



УДК 552.313.8(235.223)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.137>

Вещественный состав и генезис вендской щелочной пирокластики Бирюсинского Присяянья

Е. Н. Федерягина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Ю. С. Андреева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск

А. В. Иванов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Изучен вещественный состав неопротерозойских высококальциевых терригенных отложений карагасской серии Бирюсинского Присяянья и возможных источников сноса обломочного материала – палеопротерозойских гранитов Саянского комплекса и более древних метаморфических образований сублукской серии Бирюсинской глыбы. Особое внимание в статье уделено минералого-петрографическим особенностям исследуемых пород. В результате проведенных исследований установлена весьма ограниченная возможность их участия в качестве источников обломочного материала при формировании рассматриваемых отложений. При изучении вещественных характеристик выявлено, что породы карагасской серии имеют вулканокластическую природу, связанную с деятельностью щелочного магматизма. Терригенные отложения карагасской серии отмечаются незначительными вариациями изотопных Sm–Nd-характеристик, что обусловлено единым источником сноса, вероятно, представляющего собой внутриплитные рифтогенные магматические комплексы, а модельный возраст – $T(DM) = 2,3–2,5$ млрд лет в сочетании с $\epsilon Nd_{(800 \text{ млн лет})}$ от –12,6 до –16,2 свидетельствуют в целом о вкладе древнекорового материала. Имеющиеся в распоряжении авторов U–Pb-датировки детритовых цирконов карагасской серии характеризуются значениями возрастов в интервале 630–640 млн лет. Такие возрастные рубежи наблюдаются и в породах Белозиминского карбонатитового массива, также локализованного в пределах Бирюсинского Присяянья. Таким образом, совокупность полученных результатов ярко демонстрирует интенсивное проявление щелочного магматизма и вулканизма на этой территории.

Ключевые слова: карагасская серия, Бирюсинская глыба, пирокластические породы, венд, вещественный состав.

Для цитирования: Федерягина Е. Н., Андреева Ю. С., Иванов А. В. Вещественный состав и генезис вендской щелочной пирокластики Бирюсинского Присяянья // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 25. С. 137–149. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.137>

Введение

При построении палеогеодинамических реконструкций в пределах Сибирской платформы и ее складчатого обрамления основное внимание отводится магматическим и метаморфическим комплексам. При этом изучение

изотопно-геохимических характеристик неопротерозой-палеозойских аквальных осадочных серий в краевых частях Сибирской платформы позволяет более корректно на основе реконструкций геодинамических обстановок седиментогенеза отдельных осадочных бассейнов проследить зарождение, раскрытие и поэтапное закрытие Палеоазиатского океана. С существованием этого океана связывают основную эпоху осадконакопления в пределах Центрально-Азиатского орогенного пояса [Позднетриасовый этап магматической ... , 2014].

С другой стороны, проявления щелочного магматизма в пределах древних платформ являются индикаторными при реконструкциях обстановок растяжения, которые нередко связаны с процессами рифтогенеза – начальной стадии раскола континентальной коры. С учетом эксплозивного характера щелочного вулканизма диагностика этого процесса возможна на основе выявления в осадочной последовательности древних платформ продуктов этого вулканического события – туфов, вулканокластических брекчий и т. д. При изучении позднедокембрийских отложений карагасской серии Бирюсинского Присяянья на основе литологических, минералогических, геохимических и изотопных исследований установлены их вулканокластическая природа, связанная с проявлениями щелочного вулканизма, и возраст этих событий. Ранее эти породы относились к нормально осадочным, а этапов вулканизма на изученных территориях не выделялось [Проблема диагностики продуктов ... , 2018].

Методы исследования

Исследования петрогенных компонентов в породах проводились методом рентгенофлуоресцентного анализа, редкоэлементного состава пород – методом ICP MS. Химический состав минералов определялся методом рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

Выделение чистых фракций неодима выполнялось по методике, описанной в [Combined chemical separation ... , 2010]. Изотопные составы неодима измерялись как ионные токи металлов на термоионизационном многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT-262 в Байкальском центре коллективного пользования СО РАН (г. Иркутск).

Для проведения локального U–Pb-датирования цирконов методом LA-ICP MS отборы мономинеральных фракций размером 0,5–0,25 и 0,25–0,16 мм осуществлялись под бинокулярной лупой. U–Pb-датирование методом LA ICP MS выполнялось в Университете Гонконга по методике, описанной в [Zircon U–Pb and Hf ... , 2008].

