

ЛИТОЛОГИЯ

УДК 553.98.064(571.1)

К реконструкции состава источников сноса триасовых отложений, вскрытых Ен-Яхинской сверхглубокой скважиной СГ-7 (север Западной Сибири)**А.В. Маслов^{a,b}, Т.В. Карасева^c, Ю.Л. Ронкин^a**^aИнститут геологии и геохимии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15. E-mail: amas2004@mail.ru, y-ronkin@mail.ru^bИнститут геологии УНЦ РАН, 450077, Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2^cПермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: tvkaras@psu.ru*(Статья поступила в редакцию 2 февраля 2016 г.)*

Анализ микроэлементного состава глинистых пород триаса, вскрытых сверхглубокой скважиной Ен-Яхинская, показал, что в их формировании принимали участие как местные/локальные источники сноса, так и источники далекие, в роли которых могла выступать интенсивно размывавшаяся в это время Уральская складчатая область.

Ключевые слова: *Ен-Яхинская сверхглубокая скважина, глинистые породы, распределение редких и рассеянных элементов, триас, источники сноса, север Западной Сибири.*

DOI: 10.17072/psu.geol.31.35

Введение

Сверхглубокая скважина Ен-Яхинская (СГ-7, глубина 8250,22 м), самая глубокая в нефтегазоносных районах страны, пробурена в пределах группы месторождений Большого Уренгоя в 150 км к северу от г. Новый Уренгой (рис. 1). В нижних горизонтах скважина вскрыла пермско-триасовые отложения Хадуттейского грабен-рифта, расположенного западнее более протяженного Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта. Основной целью бурения скважины являлось изучение геологического строения северной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и перспектив нефтегазо-

носности ее глубоких горизонтов. Результаты бурения скв. СГ-7 дали новые доказательства высоких перспектив газоносности последних [2, 22].

Ниже глубины 3597 м разрез скважины представлен, по данным Ю.А. Ехлакова и Т.В. Карасевой (КамНИИКИГС, ПГНИУ, г. Пермь), отложениями ачимовской (до глубины 3847 м) и подачимовской (3847–3854,4 м) толщ, баженовской (3854,4–3886 м), георгиевской (3886–3891 м), абалакской (3891–3960 м), тюменской (3960–4687 м), котухтинской (4687–5308 м), ягельной (5308–5417 м) и новоуренгойской (5417–5562 м) свит (все имеют юрский возраст), а также породами триаса, относящимися к витютинской (5562–

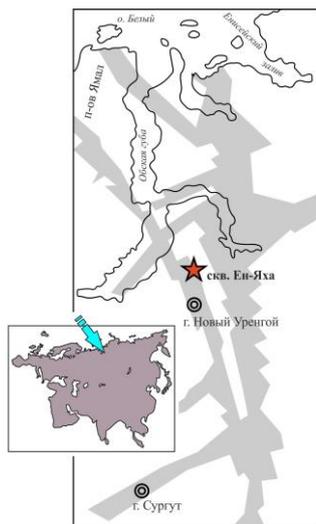


Рис. 1. Расположение сверхглубокой скв. Ен-Яхинская (СГ-7). Серыми контурами показана система триасовых грабен-рифтов на территории центральной и северной части Западной Сибири

5776 м), варенгаяхинской (5776–6056 м), пурской (6056–6504 м), трыбъяхской (6504–6655 м), хадуттейской (6655–6921 м), коротчаевской (6921–7414 м) и верхам аймальской свитам. Пермский возраст имеют породы основной части аймальской (7414–8248,13 м) и монгаюрибейской (интервал 8248,13–8250,22 м) свит [7].

Важно подчеркнуть, что если относительно основных черт палеогеографии юры Западной Сибири в настоящее время есть достаточно согласованные представления [3, 4, 20, 31 и др.], то палеогеография триаса остается все еще весьма дискуссионной [19 и др.]. В публикациях обсуждаются разные мнения об источниках кластики для системы триасовых грабен-рифтов и впадин, связанные как с их бортовыми зонами, так и Уральской складчатой системой и палеоводосборами преимущественно на местных/локальных поднятиях, сложенных в том числе (или в основном) магматическими породами основного состава, например, такими, как вскрыты в призабойной части разреза скв. Ен-Яхинская [29, 30 и др.].

Верифицировать тем или иным образом указанные точки зрения можно путем сопоставления микроэлементного состава

глинистых пород триаса, вскрытых скв. Ен-Яхинская, с микроэлементным составом дотриасовых образований различных районов Западной Сибири. К сожалению, в опубликованной геологической литературе подобной информации все еще мало, поэтому приводимые ниже соображения следует рассматривать как предварительные.

Реконструкция состава источников сноса для отложений триаса Ен-Яхинской сверхглубокой скважины

Данные о микроэлементном составе глинистых/тонкозернистых алюмосиликокластических пород¹ витютинской, варенгаяхинской, пурской, трыбъяхской и хадуттейской свит, а также базальтов и долеритов коротчаевской, аймальской и монгаюрибейской свит, вскрытых Ен-Яхинской скважиной, получены методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург) под руководством Ю.Л. Ронкина. Сведения о распределении редких и рассеянных элементов в сопоставляемых с ними магматических, осадочных и метаморфических образованиях заимствованы из работ [1, 5, 6, 8, 9, 11–16]. Еще раз подчеркнем, что эти материалы дают только самое общее представление о микроэлементном составе некоторых дотриасовых комплексов пород Западной Сибири, которые мы рассматриваем как возможный «геохимический прообраз» источников обломочного материала.

Известно, что микроэлементная/геохимическая специализация осадочных пород определяется составом пород питающих провинций, особенностями выветривания и транспортировки обломочного материала, динамикой среды в областях осадконакопления, особенностями процессов диагенеза и рядом других факторов. Считается, что наиболее

¹ Под «глинистыми породами» и «тонкозернистыми алюмосиликокластическими образованиями» мы понимаем здесь все глинистые породы без детализации степени их преобразования постседиментационными процессами.

важным фактором среди всех перечисленных является состав пород питающих провинций (областей сноса) [48 и др.]. Наиболее достоверную информацию о составе пород, слагавших палеоводосборы, можно получить на основе анализа как систематики редкоземельных элементов (РЗЭ) в глинистых породах и песчаниках, так и свойственных им значений ряда индикаторных отношений² элементов-примесей, например, La/Th , Cr/Ni , La/Co , $Th/Sc-Sc$, Th/Co и др. [18, 24 и др.]. Исследования подобного рода в настоящее время весьма многочисленны [26, 27, 34, 38, 39, 42, 43, 47, 49, 50 и др.].

