



THE FIRST Sm-Nd ISOTOPIC DATA FOR METAMORPHIC ROCKS OF THE GUDJAL BLOCK IN THE EASTERN PART OF BUREYA CONTINENTAL MASSIF

R.O. Ovchinnikov ¹✉, A.A. Sorokin ¹, V.P. Kovach ², W.L. Xu ³

¹ Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 1 Relochniy ln, Blagoveshchensk 675000, Russia

² Institute of Precambrian geology and geochronology, Russian Academy of Sciences, 2 Makarov Emb, Saint Petersburg, 199034, Russia

³ College of Earth Sciences of Jilin University, 2199 Jianshe St, Changchun 130061, China

ABSTRACT. It is the first time that there have been Sm-Nd isotopic geochemical studies conducted into the metamorphic rocks of the Gudjal block considered as a basement protrusion of the Bureya continental massif. It has been found that biotite and garnet-amphibole schists of the Gudjal formation are characterized by strongly negative $\epsilon_{Nd(0)} = -15.7 \dots -17.2$ values and Paleoproterozoic values of Nd model age of $t_{Nd(DM)} = 2.4-2.1$ Ga. Similar isotopic parameters are also typical of gneissic biotite granodiorites: $\epsilon_{Nd(0)} = -18.7$, $t_{Nd(DM)} = 1.8$ Ga. Out of orthorocks of the Gudjal block studied, the Neoproterozoic orthogneisses and orthoamphibolites of the Tulovchikha formation and the Neoproterozoic gneiss-granites of the Nyatyngran complex of the Paleoproterozoic model age may be considered as a probable substrate for melts.

KEYWORDS: Bureya continental massif; Gudjal block; metamorphic rocks; protolite; Sm-Nd method

FUNDING: The studies were done under financial support RFBR (project 21-55-53002-GFEN_a).

SHORT COMMUNICATION

Received: September 27, 2021

Revised: November 8, 2021

Accepted: November 12, 2021

Correspondence: Roman O. Ovchinnikov, ovchinnikov@ignm.ru

FOR CITATION: Ovchinnikov R.O., Sorokin A.A., Kovach V.P., Xu W.L., 2022. The first Sm-Nd isotopic data for metamorphic rocks of the Gudjal block in the eastern part of Bureya continental massif. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (1), 0574. doi:10.5800/GT-2022-13-1-0574

ПЕРВЫЕ Sm-Nd ИЗОТОПНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ГУДЖАЛЬСКОГО БЛОКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БУРЕЙНСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО МАССИВА

Р.О. Овчинников¹, А.А. Сорокин¹, В.П. Ковач², W.L. Xu³

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, Благовещенск, пер. Речной, 1, Россия

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2, Россия

³ Колледж наук о Земле Цзилиньского университета, 130061, Чанчунь, ул. Цзяньшэ, 2199, Китай

АННОТАЦИЯ. Впервые проведены Sm-Nd изотопно-геохимические исследования метаморфических пород Гуджальского блока, рассматриваемого в качестве «выступа» фундамента Буреинского континентального массива. Установлено, что биотитовые и гранат-амфиболовые ортосланцы гуджальской свиты характеризуются глубоко отрицательными значениями $\epsilon_{Nd(0)} = -15.7 \dots -17.2$ и палеопротерозойскими величинами Nd модельного возраста $t_{Nd(DM)} = 2.4-2.1$ млрд лет. Близкими изотопными параметрами характеризуются и гнейсовидные биотитовые гранодиориты: $\epsilon_{Nd(0)} = -18.7$, $t_{Nd(DM)} = 1.8$ млрд лет. Для исследованных ортопород Гуджальского блока в качестве возможного субстрата для расплавов могут рассматриваться неопротерозойские ортогнейсы и ортоамфиболиты туловчихинской свиты, неопротерозойские гнейсограниты нятыгранского комплекса, обладающие палеопротерозойским модельным возрастом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Буреинский континентальный массив; Гуджальский блок; метаморфические породы; протолит; Sm-Nd метод

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 21-55-53002-ГФЕН_а).