Особенности геологического строения карагасской серии

В пределах Бирюсинского выступа Сибирской платформы изучены неопротерозойские позднекембрийские терригенные отложения карагасской серии (рис. 1), характеризующиеся высокими содержаниями K_2O от 5 до 12 мас. % и низкими Na_2O (менее 0,1 мас. %), и более древние магматические и метаморфические породы возможных источников сноса – палеопр-

терозойские граниты Саянского комплекса, гнейсы сублукской серии фундамента раннедокембрийской Бирюсинской глыбы. Проведено их детальное петрографическое изучение, в том числе состава породообразующих и акцессорных минералов с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Красноцветные терригенные отложения карагасской серии протянулись полосой более 100 км в пределах раннедокембрийской Бирюсинской глыбы вдоль северо-восточных предгорий Восточного Саяна от бассейна р. Туманшет до бассейна р. Ии. Карагасская серия (максимальная мощность – около 2400 м) залегает на разновозрастных комплексах пород фундамента с угловым несогласием, выполняя очень пологие широкие структуры; подразделяется на три свиты – шангулежскую, тагульскую и ипситскую (рис. 2) [Геологическая карта: N-47 ... , 2012].

Каждая свита представляет собой крупный седиментационный цикл от кластических прибрежно-морских и континентальных к шельфовым карбонатным осадочным системам. Возраст этих отложений оценен как древнее 760 млн лет по прорывающим их силлам долеритов нерсинского комплекса.

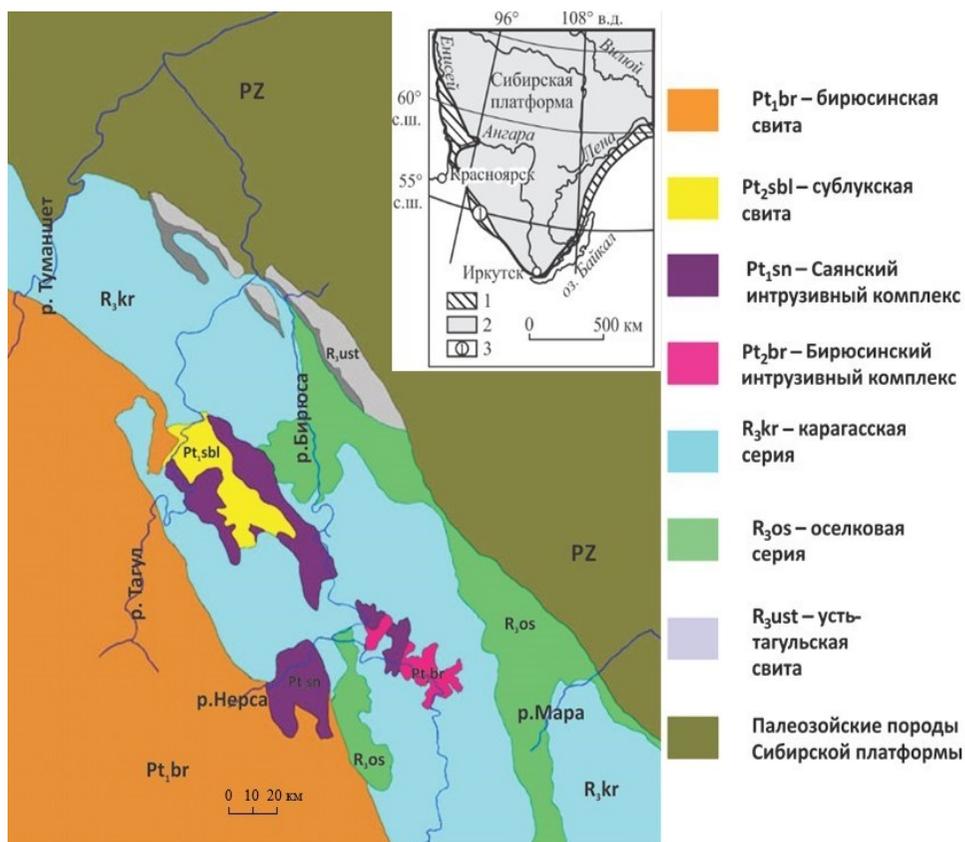


Рис. 1. Схема геологического строения Бирюсинского Присянья [Геологическая карта: N-47 ... , 2012]. На вкладке отмечено положение объектов исследования. Условные обозначения: 1 – складчатое обрамление Сибирской платформы, 2 – Сибирская платформа, 3 – объект исследования