Важным предварительным моментом таких работ является установление природы слагающего тонкозернистые обломочные образования материала (петрогенного или литогенного) [24]. Сделать это можно либо посредством изучения соотношений между некоторыми петрогенными оксидами [33], либо на основании данных о распределении в глинистых породах Zr , Sc и Th [48]. В нашем случае на диаграмме $Zr/Sc-Th/Sc$ фигуративные точки глинистых пород витютинской, варенгаяхинской, пурской, трыбьяхской и хадуттейской свит, вскрытых Ен-Яхинской скважиной, распределены достаточно компактно и тяготеют к линии тренда, определяемой исходным составом представленных на палеоводосборах комплексов пород (рис. 2). Это позволяет считать, что указанные образования сложены преимущественно петрогенным (прошедшим всего один седиментационный цикл) материалом и существенная часть представленной в их валовом химическом составе генетической информации не испытала сколько-нибудь заметных изменений при постседиментационных или иных процессах и может быть ис-

пользована для различного рода построений/реконструкций.

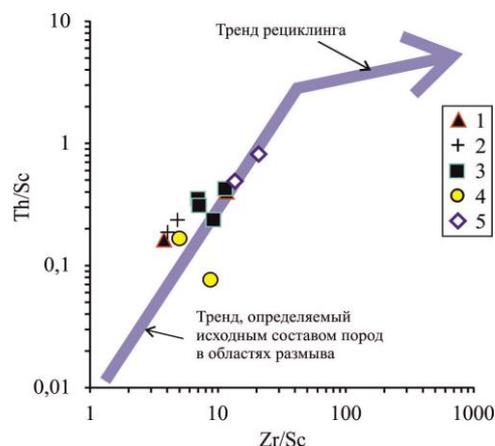


Рис. 2. Положение точек состава тонкозернистых обломочных пород триаса, вскрытых Ен-Яхинской скважиной, на диаграмме $Zr/Sc-Th/Sc$, свиты: 1 – витютинская; 2 – варенгаяхинская; 3 – пурская; 4 – трыбьяхская; 5 – хадуттейская

Присутствие в тонкозернистых алюмосиликокластических породах триаса, а особенно пурской, трыбьяхской и хадуттейской свит, повышенных по сравнению с таким известным геохимическим эталоном глинистых пород, как средний постархейский австралийский сланец (РААС, [48]), концентраций Cr , Ni и Y (значения $C_{образец}/C_{РААС\text{среднее}}$ для трех последних свит составляют соответственно $2,36 \pm 0,60$, $2,25 \pm 1,23$ и $2,11 \pm 1,92$) с учетом информации, приведенной в [18, 24 и др.], позволяет предполагать, что в составе тонкозернистых обломочных образований указанных свит имеется определенная доля продуктов размыва ультраосновных и основных магматических пород.

То, что указанная доля достаточно ощутима, показывает анализ средних, а также минимальных и максимальных величин таких индикаторных отношений, как La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co и Cr/Th в глинистых породах всего осадочного разреза триаса (от витютинской до хадуттейской свит). Так, $La/Sc_{\text{среднее}}$ в указанной выборке составляет 1,19 (минимум – 0,55, максимум – 1,83), что достаточно близко к

² Так, например, в публикации [44] со ссылками на работы [35–37, 41, 48] приведены следующие значения La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co и Cr/Th для осадков, образованных соответственно за счет «основных» и «кислых» источников сноса: 0,43–0,86 и 2,50–16,3, 0,05–0,22 и 0,84–20,5, 0,14–0,38 и 1,80–13,8, 0,04–1,40 и 0,67–19,4, 25–500 и 4,00–15,00.

указанным выше значениям данного отношения для продуктов размыва пород основного состава. Среднее значение Th/Sc равно 0,32 (0,08–0,81), а для основной алюмосиликокластики этот параметр варьирует, как показано выше, от 0,05 до 0,22. Величина $Cr/Th_{\text{среднее}}$ составляет ~41 (минимум – 11, максимум – 129), это практически полностью отвечает интервалу значений данного параметра, характерному для продуктов размыва магматических пород основного состава. Средние значения La/Co и Th/Co , составляющие соответственно 1,92 и 0,95, близки к минимальным пороговым величинам данных отношений для продуктов размыва кислых магматических образований, что, на наш взгляд, косвенно указывает на существенную долю основных магматических пород на палеоводосборах триаса, поставивших тонкую алюмосиликокластику в Колтогорский-Уренгойский и Хадуттейский грабен-рифты³.

Проведенный анализ расположения фигуративных точек состава глинистых пород триаса и основных вулкаников триаса-верхов перми, вскрытых скв. СГ-7, а также различных метаморфических и магматических образований из нашего банка данных на дискриминантных диаграммах, позволяющих в той или иной степени судить о составе размывавшихся на палеоводосборах комплексов пород (рис. 3, 4), показал следующее.

Во-первых, есть некоторое общее отличие микроэлементного состава глинистых пород триаса от аналогичной характеристики PAAS – практически на всех, за исключением графика $Ni-Co$, диаграммах точка среднего постархейского глинистого австралийского сланца расположена вблизи/на границе, но не внутри поля, образуемого точками состава глинистых по-

род триаса. Во-вторых, перекрытие полей глинистых пород триаса и подстилающих их в разрезе скв. СГ-7 основных вулкаников относительно небольшое; весьма существенным оно является только на диаграмме $Th-La$. В-третьих, образуемое тонкозернистыми алюмосиликокластическими образованиями триаса поле практически на всех дискриминантных диаграммах имеет существенное перекрытие с составом красноцветных осадочных образований верхнего палеозоя восточных зон Урала [28 и др.], которые в первом приближении можно рассматривать (как и пермско-нижнетриасовые терригенные породы, выполняющие Предуральский прогиб [25]), в качестве «геохимического прообраза» кластики, поступавшей, вследствие эрозии в начале мезозоя растущего Уральского орогена, на ту или иную, возможно, иногда весьма существенную часть территории современной Западной Сибири. В-четвертых, существенное сходство микроэлементного состава глинистых пород триаса обнаруживается, кроме того, с составом метатерригенных пород верхнего палеозоя, вскрытых на Западно-Яротинской площади⁴ [6], а также гранитоидов Нялинской площади [12].

Напротив, такие комплексы пород, присутствующие среди дотриасовых образований Западной Сибири, как вулканиды офиолитовой ассоциации (Филипповская площадь, центральная часть Шаимского нефтегазоносного района [8]), кислые вулканиды и гранитоиды Тыньярской площади (восток ХМАО [9, 11]), гранитоиды нижней перми Восточно-Шебурской площади (Урайская структурно-фациальная зона [14]) или осадочные образования верхнего девона востока Югры [16], являться источниками кластики

³ Глинистые породы юры в разрезе скв. СГ-7 обладают несколько большими, чем аналогичные по гранулометрическому составу породы триаса, средними значениями La/Sc (1,44) и Th/Sc (0,50) и меньшей величиной $Cr/Th_{\text{среднее}}$ (~28), что указывает, на наш взгляд, на некоторое снижение доли основных пород на палеоводосборах в юрское время.

