | | Соляно-мергельная | | 60 - 150 | Подразделяется на 10 циклитов, представляющих собой переслаивание мергелей серых пелитоморфных с каменной солью серой, содержащей прослой гли и гипс-ангидритовые желваки | |
| | | Кунгурский | Березниковская | Соляная Покровная каменная соль | | 16-22 | Каменная соль серая, желтовато-серая с прослоями глин и гипс-ангидритовыми желваками | |

Рис. 2. Стратиграфический разрез уфимских отложений на территории Соликамской впадины, по В.И. Копнину (1991), с изменениями

Шешминские отложения характеризуются пестротой и изменчивостью литологии как в вертикальном, так и латеральном разрезе. Поэтому если верхняя часть соликамского горизонта представлена песчаниками, то его граница с шешминским горизонтом выделяется достаточно условно.

Они представлены аргиллитами и глинами, алевролитами, песчаниками и конгломератами, достаточно редко встречаются мергели и известняки. Все эти породы слагают более или менее мощные пачки, пластовые или короткие линзы и

слои, чередующиеся в разрезе, выклинивающиеся и фациально сменяющие друг друга в плане. Наблюдаются внутриформационные размывы и залегание песчаников в виде линз, выполняющих руслообразные впадины. Песчаники изредка содержат включения галек или переходят во внутриформационные конгломераты, содержащие гальку как уральских, так и местных пород. Известняки появляются в виде пластов и пластовых линз (мощностью до нескольких метров), залегающих среди песчаников, аргиллитов и мергелей. Все эти породы имеют различную окраску

– бурую, красно-бурую, зеленовато-серую и серую, которая распределяется в породах неравномерно, придавая им пятнистый или полосчатый вид.

Широкое распространение этих отложений на территории Соликамской впадины наблюдается на правом берегу р. Камы и на площади, лежащей южнее г. Березники. Значительные мощности устанавливаются на участках отрицательных брахисинклинальных и мульдообразных структур, а также в пределах Камского прогиба, Боровицкой и Дуринской структур. В последней пестроцветные отложения опущены в ходе синтетектонических процессов вплоть до подсолевых отложений, где ее мощность превышает 715 м. Однако средняя седиментационная мощность отложений пестроцветной толщи, вероятно, близка к 150-200 м (Иванов, Воронова, 1975).

Литология песчаных пород и их питающие провинции

Соляно-мергельная толща (P_{1sl_1})

Песчаные породы в этой толще крайне редки и их мощности не превышают первых сантиметров. Чаще это песчаные мергели либо мергелистые песчаники с базальным типом цемента. Их площадное распространение имеет спорадический характер, а в вертикальном разрезе они тяготеют к верхней границе толщи.

Изучение песчаной фракции показало ее мелко-среднезернистый гранулометрический состав. Минералогическое изучение установило доминирование обломков кварцевого состава: монокристаллического кварца и кремней, а также значительную долю (до 50 %) обломков пород (рис. 3,а). Зачастую фиксируются внутриформационные песчаники и гравелиты с обломками местного мергеля, но эти породы нами не учитывались ввиду их образования *in situ*.

Верхнесоликамская подсуита (P_{1sl_2})

Изучение песчаных пород этой толщи показывает доминирование среди зерен

обломков пород различного состава. В меньшей мере представлен кварц, а полевые шпаты распространены достаточно редко, зачастую замещены вторичными минералами.

Обломочные зерна представлены как осадочными, так и метаморфическими, и магматическими породами. Безусловно, среди них преобладают кремни или, как некоторые их называют, яшмы и яшмоиды. Вторые по распространенности – обломки микрокварцитов. Представлены среднеокатанными овальными и изометричными зернами. Внутри зерен хорошо прослеживается их внутренняя структура, а при больших увеличениях – микрозерновые отношения – стилолитовые или вогнуто-выпуклые контакты, наличие регенерационных кайм.

Обломки вулканических пород распространены не так широко, но отличаются многообразием типичных структур и текстур. В этих обломках хорошо прослеживаются микролитовое строение, а также мелкие вариоли (рис. 3,б).

Пестроцветная толща ($P_{1s\check{s}}$)

Исследования пестроцветных отложений в шлифах позволили установить некоторые различия минерального состава в мелкозернистых и крупнозернистых разностях. Алевропесчаники и мелкозернистые песчаники характеризуются неоднородным минеральным составом. Обломочные зерна представлены кварцем, полевыми шпатами, амфиболами, пироксенами, слюдой. Цемент часто глинистый, карбонатный, нередко железистый – лимонитовый, порового типа (рис. 3,в).