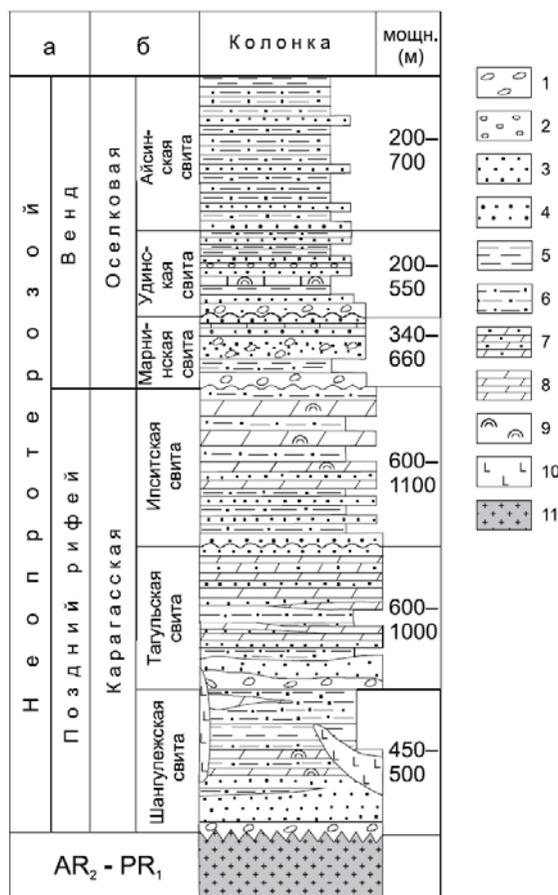


Рис. 2. Схематический разрез докембрийских образований Бирюсинского Присяжья [Геологическая карта: N-47 ... , 2012, с изменениями по Брагин, 1986, Решения Всесоюзного стратиграфического ... , 1983, Мотова, Донская, Гладкочуб, 2016]: а – общая хроностратиграфическая шкала; б – серии и свиты: 1 – архейско-раннепротерозойский фундамент Сибирского кратона; 2 – конгломераты; 3 – мелкогалечные конгломераты и гравелиты; 4 – песчаники; 5 – кремнистые алевролиты и песчаники; 6 – аргиллиты; 7 – алевролиты; 8 – песчаные доломиты; 9 – доломиты; 10 – строматолиты и микрофитолиты; 11 – долериты и габбро-долериты

Результаты минералого-петрографических исследований

Для песчаников карагасской серии характерна косая и горизонтальная слоистость, окатанность обломков разнообразна – от хорошо окатанных обломков кварца до угловатых обломков, последние преобладают в породе, цемент кремнистый или кремнисто-глинистый (рис. 3). Форма и размеры обломков указывают на близкий перенос обломочного материала. Потенциальными источниками сноса на рассматриваемой территории могли послужить граниты, в том числе турмалиновые Саянского комплекса и метаморфические породы сублукской серии Бирюсинской глыбы.

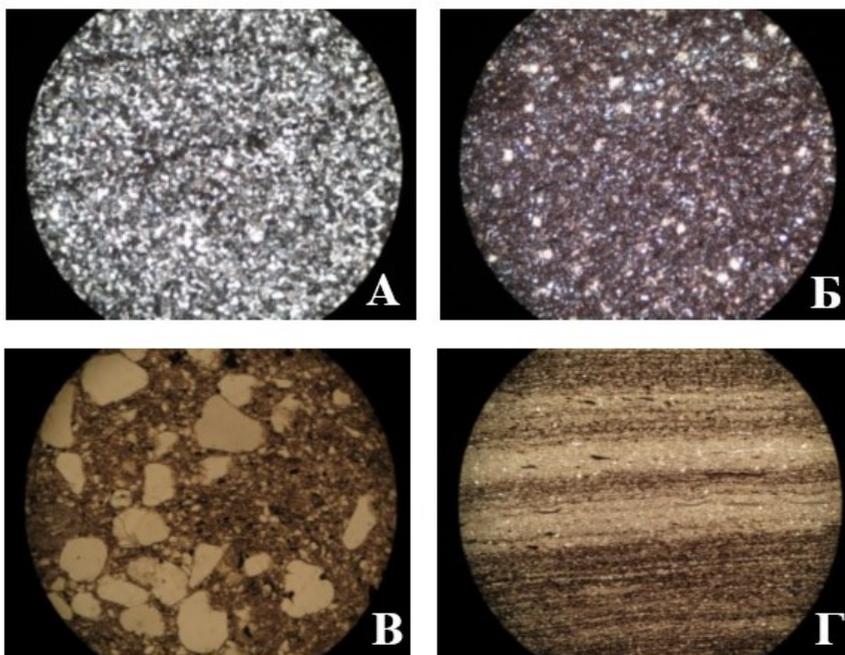


Рис. 3. Микрофотографии пород карагасской серии: А, Б – аркозовый песчаник (А – в параллельных николях, Б – в скрещенных николях), увеличение 20х; В – обломки пород в песчаниках (в том числе вулканомиктовые), увеличение 40х; Г – слоистая текстура пород карагасской серии, увеличение 10х

Изучение минерального состава турмалинового гранита Саянского комплекса (междуречье Бирюсы и Тагула) показало, что породообразующие минералы имеют следующие характеристики. Кварц повсеместно имеет мелкие включения мусковита и флюорита. Среди полевых шпатов присутствуют калиевый полевой шпат, иногда с невысокими содержаниями Ва (в периферических областях до 0,1–0,2 мас. %), и плагиоклазы, которые образуют как отдельные кристаллы, так и пертиты. В центральной части калиевых полевых шпатов и раскристаллизованной массы отмечается повышенное содержание Ва до 1,8 мас. %. По составу плагиоклазы отнесены к кислым ($Ca < 0,2$ мас. %). Среди второстепенных породообразующих минералов выделен хлорит, который не имеет идиоморфного облика и почти всегда наблюдается в сочетании с рутилом, синхизитом, ильменитом и оксидами железа. Для хлорита характерна примесь Mn до 0,5 мас. %. Акцессорные минералы представлены зональным цирконом округлой формы с примесью Hf до 1,3 мас. % и идиоморфными кристаллами турмалина, который по составу является шерлом. Апатит в породе не обнаружен.