⁴ Понятно, утверждать, что именно эти, как и указанные далее, образования являлись непосредственными источниками обломочного материала для триасовых осадочных пород скв. СГ-7, нельзя; все названные далее комплексы пород разного состава и возраста рассматриваются нами только как некий «геохимический образ» присутствовавших на палеоводосборах триаса образований.

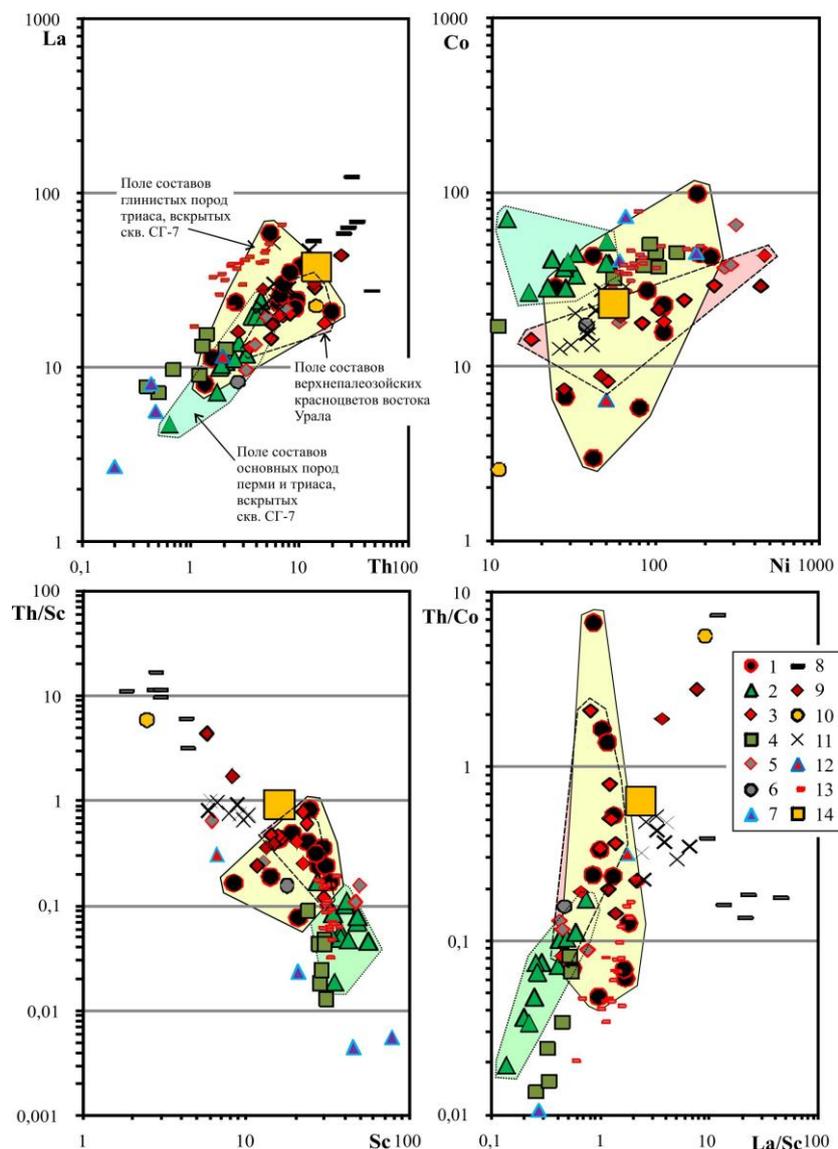


Рис. 3. Положение точек состава тонкозернистых обломочных пород триаса, вскрытых скв. Ен-Яхинская, и ряда других комплексов пород на диаграммах Th-La, Ni-Co, Sc-Th/Sc и La/Sc-Th/Co: 1 – глинистые породы триаса, вскрытые скв. Ен-Яхинская; 2 – базальты триаса и перми, вскрытые скв. Ен-Яхинская; 3 – верхнепалеозойские красноцветные терригенные образования востока Урала; 4 – базальты и долериты карбона, верховья р. Сев. Сосьва; 5 – метатерригенные породы верхнего палеозоя, Восточно-Уральская площадь; 6 – то же, Западно-Ярутинская площадь; 7 – вулканиты офиолитовой ассоциации, центральная часть Шаимского НГР; 8 – кислые вулканиты и гранитоиды нижней перми, восток ХМАО; 9 – нижнепермские гранитоиды ШНГР; 10 – гранитоиды нижней перми Урайской СФЗ; 11 – осадочные образования верхнего девона, восток Югры; 12 – гранитоиды, верхний ордовик-нижний силур?, Нялинская площадь; 13 – базальты и трахибазальты перми и триаса, приуральская часть Западной Сибири; 14 – PAAS

для терригенных толщ триаса, вскрытых Ен-Яхинской скважиной, с высокой степенью вероятности, не могли.

В-шестых, менее определена роль в формировании рассматриваемых нами образований комплексов пород, сходных по

своему микроэлементному составу с раннепермскими гранитоидами Шаимского нефтегазоносного района [13, 15], базальтами и долеритами карбона верховьев р. Сев. Сосьва [1], а также метаморфическими сланцами по терригенным породам

верхнего палеозоя (Восточно-Уральская площадь [5]).

Заключение

Ранее [10] на основании результатов сопоставления геохимических особенностей осадочных пород вогулкинской толщи Шаимского нефтегазоносного района и сланцев метаморфического обрамления гранитных массивов этой же территории было высказано предположение, что вогулкинские песчаники формировались преимущественно за счет размыва подстилающих их гранитов и риолит-базальтовых комплексов, т.е. за счет местных/локальных источников сноса.