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений исследований в рамках разработки интегрированной модели формирования Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) является получение достоверных данных о возрасте, Sm-Nd изотопных особенностях метаморфических и магматических комплексов, рассматривающихся в качестве раннедокембрийского фундамента зажатых в его структуре континентальных массивов.

Буреинский континентальный массив относится к числу наиболее крупных континентальных массивов восточной части ЦАСП и является составной частью Бурей-Цзямуси-Ханкайского супертеррейна [Parfenov et al., 2003; Khanchuk, 2006]. В частности, установлено, что метаморфические комплексы, традиционно рассматривающиеся в качестве его раннедокембрийского фундамента, такие как гнейсы и амфиболиты туловчихинской свиты центральной части массива, гнейсы дягдаглейской толщи северной части массива [State Geological Map..., 2006; Turbine, 1994], имеют не архейский, а более молодой, неопротерозойский и раннепалеозойский, возраст [Sorokin et al., 2019; Ovchinnikov et al., 2020; Yang et al., 2020]. В настоящее время наиболее древний возраст установлен именно для гнейсогранитов и габбро нятыгранского комплекса центральной части массива, но и эти значения не превышают 940 млн лет [Sorokin et al., 2017; Yang et al., 2020]. Результаты Sm-Nd изотопных исследований свидетельствуют о том, что протолиты неопротерозойских метаморфических и магматических пород центральной части массива были образованы за счет плавления

пород, имевших мезо- и палеопротерозойский модельный возраст, или в результате смешения неопротерозойского ювенильного и мезопалеопротерозойского корового материала в условиях дуги на континентальном основании [Sorokin et al., 2017, 2019]. Для парагнейсов дягдаглейской толщи северной части массива было показано, что их источниками являлись породы, имевшие в среднем мезопротерозойский Nd-модельный возраст [Ovchinnikov et al., 2020].

На данный момент наименее изученными элементами в строении Буреинского массива являются условно-раннедокембрийские метаморфические и магматические породы, слагающие Гуджальский, Сынчугинский и Чегдомынский блоки, расположенные на восточной окраине массива, традиционно рассматривающиеся в качестве «выступов» его фундамента [State Geological Map..., 2009; Shilo, 1982]. Отсутствие достоверных геохронологических и изотопно-геохимических данных для образований, слагающих эти блоки, выступает значительным препятствием при разработке интегрированной модели формирования восточной части ЦАСП.

В данной публикации представлены первые результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований условно-раннедокембрийских метаморфических образований Гуджальского блока, позволяющие оценить нижнюю возрастную границу их протолита.

2. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГУДЖАЛЬСКОГО БЛОКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно современным представлениям [State Geological Map..., 2009], в строении Гуджальского блока

принимают участие метаморфические породы гуджальской свиты и тастахской серии, а также гнейсовидные гранитоиды условно-раннедокембрийского возраста (рис. 1).

Гуджальская свита выделена В.И. Суховым в верхнем течении р. Гуджал [State Geological Map..., 1962a]. На первой генерации карт масштаба 1:200 000 [State

Geological Map..., 1962a, 1962b] эта свита была подразделена на три подсвиты: нижнегуджальскую (биотитовые сланцы, содержащие прослои двуслюдяных, амфиболовых сланцев, амфиболитов, мраморов и кварцитов), среднегуджальскую (кварциты, содержащие прослои и линзы мраморов, слюдяные, реже графитовые сланцы и амфиболиты) и верхнегуджальскую (сланцевые