Внутреннее строение средне-, крупнозернистых песчаников аналогичное. Эти породы плохо сортированы, но имеют обломки от слабоокатанных до хорошо окатанных. Упаковка зерен достаточно плотная, зерна соприкасаются чаще по удлиненным, вогнуто-выпуклым контактам, реже с проникновением одних зерен в другие, очень редко встречаются точечные контакты. В связи с этим, цемент чаще порового типа, крустификационный, а вокруг кварцевых зерен – регенерацион-

ный. В ряде случаев отмечается цементация деформационного типа. В вещественном плане цемент разнородный и неравномерно распределенный по породе, отмечаются участки с преобладанием железистого – лимонитового и кальцитового.

Обломочная составляющая представлена широким спектром обломков минералов и различных типов пород. Преобладают зерна кварца, полевых шпатов и лимонита, развитого по первичным минералам. В большом количестве присутствуют зерна эпидота, амфиболов, пироксенов, халцедона, кремней, а также

обломки карбонатных и эффузивных пород. Часто зерна неустойчивых минералов подвергнуты сосюритизации и пелитизации.

На типизационной диаграмме (рис. 4,а) соликамские песчаники отвечают кварцевым грауваккам, при этом пробы из соляно-мергельной толщи оказались более кварцевыми, а в пробах из терригенно-карбонатной толщи преобладают обломки пород, в то время как шешминские песчаники расположились в поле собственно граувакк – пород, состоящих преимущественно из обломков.