В нашем случае ситуация иная – в составе петрогенных глинистых пород триаса, вскрытых скважиной, присутствует определенная доля тонкой алюмосиликокластики, образованной в результате размыва магматических пород основного состава, которыми могли быть сложены местные/локальные источники сноса, однако наряду с ней в составе указанных образований есть, по всей видимости, материал, поступавший за счет размыва комплексов пород, слагающих воздымавшийся к западу от Западной Сибири Уральский ороген/горный пояс. То, что транспортировка кластики с растущего орогена на значительные расстояния вполне возможна, подтверждают, в частности, хорошо известные данные о

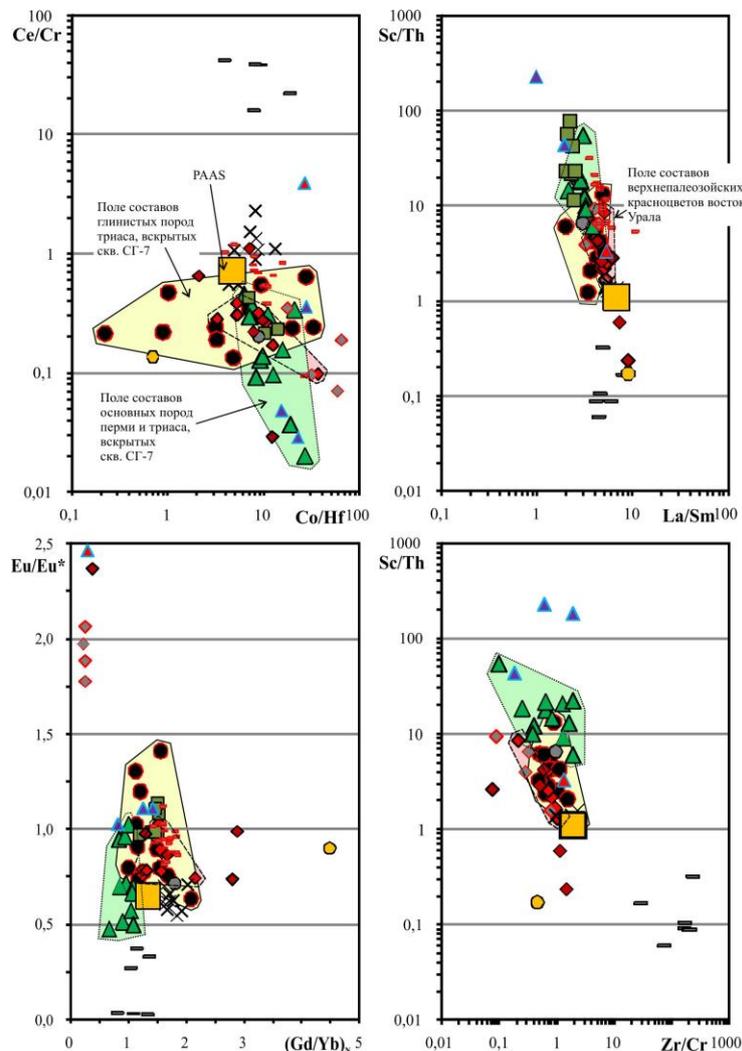


Рис. 4. Распределение точек состава тонкозернистых обломочных пород триаса, вскрытых Ен-Яхинской сверхглубокой скважиной, и ряда других комплексов пород на диаграммах Co/Hf – Ce/Cr , La/Sm – Sc/Th , $(Gd/Yb)_N$ – Eu/Eu^* и Zr/Cr – Sc/Th . Условные обозначения см. на рис. 3

том, что пермские отложения в бассейне среднего течения р. Волги (окрестности г. Казань, т.е. почти в 1000 км к западу от Уральского складчатого пояса) сформированы в основном за счет «уральского материала» [17, 21, 32]. К аналогичным выводам о возможности далекого переноса обломочного материала при разрушении орогенных систем пришли и авторы публикаций [40, 45, 46]. Об этом же свидетельствуют и материалы исследования U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов из палеозойских песчаников Полярного Урала [23].

Таким образом, обобщая все сказанное выше, можно сделать вывод о том, что в формировании осадочных образований триаса, вскрытых скв. Ен-Яхинская, принимали участие как местные/локальные источники сноса, так и источники далекие, в роли которых могла выступать интенсивно размывавшаяся в это время Уральская складчатая область.

Авторы искренне признательны Ю.В. Ерохину, Г.А. Мизенсу и В.С. Пономареву за предоставленные в наше распоряжение опубликованные в разных источниках аналитические материалы, поиск которых без этого был бы в существенной степени затруднен. Рисунки к статье выполнены Н.С. Глушковой.

Библиографический список

1. Батурина Т.П., Сараев С.В., Травин А.В. Каменноугольные и пермтриасовые вулканы в зоне сочленения Урала и Западной Сибири // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 5. С. 504-516.
2. Белоконь-Карасева Т.В., Башкова С.Е., Беляева Г.Л., Ехлаков Ю.А., Горбачев В.И. Перспективы нефтегазоносности глубокопогруженных отложений севера Западной Сибири по данным сверхглубокого бурения // Геология нефти и газа. 2006. № 6. С. 2-9.
3. Гурари Ф.Г., Будников И.В., Девятков В.П., Еханин А.Е., Казаков А.М., Москвин В.И. Стратиграфия и палеогеография ранней и средней юры Западно-Сибирской плиты // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов Сибири: сб. науч. ст. / СНИИГиМС. Новосибирск, 1988. С. 60-75.
4. Девятков В.П., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н. Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2011. Вып. 16-17. С. 87-101. (Приложение к журналу «Геология и геофизика». Т. 52).
5. Ерохин Ю.В., Иванов К.С., Федоров Ю.Н. Контактный метаморфизм в доюрском основании Шаимского района Западно-Сибирского мегабассейна // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири: матер. науч. конф. / ФГУП «ЗапСибНИИ-ИГГ». Тюмень, 2008. С. 174-182.
6. Ерохин Ю.В., Хиллер В.В., Иванов К.С., Рыльков С.А., Бочкарев В.С. Минералогия метаморфических сланцев из доюрского основания южной части полуострова Ямал // Литосфера. 2014. № 5. С. 136-140.
7. Ехлаков Ю.А., Угрюмов А.Н., Санфирова С.С. Новые данные о строении красноселькупской серии Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 7. С. 16-25.
8. Иванов К.С., Ерохин Ю.В. Позднеордовикские вулканы из офиолитовой ассоциации фундамента Шаимского района (Западная Сибирь) // Ежегодник-2009: сб. науч. ст. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2010а. С. 134-137.
9. Иванов К.С., Ерохин Ю.В. Вещественный состав и возраст кислых вулканитов и гранитоидов доюрского основания Тынъярской площади востока Югры // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа-Югры: матер. науч. конф. Т. 1. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2010б. С. 142-155.
10. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Панов В.Ф., Савенко В.А., Федоров Ю.Н. Геохимическая неоднородность и реконструкция источников сноса верхнеюрских песчаников в западной части Западной Сибири // Докл. АН. 2014. Т. 456, № 3. С. 332-337.
11. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Ронкин Ю.Л., Хиллер В.В., Родионов Н.В., Лепихина О.П. Первые сведения о раннепротерозойском сиалическом фундаменте на востоке Западно-Сибирской платформы (результаты исследования Тынъярского риолит-гранитного массива) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 10. С. 1304-1321.

12. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Федоров Ю.Н. О возрасте гранитоидов Нялинской площади фундамента Западной Сибири // Ежегодник-2011: сб. науч. ст. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2012. С. 207-210.
13. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Федоров Ю.Н., Пономарев В.С. Вещественный состав плутонов «гранито-сланцевой оси» (Шамский район, Западная Сибирь) // Эндогенное оруденение в подвижных поясах (XIII Чтения памяти А.Н. Заварицкого): матер. науч. конф. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2007. С. 9-12.
14. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Хиллер В.В. Возраст гранитоидов фундамента Восточно-Шебурской площади (Западная Сибирь) // Уральская минералогическая школа-2010: матер. науч. конф. / УГГУ. Екатеринбург, 2010. С. 76-79.
15. Иванов К.С., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В. История геологического развития и строение фундамента западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 4. С. 484-501.
16. Иванов К.С., Писецкий В.Б., Ерохин Ю.В., Биглов К.Ш., Погромская О.Э., Бикбаев А.З. Была ли здесь нефть? (Геохимический эксперимент палеозойской части разреза скважины Кулынъингольская № 30) // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа-Югры: матер. науч. конф. Т. 2 Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2010. С. 110-116.
17. Игнатъев В.И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы. 4.2. Фации и палеогеография / Казанский университет. Казань, 1962. 337 с.
18. Интерпретация геохимических данных / Интернет Инжиниринг. М., 2001. 288 с.
19. Казаков А.М., Константинов А.Г., Курушин Н.И., Мозучева Н.К., Соболев Е.С., Фрадкина А.Ф., Ядренкин А.В., Девятков В.П., Смирнов Л.В. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система / СО РАН, филиал «ГЕО». Новосибирск, 2002. 322 с.
20. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. Палеогеография Западно-Сибирского бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 972-1012.
21. Короновский Н.В. Краткий курс региональной геологии СССР / Московский университет. М., 1976. 398 с.
22. Коротков Б.С., Симонов А.В. Перспективы поисков газа в глубоких горизонтах Западной Сибири // Вести газовой науки. 2010. № 2. С. 48-56.
23. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. Палеозойская эволюция Полярного Урала: Войкарский бассейн с корой океанического типа существовал не менее 65 млн лет // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2014. Т. 89, вып. 5. С. 56-70.
24. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных / УГГУ. Екатеринбург, 2005. 289 с.
25. Маслов А.В., Мизенс Г.А., Бадида Л.В., Крупенин М.Т., Вовна Г.М., Киселёв В.И., Ронкин Ю.Л. Литогеохимия терригенных ассоциаций южных впадин Предуральского прогиба / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2015. 308 с.
26. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н., Летникова Е.Ф., Туркина О.М., Гражданкин Д.В., Дмитриева Н.В., Ишерская М.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л., Гареев Э.З., Вещева С.В., Лепихина О.П. Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии / УрО РАН. Екатеринбург, 2008. 274 с.
27. Маслов А.В., Шевченко В.П., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Новигатский А.Н., Филиппов А.С., Шевченко Н.В. Систематика Th, Sr, Hf, Co и редкоземельных элементов в современных донных осадках Белого моря и бассейна нижнего течения р. Северная Двина // Докл. АН. 2012. Т. 443, № 2. С. 214-220.
28. Мизенс Г.А. Некоторые особенности распределения малых элементов в верхнепалеозойских красноцветных формациях востока Урала // Ежегодник-2010: сб. науч. ст. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2011. С. 61-64.
29. Мещеряков К.А., Ехлаков Ю.А., Угрюмов А.Н. Роль изучения обломков эффузивных пород в терригенных отложениях триаса севера Западной Сибири // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: матер. науч. конф. / Пермский госуниверситет. Пермь, 2009. С. 37-41.

30. Мещеряков К.А., Карасева Т.В. Особенности формирования триасовых прогибов севера Западной Сибири в связи с нефтегазоносностью // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/31_2010.pdf
31. Палеогеография севера СССР в юрском периоде. Новосибирск: Наука, 1983. 191 с.
32. Петров Г.А. Литолого-фациальный анализ битуминозных комплексов верхнепермских отложений в связи с оценкой ресурсов битумов на территории Татарстана: дис. ... канд. геол.-мин. наук / Казанский государственный университет. Казань, 2000. 236 с.
33. Юдович Я.Э., Кемпус М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
34. Ali S., Statterger K., Garbe-Schonberg D., Frank M., Kraft S., Kuhnt W. The provenance of Cretaceous to Quaternary sediments in the Tarfaya basin, SW Morocco: Evidence from trace element geochemistry and radiogenic Nd–Sr isotopes // J. African Earth Sci. 2014. Vol. 90. P. 64–76.
35. Cullers R.L. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian–Permian age, Colorado, U.S.A.: Implications for provenance and metamorphic studies // Lithos. 2000. Vol. 51. P. 305–327.
36. Cullers R.L., Basu A., Suttner L.J. Geochemical signature of provenance in sand size material in soils and stream sediments near the Tobacco Root batholith, Montana, USA // Chemical Geology. 1988. Vol. 70. P. 335–348.
37. Cullers R.L., Podkovyrov V.N. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Uigroup, southeastern Russia // Prec. Res. 2002. Vol. 117. P. 157–183.
38. Frimmel H.E., Tack L., Basei M.S. et al. Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo // J. African Earth Sciences. 2006. Vol. 46. P. 221–239.
39. Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral Deposit-Forming Environments // Lentz D.R. (Ed.). Geological Association of Canada. 2003. GeoText 4. 184 p.
40. Iizuka T., Komiya T., Rino S., Maruyama S., Hirata T. Detrital zircon evidence for Hf isotopic evolution of granitoid crust and continental growth // Geochim. Cosmochim. Acta. 2010. Vol. 74. P. 2450–2472.
41. McLennan S.M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust // Geochemistry. Geophysics. Geosystems. 2001. Vol. 2. Paper 2000GC000109. 24 p.
42. Murphy J.B., Fernández-Suárez J., Jeffries T.E. Litho-geochemical and Sm–Nd and U–Pb isotope data from the Silurian–Lower Devonian Arisaig Group clastic rocks, Avalon terrane, Nova Scotia: A record of terrane accretion in the Appalachian–Caledonide orogen // GSA Bulletin. 2004. Vol. 116. P. 1183–1201.
43. Perri F., Dominici R., Critelli S. Stratigraphy, composition and provenance of argillaceous marls from the Calcare di Base Formation, Rossano Basin (northeastern Calabria) // Geol. Mag. 2015. Vol. 152. P. 193–209.
44. Puy-Alquiza M.J., Miranda-Aviles R., Cruz-Cruz M., Pérez-Arbizu O., Vega-González M., Ana-Zanor G. Geochemistry and depositional environment of the Losero Formation in the Mesa Central, México // Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2014. Vol. 66. P. 413–430.
45. Rino S., Komiya T., Windley B.F., Katayama I., Motoki A., Hirata T. Major episodic increases of continental crustal growth determined from zircon ages of river sands; implications for mantle overturns in the Early Precambrian // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2004. Vol. 146. P. 369–394.
46. Safonova I., Maruyama S., Hirata T., Kon Y., Rino S. LA ICP MS U–Pb ages of detrital zircons from Russia largest rivers: Implications for major granitoid events in Eurasia and global episodes of supercontinent formation // J. Geodynamics. 2010. Vol. 50. P. 134–153.
47. Tao H., Sun S., Wang Q., Yang X., Jiang L. Petrography and geochemistry of lower carboniferous greywacke and mudstones in Northeast Junggar, China: Implications for provenance, source weathering, and tectonic setting // J. Asian Earth Sciences. 2014. Vol. 87. P. 11–25.
48. Taylor S.R., McLennan S.M. The Continental Crust; Its composition and evolution. London: Blackwell, 1985. 320 p.
49. Veevers J.J., Saeed A. Central Antarctic provenance of Permian sandstones in Dronning Maud Land and the Karoo Basin: Integration of U–Pb and T_{DM} ages and host-rock affinity from detrital zircons // Sed. Geology. 2007. Vol. 202. P. 653–676.