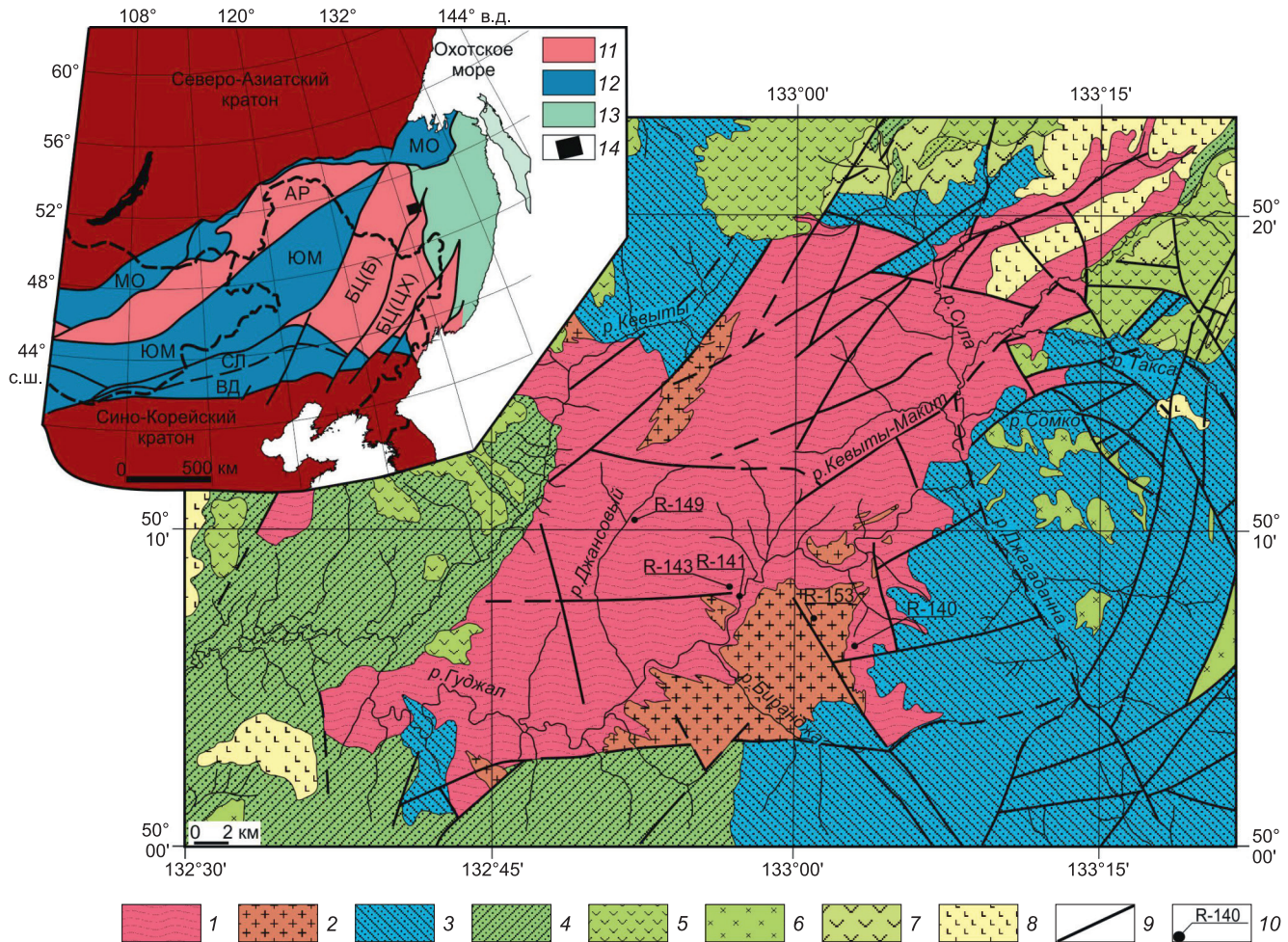


Рис. 1. Геологическая схема восточной окраины Буреинского массива (бассейн р. Гуджал) (составлена по [State Geological Map..., 1962a, 2004], с упрощениями авторов).

1 – условно-палеопротерозойские метаморфические образования гуджальской свиты; 2 – условно протерозойские гранитоиды; 3 – юрские осадочные образования; 4 – меловые осадочные образования; 5 – поздне-меловые вулканиты; 6 – поздне-меловые интрузии; 7 – поздне-меловые субвулканические образования; 8 – кайнозойские базальты; 9 – главные разломы; 10 – места отбора образцов для изотопно-геохимических исследований и их номера. На врезке показано положение исследуемых объектов в структуре восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (тектоническая основа по [Parfenov et al., 2003], с изменениями авторов): 11 – супертеррейны: АР – Аргунский, БЦ – Буреинско-Цзямусинский (БЦ(Б) – Буреинский террейн, БЦ(ЦХ) – Цзямуси-Ханкайский террейн); 12 – палеозойские – раннемезозойские складчатые пояса (МО – Монголо-Охотский, ЮМ – Южномонгольский, СЛ – Солонкерский, ВД – Вундурмиао); 13 – позднеюрско-раннемеловые орогенные пояса; 14 – район исследования.