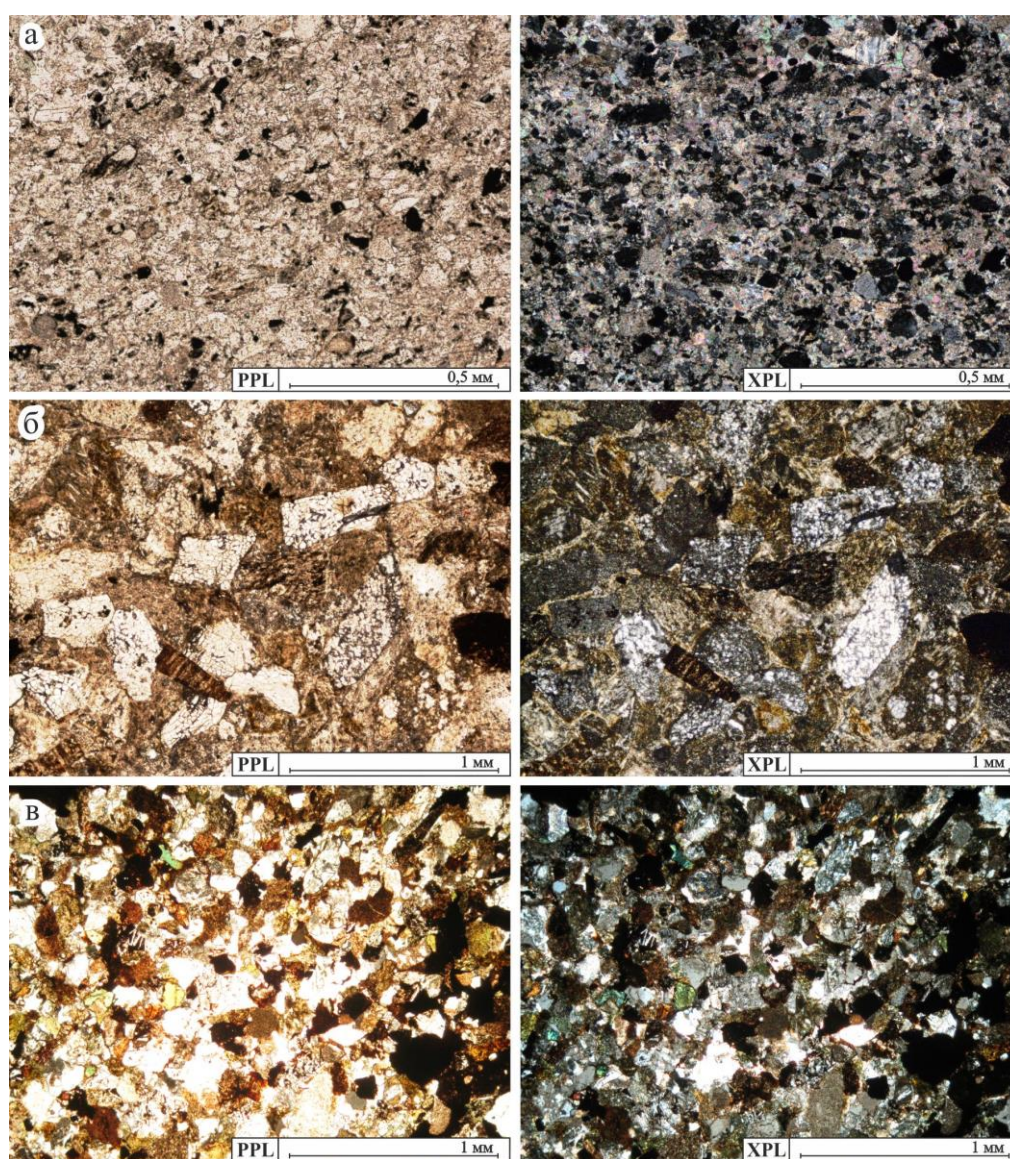


Рис. 3. Микрофотографии шлифов песчаных пород нижнесоликамской подсвиты (а), верхнесоликамской подсвиты (б) и шешминской свиты (в) при параллельных (PPL) и скрещенных (XPL) николях

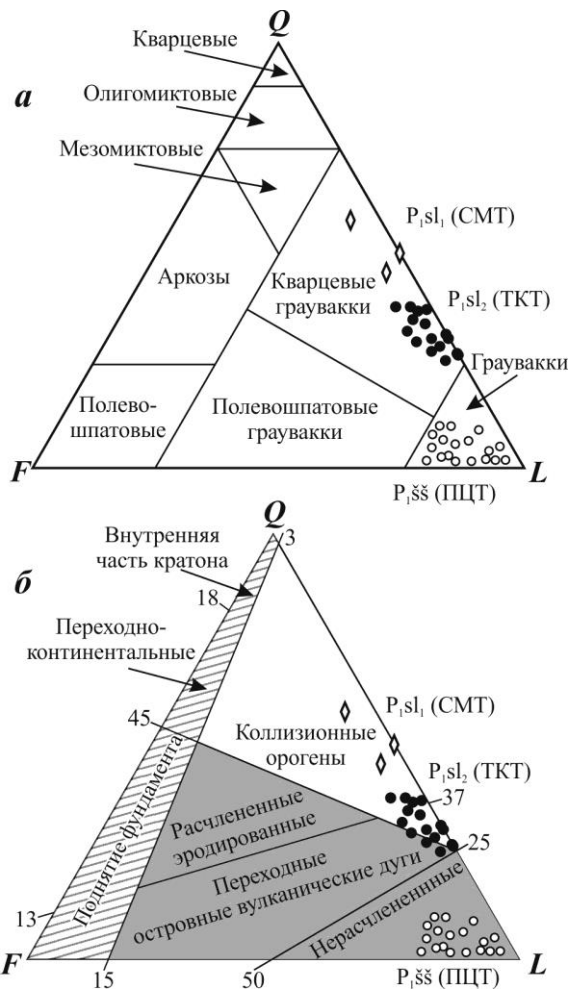


Рис. 4. Положение фигуративных точек компонентного состава песчаников нижнесоликамской, верхнесоликамской и шешминской свит (с использованием данных Харитонова, 2018) на классификационной диаграмме В.Н. Шванова, 1987 (а) и диаграмме питающих провинций Дикинсона и Валлони, 1983 (б)

Общепринято относить верхнепалеозойские отложения преуральского прогиба к продуктам размытия коллизионного орогена уралид (Пучков, 2000).

Идентификация питающих провинций показывает, что нижнесоликамские песчаники отвечают по составу коллизионному источнику обломочного материала (рис. 4,б).

Верхнесоликамские псаммиты попадают в поле как коллизионной области, так и переходной вулканической дуги. Шешминские граувакки локализовались в области нерасчлененных вулканических дуг.

Поскольку все эти образования сформировались за счет разрушения уральско-

го орогена, «смещение» составов от коллизионных к островодужным отражает не смену палеотектонических обстановок, а увеличение участия в петрофонде блоков, сложенных вулканогенным материалом. Такая смена может являться результатом последовательной денудации сначала внешней, а затем внутренней зоны уральского орогена или смещения базиса эрозии долин в восточном направлении.