50. Yan B., Yan W., Miao L. et al. Geochemical characteristics and provenance implication of rare earth elements in surface sediments from

bays along Guangdong Coast, Southeast China // Environ. Earth. Sci. 2012. Vol. 65. № 7. P. 2195-2205.

To Reconstruction of the Source Rock Composition and Provenance of Triassic Sediments from Yen-Yakha Superdeep Borehole SG-7, Northern Part of the Western Siberia

A.V. Maslov^{a,b}, T.V. Karaseva^c, Yu.L. Ronkin^a

^aInstitute of Geology and Geochemistry of Ural Branch of RAS, 15 Vonsovskiy Str., Yekaterinburg 620016, Russia. E-mail: amas2004@mail.ru

^bInstitute of Geology of Ufa Scientific Centre of RAS, 16/2 K. Marx Str., Ufa 450077, Russia

^cPerm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia
E-mail: tvkaras@psu.ru

Analysis of trace-element composition of the Triassic argillites, which were intersected by the Yen-Yakha superdeep borehole, showed that these sedimentary rocks could form from both local and remote sources such as the intensively eroded at that time Urals Fold Belt.

Key words: *superdeep borehole Yen-Yakha, clay rocks, distribution of rare and trace elements, Triassic, provenance, northern part of West Siberia.*

References

1. Baturina T.P., Saraev S.V., Travin A.V. 2005. Kamennougolnye i permotriasovye vulkanity v zone sochleneniya Urala i Zapadnoy Sibiri [Carboniferous and Permian-Triassic volcanics at the junction of the Urals and Western Siberia]. *Geologiya i geofizika*. 46(5):504-516. (in Russian)
2. Belokon-Karaseva T.V., Bashkova S.E., Belyaeva G.L., Ekhlakov Yu.A., Gorbachev V.I. 2006. Perspektivy neftegazonosnosti glubokopogruzhennykh otlozheniy severa Zapadnoy Sibiri po dannym sverkhglubokogo bureniya [Oil and gas potential of deep deposits of the north of Western Siberia according results of ultradeep drilling]. *Geologiya nefiti i gaza* (6):2-9. (in Russian)
3. Gurari F.G., Budnikov I.V., Devyatov V.P., Ekhanin A.E., Kazakov A.M., Moskvina V.I. 1988. Stratigrafiya i paleogeografiya ranney i sredney yury Zapadno-Sibirskoy plity [Stratigraphy and paleogeography of Early and Middle Jurassic of the West-Siberian Plate]. In *Regionalnaya stratigrafiya yury Zapadno-Sibirskoy plity*. Novosibirsk, SNIIGGiMS, pp. 60-75. (in Russian)
4. Devyatov V.P., Nikitenko B.L., Shurygin B.N. 2011. Paleogeografiya Sibiri v yurskom periode na etapakh osnovnykh perestroek [Jurassic paleogeography of Siberia on the stages of major reconstruction]. *News of paleontology and stratigraphy*. 16-17: 87-101. (in Russian)
5. Erokhin Yu.V., Ivanov K.S., Fedorov Yu.N. 2008. Kontaktovyy metamorfizm v doyurskom osnovanii Shaimskogo rayona Zapadno-Sibirskogo basseina [Contact metamorphism in pre-Jurassic basement of the Shaim region of the Western Siberian megabasin]. In *Sostoyanie, tendentsii i problemy razvitiya neftegazovogo potentsiala Zapadnoy Sibiri*. Tumen, ZapSibNIIGG, pp. 174-182. (in Russian)
6. Erokhin Yu.V., Khiller V.V., Ivanov K.S., Rylkov S.A., Bochkarev V.S. 2014. Mineralogiya metamorficheskikh slantsev iz doyurskogo osnovaniya yuzhnoy chasti poluostrova Yamal [Schist's mineralogy of the pre-Jurassic basement, southern Yamal Peninsula]. *Litosfera* 5:136-140. (in Russian)