Fig. 1. Geological scheme of the eastern margin of the Bureya massif (Gudjal River basin). Compiled after [State Geological Map..., 1962a, 2004], with authors' modifications.

1 – conditionally Paleoproterozoic metamorphic rocks of the Gudjal formation; 2 – conditionally Proterozoic granitoids; 3 – Jurassic sedimentary rocks; 4 – Cretaceous sedimentary rocks; 5 – Late Cretaceous volcanics; 6 – Late Cretaceous intrusive rocks; 7 – Late Cretaceous subvolcanic rocks; 8 – Cenozoic basalts; 9 – major faults; 10 – isotopic-geochemical sampling sites and sample numbers. Inset: Location of the studied objects in the eastern part of the Central Asian Fold Belt (modified after [Parfenov et al., 2003]): 11 – superterrane: AP – Argun, БЦ – Bureya-Jiamusi (БЦ(Б) – Bureya terrane (continental massif), БЦ(ЦХ) – Jiamusi-Khanka terrane (continental massif)); 12 – Paleozoic – Early Mesozoic fold belts (МО – Mongol-Okhotsk, ЮМ – South Mongolian, СЛ – Solonker, ВД – Wundurmiao); 13 – Late Jurassic – Early Cretaceous orogenic belts; 14 – study area.