Другой разновидностью гранитов Саянского комплекса являются бес-турмалиновые лейкограниты. Среди породообразующих также выделяется кварц, с включениями биотита, калиевых полевых шпатов (содержание Ва не обнаружено), и плагиоклазов кислого состава (Ca до 0,2 мас. %). Плагиоклазы содержат антипертитовые вросстки. Хлорит имеет состав, аналогич-

ный турмалиновым гранитам, но уже в сростании с эпидотом. Рудные минералы представлены рутилом, ильменитом, оксидами железа. Из аксессуарных отмечен циркон и фторапатит в сростании с хлоритом и амфиболом.

Таким образом, состав гранитов Саянского комплекса следующий: кварц, примерно равные доли калиевого полевого шпата и плагиоклаза, среди аксессуарных циркон, турмалин и фторапатит, мелкие зерна рутила, синхизита, ильменита.

Петрографические исследования гнейсов сублукской серии в двух образцах (междуречье Бирюсы и Тагула) показали, что основную массу составляют биотит и мусковит, с отдельными зернами плагиоклаза. Аксессуарные минералы представлены округлыми незональными зернами циркона, редко с примесью Hf, а также магнетитом, рутилом, ильменитом, моноцитом в фторапатите и ортите.

Крупнозернистые красноцветные песчаники базальных слоев карагаской серии (верховья р. Ухват) сложены обломками различной степени окатанности и размерности. Основной объем обломков представлен кварцем и зональными зернами калиевого полевого шпата. В центральной части зерен калиевых полевых шпатов повсеместно присутствует Ва. Плагиоклазы среди обломков не обнаружены при изучении как в поляризационном, так и электронном микроскопах. Аксессуарные минералы: различные слюды, рутил, магнетит, монацит, фторапатит и циркон.

Средняя часть разреза изучена в среднем течении р. Туманшет (образцы из коллекции д-ра геол.-минерал. наук А. Д. Ножкина). Здесь отмечены красноцветные мелкозернистые песчаники, обломки, близкие по размерности, неокатанные.

В основной массе преобладает калиевый полевой шпат при незначительном присутствии окатанных обломков кварца (менее 30%). Химический состав, включая повышенные содержания Ва, состав включений – такой же, как и в песчаниках основания карагаской серии. Заметим, что расстояние между точками пробоотбора составляет 100 км. Аксессуарные минералы: циркон, рутил, фторапатит (иногда в сростании с монацитом), монацит, хлорит.

Верхняя часть разреза изучена в районе р. Мара. Он характеризуется красноцветными среднезернистыми песчаниками с практически не окатанными обломками, основная масса которых состоит из кварца и калиевых полевых шпатов, подобных по составу зернам из нижней и средней части разреза этой серии. В крупных обломках калиевого полевого шпата установлены идиоморфные прорастания крупных включений доломита. Такая минералогическая особенность отмечена в породах Белозиминского щелочного массива, расположенного менее чем в 100 км от этого места. Редко встречаются мелкие зерна мусковита. Аксессуарные минералы: циркон, фторапатиты, магнетит и графит.

Завершают разрез практически черные мелкозернистые песчаники. Среди аксессуарных минералов отмечаются зерна Mn-Fe граната (альмандин), Zn хромистую шпинель, фторапатит, циркон, магнетит, рутил и монацит.

Подобная минералогическая особенность отмечена в породах Белозиминского щелочного массива, расположенного почти в 100 км от изученных выходов пород карагасской серии [Состав магм, условия ... , 2007]. Среди аксессуарных минералов преобладают циркон с высокими концентрациями Th, фторапатиты с повышенными содержаниями редкоземельных элементов (РЗЭ), магнетит, рутил, монацит. Установлены минералы с идиоморфной формой, где в центре находится КПШ, средняя оболочка представлена апатитом с высоким содержанием РЗЭ, внешняя оболочка – редкоземельным апатитом. Правильные идиоморфные формы кристаллов доломита, кристаллов апатита и других минералов указывают на отсутствие их транспортировки. Это возможно при образовании данных минералов на месте, при осаждении раскаленной тефры, где хватает температуры для протекания процессов минералообразования (автометаморфизм). Особенности химического и минерального состава изученных песчаников позволяют считать, что источниками обломочного материала для них послужили продукты высококалийного щелочного вулканизма. Как таковыми эти отложения осадочными не являются, а представляют собой вулканогенно-осадочные породы, образовавшиеся в результате эруптивного вулканизма.