Фациальные условия

Наиболее ранние нижнесоликамские образования, представленные сероцветными соленосными карбонатно-глинистыми отложениями, постепенно сменяются гипсоносными карбонатно-глинистыми отложениями с неморскими двустворками палеомутелами (Силантьев, 1995; Трапезников, Фадеева, 2017), что позволяет говорить о смене лагунных субконтинентальных обстановок мелководными. Наличие в верхней части прослоев алевропесчаного материала свидетельствует об интервенции дистальной части фановой (дельтовой) фации.

Верхнесоликамские отложения в пределах изучаемого района представлены русловыми дельтовыми группами фаций, которые демонстрируют проградацию песчаного материала в мелководный морской бассейн (Трапезников, 2015).

Шешминские ассоциации, сохранившиеся только в юго-западной части Соликамской впадины, слагаются преимущественно континентальными фациями озерного, аллювиального и пролювиального генезиса.

Таким образом, уфимские отложения Соликамской впадины, являющиеся молассовыми, накапливались в ряду обстановок от лагунных к мелководноморским, а затем континентальным. Это в целом согласуется с представлениями Г.А. Мизенса (2002) об образовании верхнепалеозойских отложений Преуральского прогиба в морских бассейнах в виде гравитационных потоков, постепенно смещающихся в сторону платформы под влия-

янием разрастающегося складчато-надвигового пояса.

Выводы

Установленный нами рост доли петрокластического вулканогенного материала отражает смещение области питания в центральные части складчато-надвигового пояса.

Вероятно, что именно шешминские речные и озерные фации, богатые вулканогенным материалом, и определяют специфику отложения медистой минерализации Пермского Прикамья, которая исходя из имеющихся данных (Чайковский и др., 2005, 2018) сорбируется как органическим веществом, так и реакционноспособной вулканокластикой.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 18-05-00046.

Библиографический список

- Копнин В.И.* Соликамский калиеносный бассейн // Пермская система земного шара. Путеводитель геологических экскурсий: тез. докл. Междунар. конгресса / УрО АН СССР. Свердловск, 1991. Ч. 3. С. 103-135.
- Мизенс Г.А.* Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне – ранней перми юга Урала / ИГТ УрО РАН. Екатеринбург, 2002. 190 с.
- Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.
- Силантьев В. В.* Палеомутелы (неморские двустворки) соликамского горизонта Соликамской впадины // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1995. Т. 70, вып. 5. С. 73–82.
- Трапезников Д.Е.* Характер распределения алевропсаммитового материала в терригенно-карбонатной толще в границах Верхнекамского месторождения // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. / ГИ УрО РАН. Пермь, 2015. Вып. 13. С. 10-11.
- Трапезников Д.Е., Фадеева Т.В.* О находках *Paleomutela subcastor Amalitzky, 1892* на юго-западе Соликамской впадины // Международная стратиграфическая конференция Головкинского. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. С. 202-203.
- Харитонов Т.В.* О медистых песчаниках Западного Урала // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. Вып. 21. С. 75-84.
- Чайковский И.И., Кондратенко Е.В.* К минералогии медистых песчаников Прикамья // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: сб. науч. ст. / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2005. Вып. 7. С. 148-166.
- Чайковский И.И., Мулыгин М.Ю., Коротченкова О.В., Чиркова Е.П., Трапезников Д.Е.* Минералогия медистых песчаников юга Соликамской впадины // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. Вып. 21. С. 85-98.
- Шванов В.Н.* Петрография песчаных пород (компонентный состав, система, описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. 269 с.
- Dickinson W., Valloni R.* Plate setting and provenances of sands in modern ocean basins // *Geology*. 1983. Vol.8. P. 82-86.
- Ogg J.G., Ogg Gabi, Gradstein F.M.* A Concise Geologic Time Scale. Elsevier. 2016. 234 p.