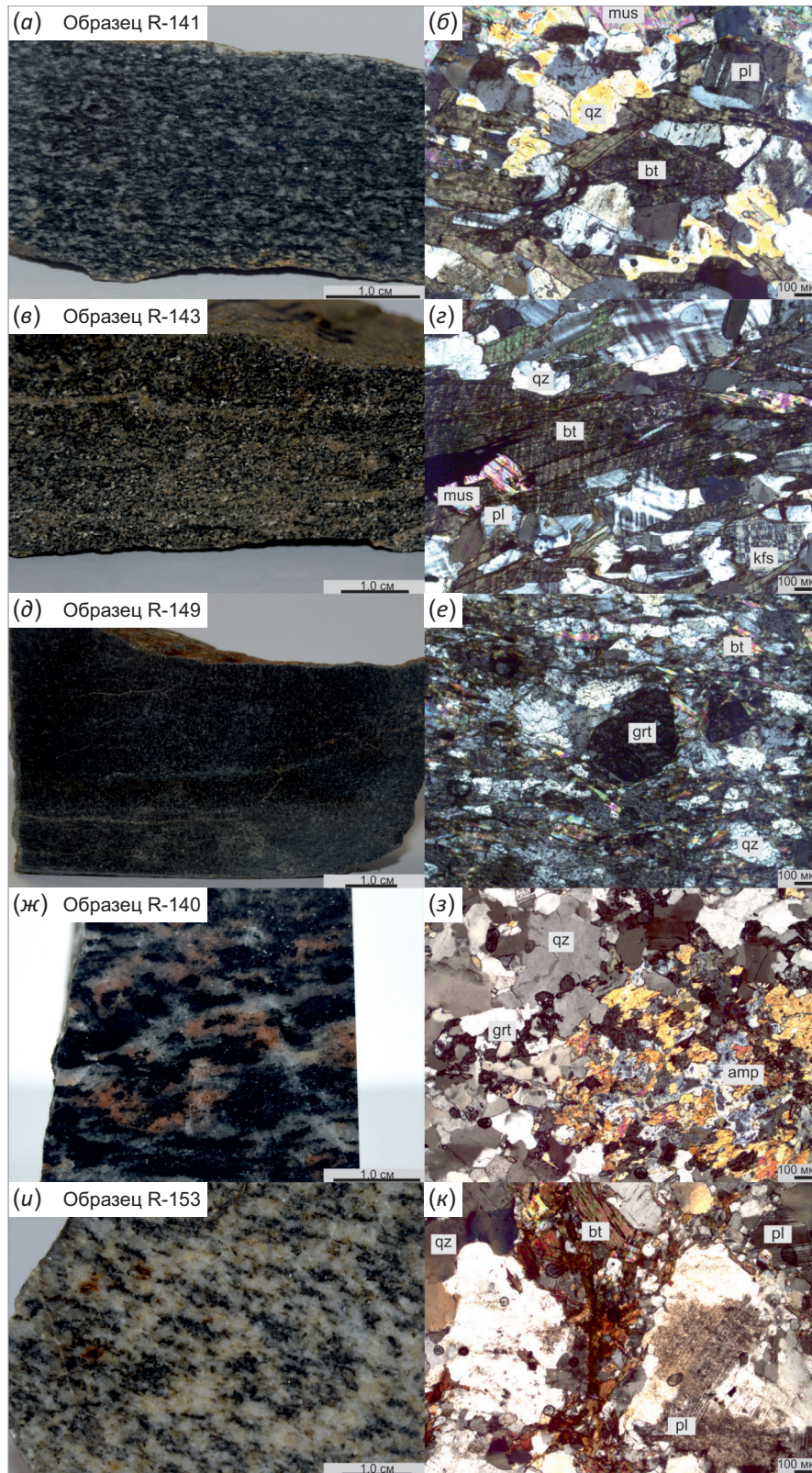


Рис. 2. Фотографии и микрофотографии метаморфических пород Гуджальского блока. (а, б) – биотитовый сланец (обр. R-141); (в, з) – биотитовый сланец (обр. R-143); (д, е) – гранатсодержащий биотитовый сланец (обр. R-149); (ж, з) – гранат-амфиболовый сланец (обр. R-140); (и, к) – гнейсовидный биотитовый гранодиорит (обр. R-153). amp – амфибол; bt – биотит; grt – гранат; kfs – калиевый полевой шпат; mus – мусковит; pl – плагиоклаз; qz – кварц.

Fig. 2. Photographs and microphotographs of metamorphic rocks of the Gudjal block. (a, б) – biotite schist (sample R-141); (в, з) – biotite schist (sample R-143); (д, е) – garnet-bearing biotite schist (sample R-149); (ж, з) – garnet-amphibole schist (sample R-140); (и, к) – gneissic biotite granodiorite (sample R-153). amp – amphibole; bt – biotite; grt – garnet; kfs – K-feldspar; mus – muscovite; pl – plagioclase; qz – quartz.

Таблица 1. Результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований метаморфических пород Гуджальского блока Буреинского континентального массива**Table 1.** Results of Sm-Nd isotopic-geochemical studies of metamorphic rocks of the Gudjal block of the Bureya continental massif

№ образца	Описание породы	Содержание, мкг/г		$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($\pm 2\sigma_{\text{изм.}}$)	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	$t_{\text{Nd(DM)}}$ млн лет
		Sm	Nd				
R-141	Биотитовый сланец	8.47	44.85	0.1142	0.511756 \pm 3	-17.2	2129
R-143	Биотитовый сланец	7.62	36.48	0.1263	0.511771 \pm 4	-16.9	2397
R-149	Гранатсодержащий биотитовый сланец	5.74	29.60	0.1173	0.511805 \pm 3	-16.2	2120
R-140	Гранат-амфиболовый сланец	6.27	30.80	0.1230	0.511832 \pm 3	-15.7	2210
R-153	Гнейсовидный биотитовый гранодиорит	0.87	5.73	0.0916	0.511677 \pm 4	-18.7	1836

Примечание. Величины ошибок определения отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ соответствуют последним значащим цифрам после запятой.
Note. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ error values correspond to the last significant digits after comma.

сланцы, переслаивающиеся с кварцитами) и условно отнесена к палеопротерозою. Такая же интерпретация осталась на картах второй генерации карт этого масштаба [State Geological Map..., 2004]. На карте последнего поколения масштаба 1:1000000 [State Geological Map..., 2009] биотитовые и амфиболовые сланцы, ранее рассматривавшиеся в качестве нижнегуджальской подсвиты, отнесены к неорархейской тастахской серии, а метаморфические породы среднегуджальской и верхнегуджальской подсвит объединены в контуре гуджальской свиты условно-палеопротерозойского возраста.