Особенности литохимического и геохимического составов пород

Согласно классификации терригенных пород с использованием литохимических модулей, отложения карагасской серии характеризуются содержанием оксида магния, превышающим 3 мас. %, и значением фемического модуля (ФМ) более 0,1 и относятся к пирогенным породам. Алевролиты из верхних слоев карагасской серии по содержанию MgO также определяются как пирогенные, но в данном случае нельзя утверждать о принадлежности их к вулканогенным породам, так как часть цемента в этих породах представлена доломитом.

Средние содержания отдельных петрогенных компонентов (в мас. %) и вариации содержаний редких элементов (в г/т) показаны в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение средних значений геохимических характеристик терригенных отложений карагасской серии и постархейского глинистого сланца (PAAS)

Компоненты	Карагасская серия	PAAS	Компоненты	Карагасская серия	PAAS
K ₂ O	9,1	3,7	Eu	0,7–0,9	1,1
Na ₂ O	0,1	1,2	Yb	1,3–1,5	2,8
MgO	2,1	2,2	La/Yb	19,2–21,9	9,2
Al ₂ O ₃	11,7	18,9	Eu/Eu*	0,8	0,66
FeO _{общ}	2,5	6,5	La/Th	4,4–4,7	2,8
U	1,7–1,8	3,1	Zr	107,1–241,6	210,0
Th	5,2–7,6	14,6	Rb	87,9–135,8	112,0
Th/U	2,9–4,3	4,71	Y	12,9–13,4	27,0
La	24,6–33,4	38,0	Cr	56,3–136,3	110,0
Ce	53,9–65,5	80,0	Hf	2,9–6,3	5,0

Примечание. *Содержание элементов определено в Аналитическом центре ИЗК СО РАН.

Терригенные отложения карагасской серии содержат от 117 до 150 г/т редкоземельных элементов. Распределение РЗЭ характеризуется пологим наклоном кривой ($LREE/HREE = 3,6$) и слабовыраженной Eu – отрицательной аномалией (Eu/Eu^* от $-0,76$ до $-0,81$) (рис. 4). В целом редкоземельный состав пород карагасской серии наиболее значительно варьирует в легкой части спектра, различаясь более чем в 10 раз в экстремальных по составам пробах.

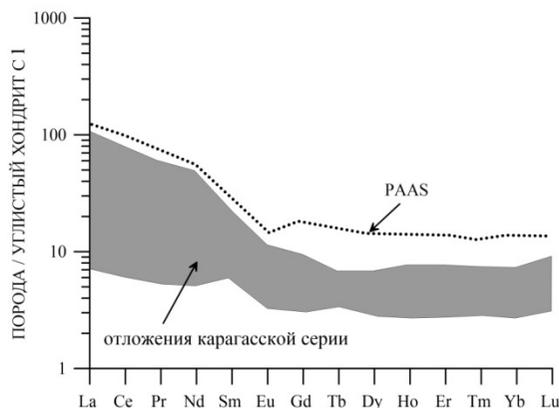


Рис. 4. Распределение редкоземельных элементов в породах карагасской серии. Состав постаршейского глинистого сланца приведен по [Chemical composition of ... ,1998]

С целью более корректной оценки вероятных источников сноса был исследован изотопный состав Sm и Nd неопротерозойских терригенных пород Бирюсинского Присяянья. При расчете Nd-модельного возраста и ϵNd использованы современные величины отношений для деплетированной мантии и CHUR, значения параметра ϵNd рассчитаны для карагасской серии на $t = 800$ млн лет, что соответствует верхней возрастной границе осадконакопления и вулканизма, исходя из возраста синосадочных стратифицированных отложений серии силлов и даек нерсинского комплекса [Геологическая карта ... , 2012] (табл. 2).

Таблица 2

Sm–Nd-данные для терригенных отложений Бирюсинского Присяянья

Номер пробы Карагасская серия	Sm, г/г	Nd, г/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	T , млн лет	$T(\text{DM})$, млн лет	ϵNd (T)
M6/07	5,2	33,6	0,0932	0,511290	800	2343	-15,7
C27/07	5,4	34,4	0,0957	0,511371	800	2290	-14,4
C3/07	7,7	46,5	0,1002	0,511303	800	2470	-16,2
C38/07	4,9	27,9	0,1075	0,511533	800	2312	-12,4

Примечание. T – возраст стратиграфического подразделения, принятый для расчета $\epsilon Nd(T)$ и $T(\text{DM})$ -2st. При анализе Sm–Nd-изотопного состава терригенных пород значения Nd-модельного возраста относительно деплетированной мантии $T(\text{DM})$ определены исходя из известных величин [Goldstein, Jacobsen, 1988]: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,21365$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,513151$. Параметр $\epsilon Nd(T)$ рассчитан с учетом стратиграфического возраста осадочных пород и современных значений $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512638$ и $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1967$ [Jacobsen, 1984] для однородного хондритового резервуара (CHUR); корректировка $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ выполнялась по [Geochemical and NdSr ... , 1990]. Изотопные параметры и их расчеты проводились с учетом рекомендаций [Allegre, 2008; Faure, 2004; White, 2015; Dickin, 2018].