Comparative Characteristic of the Ufimian Sandstones in the Solikamsk Basin

D.E. Trapeznikov

Perm Federal Research Center UB RAS, 78a Sibirskaya Str., Perm 614007, Russia

Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia

E-mail: DanilTrapeznikov@gmail.com

The results of study of sands rocks of the Ufimian Stage in the wells cross-sections of the Solikamsk depression allowed determining evolution of their composition expressed in the change from predominantly oligomictic quartz partially with fragments of rock to polymictic greywacke presented mostly by the fragments of volcanic rock. This change may be resulted

from successive erosion from external to internal zone of the Uralian orogen or shifting the base level of erosion eastward. Facial analysis of rock allowed identifying that the sedimentation initially occurred in the lagoon conditions following the shallow-water and deltaic (Solikamsk time), and continental lake and river (Sheshminskiy time) conditions. The obtained results allowed restoring paleogeographic and tectonic conditions of sedimentation. In the latitudinal section of the Solikamskaya depression, a regular variation of sand material from the east (Uralian orogenic belt) to the sea basin (westward) was revealed, and the deposits were associated with channel and fan deltaic facies. Overlying continental lacustrine, alluvial, and proluvial sediments, are widely developed only at the southwestern part of the basin.

Key words: *Urals Foredeep; Solikamsk Basin; Ufimian deposits; sedimentation; sandstones; limestones; paleotectonics.*

References

- Kopnin V.I.* 1991. Solikamskiy kalienosnyy basseyen [Solikamskiy potassium basin]. In *Mezhd. kongress Permskaya sistema Zemnogo Shara Putevod. geol. ekskur., Sverdlovsk*, p. 103-135. (in Russian)
- Mizens G.A.* 2002. Sedimentatsionnye basseyny i geodinamicheskie obstanovki v pozdnem devone –ranney permi yuga Urala [Sedimentation basins and geodynamic conditions in the Late Devonian - Early Permian of south of the Urals]. IGG UrO RA, Ekaterinburg, p. 190. (in Russian)
- Puchkov V.N.* 2000. Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala [Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals]. Dauriya, Ufa, p. 145. (in Russian)
- Silant'yev V.V.* 1995. Paleomutely (nemorskie dvustvorki) solikamskogo gorizonta Solikamskoy vpadiny [Palaeomutela (not sea bivalves) of the Solikamsk Horizon of the Solikamsk depression]. *Byul. Mosk. obshch. ispytateley prirody. Otd. geol.* 70(5):73–82. (in Russian)
- Trapeznikov D.E.* 2015. Kharakter raspredeleniya alevropsammitovogo materiala v terrigenno-karbonatnoy tolshche v granitsakh Verkhnekamskogo mestorozhdeniya [Characteristic of distribution of the aleuropsammitic material in terrigenous-carbonate strata of the Verkhnekamskoye deposit area]. In *Strategiya i protsessy osvoeniya georesursov*, V. 13, GI UrO RAN, Perm, pp. 10-11. (In Russian)
- Trapeznikov D.E., Fadeeva T.V.* 2017. O nakhodkakh Paleomutela subcastor Amalitzky, 1892 na yugo-zapade Solikamskoy vpadiny [About the findings of Paleomutela subcastor Amalitzky, 1892 in the southwest of the Solikamsk basin]. In *Mezhdunarodnaya stratigraficheskaya konferentsiya Golovkinskogo, Kazan, Kazan. univ*, pp. 202-203. (in Russian)
- Kharitonov T.V.* 2018. O medistykh peschanikakh Zapadnogo Urala [About cupriferous sandstones of the Western Urals]. In *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamjati P.N. Chirvinskogo, PGU, Perm*, 21:75-84. (in Russian)
- Chaykovskiy I.I., Kondratenko E.V.* 2005. K mineralogii medistykh peschanikov Prikamya [To the mineralogy of cupriferous sandstones of the Kama region]. In *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. PGU, Perm*, 7:148-166. (in Russian)
- Chaykovskiy I.I., Mulygin M.Yu., Korotchenkova O.V., Chirkova E.P., Trapeznikov D.E.* 2018. Mineralogiya medistykh peschanikov yuga Solikamskoy vpadiny [Mineralogy of cupriferous sandstones in the south of the Solikamsk depression]. In *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. PGU, Perm*, 21:85-98. (in Russian)
- Shvanov V.N.* 1987. Petrografiya peschanykh porod (komponentnyy sostav, sistema, opisaniye mineralnykh vidov) [Petrography of sandy rocks (component composition, system, description of mineral species)]. *Nedra, Leningrad*, p. 269. (in Russian)
- Dickinson W., Valloni R.* 1983. Plate setting and provenances of sands in modern ocean basins. *Geology*. 8:82-86.
- Ogg J.G., Ogg Gabi, Gradstein F.M.* 2016. *A Concise Geologic Time Scale*. Elsevier. p. 234.