7. Ekhlakov Yu.A., Yugrumov A.N., Sanfirova S.S. 2012. Novye dannye o stroenii krasnoselkupskey serii Zapadnoy Sibiri [New data on the structure of Krasnoselkupskaya Group of Western Siberia]. *Geologia, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* 7:16-25. (in Russian)
8. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V. 2010a. Pozdneordovikijskie vylkanity iz ofiolitovoy assotsiatsii fundamenta Shaimskogo rayona (Zapadnaya Sibir) [Late Ordovician volcanic rocks of ophiolite association from the basement of Shaim region (Western Siberia)]. In *Ezhegodnik-2009*. Yekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 134-137. (in Russian)
9. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V. 2010b. Veshchestvennyy sostav i vozrast kislykh vylkanitov i granitoidov doyrskogo osnovaniya Tynyarskoj ploschadi vostoka Yugry [Composition and age of the felsic volcanics and granitoids of the pre-Jurassic basement of Tynyarskaya area of the eastern Yugra]. In *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga-Yugra*. V. 1. IzdatNaukaServis, Khanty-Mansiysk, pp. 142-155. (in Russian)
10. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Panov V.F., Savenko V.A., Fedorov Yu.N. 2014. Geokhimicheskaya neodnorodnost i rekonstruktsiya istochnikov snosa verkhneyurskikh peshchanikov v zapadnoy chasti Zapadnoy Sibiri [The geochemical heterogeneity and reconstruction of the provenances of the Upper Jurassic sandstones in the western part of Western Siberia]. *Doklady Akademii nauk*. 456(3):332-337. (in Russian)
11. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Ronkin Yu.L., Khiller V.V., Rodionov N.V., Lepikhina O.P. 2012b. Pervye svedeniya o ranneproterozoyском sialicheskom fundamente na vostoке Zapadno-Sibirskoy platformy (rezultaty issledovaniy Tynyarskogo riolit-granitnogo massiva) [The first information about the Early Proterozoic sialic basement in the East of the West Siberian Platform (results of Tynyarsky rhyolite-granite massif study)]. *Geologiya i geofizika*. 53(10):1304-1321. (in Russian)
12. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Fedorov Yu.N. 2012a. O vozraste granitoidov Nyalinskoy ploschadi fundamenta Zapadnoy Sibiri [About the age of granitoids of the Nyalinskaya area of Western Siberia]. In *Ezhegodnik-2011*. Yekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 207-210. (in Russian)
13. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Fedorov Yu.N., Ponomarev V.S. 2007. Veshchestvennyy sostav plutonov «granitno-metamorficheskoy osi» (Shaimskiy rayon, Zapadnaya Sibir) [Composition of the «granite-schist axis» plutons (Shaim region, Western Siberia)] In *Endogennoe orudnenie v podvizhnykh po-yasakh*. Yekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 9-12. (in Russian)
14. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Khiller V.V. 2010a. Vozrast granitoidov fundamenta Vostochno-Sheburskoy ploschadi (Zapadnaya Sibir) [Age of granitoids from the basement of the East-Shebur area (Western Siberia)] In *Uralskaya mineralogicheskaya shkola-2010*. Yekaterinburg, UrSMU, pp. 76-79. (in Russian)
15. Ivanov K.S., Koroteev V.A., Pecherkin M.F., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V. 2009. Istoriya geologicheskogo razvitiya i stroenie fundamenta zapadnoy chasti Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo megabasseyna [History of geological evolution and the basement structure of the western part of Western Siberian oil-and-gas megabasin]. *Geologiya i Geofizika*. 50(4):484-501. (in Russian)
16. Ivanov K.S., Pisetskiy V.B., Erokhin Yu.V., Biglov K.Sh., Pogromskaya O.E., Bikbaev A.Z. 2010b. Byla li zdes' heft'? (Geokhimicheskij eksperiment paleozoiskoy chasti razreza skvazhiny Kulynigolskaya 30) [Whether there was oil? (Geochemistry experiment in the Paleozoic section of the Kulynigolskaya 30 borehole)]. In *Puti realizatsii neftegazovogo i rudnogo potentsiala Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga-Yugra*. V. 2. IzdatNaukaServis, Khanty-Mansiysk, pp. 110-116. (in Russian)
17. Ignatyev V.I. 1962. Tatrskiy yarus tsentralnykh i vostochnykh oblastey Russkoy platformy. 4.2. Fatsii i paleogeografiya [Tatarian Stage of the central and eastern regions of the Russian Platform. 4.2. Facies and paleogeography]. Kazan, Kazanskii universitet, p. 337. (in Russian)
18. *Interpretatsiya geokhimicheskikh dannykh* [Interpretation of geochemical data]. 2001. Intermet Inzhiniring, Moskva, p. 288. (in Russian)
19. Kazakov A.M., Konstantinov A.G., Kurushin N.I., Mogusheva N.K., Sobolev E.S., Fradkina A.F., Yadrenkin A.V., Devyatov V.P., Smirnov L.V. 2002. Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Triasovaya sistema [Stratigraphy of Siberian oil-and-gas basins. Triassic

- System]. Izd. SB RAN, Novosibirsk, p. 322. (in Russian)
20. *Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shyrugin B.N., Vakulenko L.G., Gaydeburova E.A., Danilova V.P., Kazanenkova V.A., Kim N.S., Kostureva E.A., Moskvina V.I., Yan P.A.* 2013. Paleogeografiya Zapadno-Sibirskogo basseyna v yurskom periode [Paleogeography of the Western Siberian basin in Jurassic]. *Geologiya i Geofizika*. 54(8):972-1012. (in Russian)
 21. *Koronovskiy N.V.* 1976. Kratkiy kurs regionalnoy geologii SSSR [Short course of regional geology of the USSR]. Izd. Moscovskogo universiteta, Moskva, p. 398. (in Russian)
 22. *Korotkov B.S., Simonov A.V.* 2010. Perspektivy poiskov gaza v glubokikh gorizontakh Zapadnoy Sibiri [Prospects of gas exploration in deeper horizons of the Western Siberia]. *Vesti gazovoy nauki*. 2:48-56. (in Russian)
 23. *Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V.* 2014. Paleozoyskaya evolutsiya Polyarnogo Urala: Voykarskiy basseyn s koroy okeanicheskogo tipa sushchestvoval ne menee 65 mln let [Paleozoic evolution of the Polar Urals: Voykarskiy basin with oceanic crust has been existed at least for 65 million years]. *Byulleten MOIP*. 89(5):56-70. (in Russian)
 24. *Maslov A.V.* 2005. Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsiya poluchennykh dannyykh [Sedimentary rocks: methods of study and data interpretation]. UrSMU, Yekaterinburg, p. 289. (in Russian)
 25. *Maslov A.V., Mizens G.A., Badida L.V., Krupenin M.T., Vovna G.M., Kiselev V.I., Ronkin Yu.L.* 2015. Litogeokhimiya terrigennykh assotsiatsiy yuzhnykh vpadin Preduralskogo progiba [Litho-geochemistry of the terrigenous associations in southern depressions of the Pre-Urals fore-deep]. IGG UB RAS, Yekaterinburg, p. 308. (in Russian)
 26. *Maslov A.V., Nozhkin A.D., Podkovyrov V.P., Letnikova E.F., Turkina O.M., Grazhdankin D.V., Dmitrieva N.V., Isherskaya M.V., Krupenin M.T., Ronkin Yu.L., Gareev E.Z., Vescheva S.V., Lepikhina O.P.* 2008. Geokhimiya tonkozernistykh terrigennykh porod verkhnego dokembriya Severnoy Evrazii [Geochemistry of fine-grained clastic rocks of the Upper Precambrian, North Eurasia]. UB RAS, Yekaterinburg, p. 274. (in Russian)
 27. *Maslov A.V., Shevchenko V.P., Ronkin Yu.L., Lepikhina O.P., Novigatskiy A.N., Filippov A.S., Shevchenko N.V.* 2012. Sistematika Th, Cr, Hf, Co i redkozemelnykh elementov v sovremennykh donnykh osadkakh Belogo morya i basseyna nizhnego techeniya r. Severnaya Dvina [Systematics of Th, Cr, Hf, Co, and rare-earth elements in modern bottom sediments of the White Sea and lower reaches of the Severnaya Dvina River]. *Doklady Akademii Nauk*. 443(2):214-220. (in Russian)
 28. *Mizens G.A.* 2011. Nekotorye osobennosti raspredeleniya malykh elementov v verkhne-paleozoyskikh krasnotsvetnykh formatsiyakh vostoka Urala [Some features of the distribution of minor elements in Upper Paleozoic red-coloured formations of the East of the Urals]. *In Ezhegodnik-2010. IGG UB RAS, Yekaterinburg*, pp. 61-64. (in Russian)
 29. *Meshcheryakov K.A., Ekhlakov Yu.A., Ugryumov A.N.* 2009. Rol izucheniya oblomkov effuzivnykh porod v terrigennykh otlozheniyakh triasa severa Zapadnoy Sibiri [The role of studying the effusive volcanic rocks in the Triassic terrigenous sediments in the north of Western Siberia]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. Izd. Permskogo universiteta, Perm, pp. 37-41. (in Russian)
 30. *Meshcheryakov K.A., Karaseva T.V.* 2010. Osobennosti formirovaniya triasovykh progibov severa Zapadnoy Sibiri v svyazi s neftegazonosnostyu [Features of formation of Triassic depressions in the northern part of Western Siberia in connection with an oil-and-gas presence]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* 5(3). URL: www.ngtp.ru/rub/4/31_2010.pdf (May 3, 2016). (in Russian)
 31. *Paleogeografiya severa SSSR v yurskom periode*. [Jurassic paleogeography of the north part of the USSR]. Nauka, Novosibirsk, 1983, p. 191. (in Russian)
 32. *Petrov G.A.* 2000. Litologo-fatsialnyy analiz bituminoznykh kompleksov verkhne-permskikh otlozheniy v svyazi s otsenkoy resursov bitumov na territorii Tatarstana [Lithofacial analysis of bituminous complexes of Upper Permian deposits in connection with the evaluation of bitumen resources in Tatarstan]. Thesis of kand. geol. mineral. nauk. Kazanskiy gos. universitet, Kazan, p. 236. (in Russian)
 33. *Yudovich Ya.E., Ketris M.P.* 2000. Основы литохимии [Fundamentals of lithochemistry]. Nauka, Sankt-Petersburg, p. 479 c. (in Russian)