Наиболее древние неопротерозойские терригенные отложения Бирюсинского Присянья, представленные породами карагасской серии, имеют протерозойский Nd-модельный возраст – $T(DM) = 2,3–2,5$ млрд лет и характеризуются ϵNd_{800} от -12,6 до -16,2.

Полученные результаты U–Pb-датирования цирконов из высококалийевых пород в основании карагасской серии (р-н р. Уват) показывает, что основная популяция цирконов (40 зерен) имеет возраст в интервале 630–640 млн лет. В меньшем объеме представлены популяции цирконов неопротерозоя (около 720 млн лет), палеопротерозоя и архея. Следует отметить, что для цирконов, выделенных из песчаников ордовика в пределах Бирюсинской глыбы выявлен пик с возрастом 630 млн лет на основе датирования цирконов, не проявленный в отложениях других частей Сибирской платформы.

Заключение

В ходе проведенных минералого-петрографических исследований пород карагасской серии установлены два типа минерального проявления калиевых полевых шпатов – крупных кристаллокластов с повышенными концентрациями Ва в центральной части и раскристаллизованной стекловатой массы. Обе эти группы характеризуются содержанием Na ниже 0,1 мас. %. В КПШ второго типа отмечено в достаточном количестве прораствание идиоморфного ромбического доломита с высокой анкеритовой составляющей. Особенности минерального состава приводят к выводу о весьма ограниченной возможности участия палеопротерозойских гранитов Саянского комплекса и более древних метаморфических образований сублукской серии Бирюсинской глыбы в качестве источников обломочного материала при формировании изучаемых отложений. Терригенные породы карагасской серии по петрохимическим данным практически полностью представлены аркозами, что полностью совпадает с петрографическими исследованиями. Изотопный состав неодима и модельный возраст $T(DM) = 2,3–2,5$ млрд лет свидетельствует о вкладе древнекорового материала в пределах Сибирской платформы. Исследованные терригенные породы не имеют существенных вариаций изотопных параметров, что свидетельствует о едином источнике сноса для них.

Полученные U–Pb-датировки детритовых цирконов карагасской серии вулканических образований определен в интервале 630–640 млн лет. Этот же возрастной интервал установлен для пород Белозиминского карбонатитового массива, который также находится в пределах Бирюсинского Присянья. Это указывает, с учетом значительного распространения в пределах этого блока высококалийевых образований карагасской серии, на интенсивное проявление щелочного магматизма и вулканизма на этой территории.

Список литературы

Брагин С. С. Некоторые проблемы стратиграфии карагасской серии позднего рифея Присаянья // Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Стратиграфия и палеонтология. Новосибирск : Изд-во ИГиГ СО РАН СССР, 1986. С. 32–39.

Геологическая карта: N-47 (Нижнеудинск). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Третье поколение. Ангаро-Ленская серия, масштаб: 1:1 000 000, серия: Ангаро-Ленская. Объяснительная записка / Т. Ф. Галимова [и др.]. СПб. : Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 652 с.

Мотова З. Л., Донская Т. В., Гладкочуб Д. П. Вещественный состав и реконструкция источников сноса позднедокембрийских терригенных пород оселковой серии (Бирюсинское Присаянье) // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 4, № 7. С. 625–649.

Позднетриасовый этап магматической активности высококалиевого трахитового вулканизма северо-востока Сибирской платформы: свидетельства в осадочной летописи / Е. Ф. Летникова [и др.] // Докл. Акад. наук. 2014. Т. 459, № 3. С. 327–331.

Проблема диагностики продуктов щелочного вулканизма в осадочной летописи Сибирской платформы / Е. Ф. Летникова [и др.] // Проблемы тектоники и геодинамики Земной коры и мантии : материалы Тектон. совещания, 2018. Т. 1. С. 393–396.

Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири // Новосибирск, 1983. Ч. 1. 214 с.

Состав магм, условия образования и генезис карбонатсодержащих ийолитов и карбонатитов щелочного карбонатитового комплекса Белая Зима, Восточный Саян / И. А. Андреева [и др.] // Петрология. 2007. Т. 15, № 6. С. 594–619.

Allegre C. J. Isotope geology // Cambridge University press. 2008. 534 p.

Dickin A. P. Radiogenic isotope geology. Cambridge University press. 2018. 511 p.

Faure G. Origin of igneous rocks. The isotope evidence. // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2004. 522 p.

Chemical composition of the continental crust as revealed by studies in East China / S. Gao, T.-C. Luo, B.-R. Zhang, H.-F. Zhang, Y.-W. Han, Z.-D. Zhao, Y.-K. Hu. *Geochimica Cosmochimica Acta*. 1998. Vol. 62. P. 1959–1975. DOI: 10.1016/S0016-7037(98)00121-5

Goldstein S. L., Jacobsen S. B. Nd and Sr isotopic systematics of river water suspended material: implications for crustal evolution // *Earth Planetary Science Letters*. 1988. Vol. 87. P. 249–65. DOI: 10.1016/0012-821X(88)90013-1

Jacobsen S. B., Pimentel-Klose M. R. Nd isotopic variations in Precambrian banded iron formations // *Geophysical Research Letters*. 1984. Vol. 15. P. 393–396 DOI: 10.1029/GL015i004p00393

Geochemical and NdSr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations / S. M. McLennan [et al.] // *Geochimica Cosmochimica Acta*. 1990. Vol. 54. P. 2015–2050. DOI: 10.1016/0016-7037(90)90269-Q

Zircon U–Pb and Hf isotopic study of gneissic rocks from the Chinese Altai: Progressive accretionary history in the early to middle Paleozoic / M. Sun [et al.] // *Chemical Geology*. 2008. Vol. 247. P. 352–383. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2007.10.026

White W. M. Isotope geology // John Wiley & Sons Ltd. 2015. 495 p.

Combined chemical separation of Lu, Hf, Rb, Sr, Sm and Nd from a single rock digest and precise and accurate isotope determinations of Lu-Hf, Rb-Sr and Sm-Nd isotope systems using Multi-Collector ICP-MS and TIMS / Y.-H. Yang [et al.] // *International Journal of Mass Spectrometry*. 2010. Vol. 290. P. 120–126. DOI: 10.1016/j.ijms.2009.12.011

Composition and Genesis of Vendian Alkaline Pyroclastic Rocks of the Biryusa Prisayanie

E. N. Federyagina

Irkutsk State University, Irkutsk

Y. S. Andreeva

Irkutsk State University, Irkutsk

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk

A. V. Ivanov

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. Substance composition of Neoproterozoic high-K terrigenous sediments of Karagas group (Biryusa Prisayanie) and the possible sources of clastic material – Paleoproterozoic granites (Sayan complex) and more ancient metamorphic formations Sublukskaya group of the Biryusinskaya blocks are studied. Constraints on possibility of the proposed complexes as sources of clastic material in the genesis of Karagas group deposits is established. Particular attention is paid to mineralogical and petrographic features of the rocks studied, as well as probable geological formations, whose rocks could serve as a protolith for the terrigenous deposits of the Karagas series. As a result of the conducted studies, a very limited possibility of their participation as sources of detrital material in the formation of the sediments under consideration has been established. When studying the material characteristics it was revealed that the rocks of the Karagas series have a volcaniclastic nature associated with the activity of alkaline magmatism. Available at the disposal of the authors of U–Pb dating of detrital zircons of the Karagas series are characterized by age values in the interval 630–640 Ma. Such age limits are also observed in the rocks of the Beloziminsky carbonatite massif, also located within the Biryusa Pripyat. Thus, the totality of the results obtained clearly demonstrates the intensive manifestation of alkaline magmatism and volcanism in this area.

Keywords: Karagas group, Biryusa block, pyroclastics rocks, Vendian, substance composition.

For citation: Federyagina E.N., Andreeva Y.S., Ivanov A.V. Composition and Genesis of Vendian Alkaline Pyroclastic Rocks of the Biryusa Prisayanie. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 25, pp. 137-149. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.137> (in Russian)

References

- Bragin S.S. *Nekotorye problemy stratigrafii karagasskoj serii pozdnego rifeya Prisa-yan'ya* [Some problems of stratigraphy karagassky series late Riphean Prisayan]. *Pozdnij dokembrij i rannij paleozoj Sibiri. Stratigrafiya i paleontologiya* [Late Precambrian and early Paleozoic Siberia. Stratigraphy and paleontology]. Novosibirsk, 1986, pp. 32-39. (in Russian)
- Galimova T.F., Pashkova A.G., Povarenceva S.A. *Geologicheskaya karta: N-47 (Nizhneudinsk). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Tret'e pokolenie. Angaro-Lenskaya seriya, masshtab: 1:1 000 000, seriya: Angaro-Lenskaya. Ob»yasnitel'naya zapiska* [Geological map: N-47 (Nizhneudinsk). State geological map of the Russian Federation. Third generation. Angaro-Lena series, scale: 1:1 000 000, series: Angaro-Lena. Explanatory note]. St. Petersburg, Map factory VSEGEI Publ., 2012, 652 p. (in Russian)
- Motova Z.L., Donskaya T.V., Gladkochub D.P. *Veshchestvennyj sostav i rekonstrukciya istochnikov snosa pozdnedokembrijskih terrigennyh porod oselkovej serii (Biryusinskoe Prisa-yan'e)* [Material composition and reconstruction of provenances of terrigenous rocks precambrian Oselkovej series (Biryusinskaya the Prisayan)]. *Geodinamika i tektonofizika* [Geodynamics and Tectonophysics], 2016, vol. 4, no. 7, pp. 625-649. (in Russian)