34. Ali S., Stattegger K., Garbe-Schonberg D., Frank M., Kraft S., Kuhnt W. 2014. The provenance of Cretaceous to Quaternary sediments in the Tarfaya basin, SW Morocco: Evidence from trace element geochemistry and radiogenic Nd–Sr isotopes. *J. African Earth Sci.* 90:64-76. doi:10.1016/j.jafrearsci.2013.11.010
35. Cullers R.L. 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, U.S.A.: Implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos.* 51:305-327. doi:10.1016/S0024-4937(99)00063-8
36. Cullers R.L., Basu A., Suttner L.J. 1988. Geochemical signature of provenance in sand size material in soils and stream sediments near the Tobacco Root batholith, Montana, USA. *Chem. Geol.* 70:335-348. doi:10.1016/0009-2541(91)90003-A
37. Cullers R.L., Podkovyrov V.N. 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Ui group, southeastern Russia. *Precam. Res.* V. 117. P. 157–183. doi:10.1016/S0301-9268(02)00079-7
38. Frimmel H.E., Tack L., Basei M.S., Nutman A.P., Boven A. 2006. Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo. *J. African Earth Sciences.* 46:221–239. doi:10.1016/j.jafrearsci.2006.04.010
39. *Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral Deposit-Forming Environments.* 2003. Lentz D.R. (Ed.). Geological Association of Canada. *GeoText* 4. 184 p.
40. Iizuka T., Komiya T., Rino S., Maruyama S., Hirata T. 2010. Detrital zircon evidence for Hf isotopic evolution of granitoid crust and continental growth. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 74:2450-2472. doi:10.1016/j.gca.2010.01.023
41. McLennan S.M. 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems.* 2. Paper 2000GC000109. p. 24.
42. Murphy J.B., Fernández-Suárez J., Jeffries T.E. 2004. Litho-geochemical and Sm–Nd and U–Pb isotope data from the Silurian–Lower Devonian Arisaig Group clastic rocks, Avalon terrane, Nova Scotia: A record of terrane accretion in the Appalachian-Caledonide orogeny. *GSA Bulletin.* 1169:1183. doi:10.1130/B25423.1
43. Perri F., Dominici R., Critelli S. 2015. Stratigraphy, composition and provenance of argillaceous marls from the Calcare di Base Formation, Rossano Basin (northeastern Calabria). *Geol. Mag.* 152:193-209. doi:10.1017/S0016756814000089
44. Puy-Alquiza M.J., Miranda-Aviles R., Cruz-Cruz M., Pérez-Arbizu O., Vega-González M., Ana-Zanor G. 2014. Geochemistry and depositional environment of the Losero Formation in the Mesa Central, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.* 66:413-430.
45. Rino S., Komiya T., B.F. Windley, Katayama I., Motoki A., Hirata T. 2004. Major episodic increases of continental crustal growth determined from zircon ages of river sands: implications for mantle overturns in the Early Precambrian. *Physics of the Earth and Planetary Interiors.* 146:369-394. doi:10.1016/j.pepi.2003.09.024
46. Safonova I., Maruyama S., Hirata T., Kon Y., Rino S. 2010. LA ICP MS U–Pb ages of detrital zircons from Russia largest rivers: Implications for major granitoid events in Eurasia and global episodes of supercontinent formation. *J. Geodynamics.* 50:134-153. doi:10.1016/j.jog.2010.02.008
47. Tao H., Sun S., Wang Q., Yang X., Jiang L. 2014. Petrography and geochemistry of lower carboniferous greywacke and mudstones in Northeast Junggar, China: Implications for provenance, source weathering, and tectonic setting. *J. Asian Earth Sciences.* 87:11-25. doi:10.1016/j.jseaes.2014.02.007
48. Taylor S.R., McLennan S.M. 1985. *The Continental Crust: Its composition and evolution.* London, Blackwell, p. 320.
49. Veevers J.J., Saeed A. 2007. Central Antarctic provenance of Permian sandstones in Dronning Maud Land and the Karoo Basin: Integration of U–Pb and T_{DM} ages and host-rock affinity from detrital zircons. *Sed. Geology.* 202:653-676. doi:10.1016/j.sedgeo.2007.07.011
50. Yan B., Yan W., Miao L., Huang L., Chen Z. 2012. Geochemical characteristics and provenance implication of rare earth elements in surface sediments from bays along Guangdong Coast, Southeast China. *Environ. Earth Sci.* 65(7):2195-2205. doi:10.1007/s12665-011-1514-x