Letnikova E.F., Izoh A.Eh., Nikolenko E.I. [et al.] *Pozdnetriasovyy ehtap magmaticheskoy aktivnosti vysokokalievogo trahitovogo vulkanizma severo-vostoka Sibirskoy platformy: svidetel'stva v osadochnoy letopisi* [Late Triassic stage of magmatic activity of high-cal trachite volcanism of the North-East of the Siberian platform: evidence in the sedimentary chronicle]. *Doklady Akademii nauk* [Reports of The Academy], 2014, vol. 459, no. 3, pp. 327-331. (in Russian)

Letnikova E.F., Izoh A.Eh., Federyagina E.N. [et al.] *Problema diagnostiki produk-tov shchelochnogo vulkanizma v osadochnoy letopisi Sibirskoy platform* [The problem of diagnostics of alkaline volcanism products in the sedimentary chronicle of the Siberian platform]. *Problemy tektoniki i geodinamiki Zemnoj kory i mantii. Materialy Tektonicheskogo soveshchaniya* [Problems of tectonics and geodynamics of the Earth's crust and mantle. Proceedings of the Tectonic conference], 2018, vol. 1, pp. 393-396. (in Russian)

Resheniya Vsesoyuznogo stratigraficheskogo soveshchaniya po dokembriyu, paleozoyu i chet-vertichnoy sisteme Srednej Sibiri [Decisions of the all-Union stratigraphic meeting on the Precambrian, Paleozoic and Quaternary system of Central Siberia]. Novosibirsk, 1983, part. 1, 214 p. (in Russian)

Andreeva I.A., Kovalenko V.I., Nikiforov A.V. [et al.] *Sostav magm, usloviya obrazovaniya i genezis karbonatsoderzhashchih ijolitov i karbonatitov shelochnogo karbonatitovogo kompleksa Belaya Zima, Vostochnyy Sayan* [The composition of magma, conditions of formation and Genesis of carbonate-bearing ijolite and carbonatites of alkaline carbonate complex Belaya Zima, Eastern Sayan]. *Petrologiya* [Petrology], 2007, vol. 15, no. 6. pp. 594-619. (in Russian)

Allegre C.J. Isotope geology. Cambridge University Press, 2008, 534 p.

Dickin A.P. Radiogenic isotope geology. Cambridge University Press, 2018, 511 p.

Faure G. Origin of igneous rocks. The isotope evidence. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004, 522 p.

Gao S., Luo T.-C., Zhang B.-R., Zhang H.-F., Han Y.-W., Zhao Z.-D., Hu Y.-K. Chemical composition of the continental crust as revealed by studies in East China. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 1998, vol. 62, pp. 1959-1975. DOI: 10.1016/S0016-7037(98)00121-5

Goldstein S.L., Jacobsen S.B. Nd and Sr isotopic systematics of river water suspended material: implications for crustal evolution. *Earth Planetary Science Letters*, 1988, vol. 87, pp. 249-265. DOI: 10.1016/0012-821X(88)90013-1

Jacobsen S.B., Pimentel-Klose M.R. Nd isotopic variations in Precambrian banded iron formations. *Geophysical Research Letters*, 1984, vol. 15, pp. 393-396. DOI: 10.1029/GL015i004p00393

McLennan S.M., Taylor S.R., McCulloch M.T. [et al.] Geochemical and NdSr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 1990, vol. 54, pp. 2015-2050. DOI: 10.1016/0016-7037(90)90269-Q

Sun M., Yang C., Xiao W. [et al.] Zircon U-Pb and Hf isotopic study of gneissic rocks from the Chinese Altai: Progressive accretionary history in the early to middle Paleozoic. *Chemical Geology*, 2008, vol. 247, pp. 352-383. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2007.10.026

White W.M. Isotope geology. John Wiley&Sons Ltd, 2015, 495 p.

Yang Y.-H., Zhang H.-W., Chu Z.-Y. [et al.] Combined chemical separation of Lu, Hf, Rb, Sr, Sm and Nd from a single rock digest and precise and accurate isotope determinations of Lu-Hf, Rb-Sr and Sm-Nd isotope systems using Multi-Collector ICP-MS and TIMS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 2010, vol. 290, pp. 120-126. DOI: 10.1016/j.ijms.2009.12.011

Федерягина Екатерина Николаевна

преподаватель, геологический факультет
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: 8(3952)24-39-89
e-mail: katerinka19.85@mail.ru

Federyagina Ekaterina Nikolaevna

Lecture, Geology Faculty
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: 8(3952)24-39-89
e-mail: katerinka19.85@mail.ru

Андреева Юлия Сергеевна

преподаватель, геологический факультет
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН
Россия, 664033 г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1А
тел.: 8(3952)24-39-89
e-mail: afanasevaus@mail.ru

Andreeva Yulia Sergeevna

Lecture, Geology Faculty
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS
1, Favorskii st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: 8(3952)24-39-89
e-mail: afanasevaus@mail.ru

Иванов Александр Владимирович

магистрант, геологический факультет
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: ivanov-tunguska@mail.ru

Ivanov Aleksandr Vladimirovich

Undergraduate, Geology Faculty
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: ivanov-tunguska@mail.ru