Гранитоиды, прорывающие метаморфические образования Гуджальского блока, первоначально были отнесены к протерозою [State Geological Map..., 1962b]. Позднее [State Geological Map..., 2004] они рассматривались в составе ордовикского суларинского комплекса. На карте последнего поколения [State Geological Map..., 2009] среди гранитоидов, прорывающих метаморфические образования гуджальской свиты и тастахской серии, выделяются как гнейсовидные граниты и гранодиориты условно-архейского древнебуреинского комплекса, так и граниты и лейкограниты ордовикского биробиджанского комплекса.

Важно отметить, что ни один из предложенных вариантов расчленения и корреляции геологических комплексов, участвующих в строении Гуджальского блока, не опирался на результаты геохронологических исследований и был лишь отражением общих (умозрительных) представлений о строении Буреинского террейна.

В качестве объектов данных исследований были выбраны условно-палеопротерозойские биотитовые, гранат-амфиболовые сланцы гуджальской свиты, а также условно-протерозойские гнейсовидные биотитовые гранодиориты. Микрофотографии образцов, использованных для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований, показаны на рис. 2.

Сланцы гуджальской свиты характеризуются умеренными значениями отношений $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ и $\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ в пределах 0.61–0.36 и 0.84–0.37 соответственно, а также значениями функции

DF(X) в интервале от -0.60 до +0.40, что позволяет предполагать для большинства исследуемых сланцев первично-магматическое происхождение их протолитов [Shan et al., 2016; Velikoslavinskii et al., 2013].

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Sm-Nd изотопно-геохимические исследования выполнены в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (г. Санкт-Петербург) по методике, детально описанной в статье [Sorokin et al., 2019]. При расчете величин $\epsilon_{\text{Nd}(0)}$ и модельного возраста $t_{\text{Nd(DM)}}$ использованы современные значения однородного хондритового резервуара (CHUR) по [Jacobsen, Wasserburg, 1984] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.512638$) и DM по [Goldstein, Jacobsen, 1988] ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.513151$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.21365$).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ SM-ND ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты изотопно-геохимических исследований приведены в табл. 1.

Для ортосланцев гуджальской свиты характерны глубоко отрицательные значения $\epsilon_{\text{Nd}(0)}=-15.7\text{...}-17.2$ и палеопротерозойские значения Nd модельного возраста $t_{\text{Nd(DM)}}=2.4\text{--}2.1$ млрд лет. Близкими изотопными параметрами характеризуются и гнейсовидные биотитовые гранодиориты: $\epsilon_{\text{Nd}(0)}=-18.7$, $t_{\text{Nd(DM)}}=1.8$ млрд лет.

Отсутствие данных о геологическом возрасте рассматриваемых образований, а также возрасте их преобразований делает невозможным расчет параметров $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ и $t_{\text{Nd(C)}}$.

5. ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Полученные в результате проведенных Sm-Nd изотопно-геохимических исследований данные свидетельствуют о том, что протолит ортосланцев гуджальской свиты образовался за счет плавления пород, имевших палеопротерозойский модельный возраст, или в результате смешения неопротерозойского ювенильного и архейского корового материала.

Первый вариант представляется более реалистичным, поскольку породы архейского возраста в строении

Буреинского массива до сих пор не обнаружены (по крайней мере, такой факт не подтвержден изотопными данными). В то же время в качестве пород, послуживших субстратом для расплавов, исходных для ортосланцев гуджальской свиты, могут рассматриваться ортогнейсы и ортоамфиболиты туловчихинской свиты ($t_{Nd(DM)}=2.2-1.5$ млрд лет) [Sorokin et al., 2019], неопротерозойские гнейсограниты нятыгранского интрузивного комплекса ($t_{Nd(DM)}=1.8-1.6$ млрд лет) [Sorokin et al., 2017].

Принципиально такой же вариант интерпретации данных можно предложить и для источников гнейсовидных биотитовых гранодиоритов, которые обладают несколько более молодым Nd модельным возрастом – 1.8 млрд лет.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам Н.Н. Круку и Т.В. Донской за внимательный анализ рукописи и конструктивные замечания.

7. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

8. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Все авторы прочитали рукопись и согласны с опубликованной версией.

The authors have no conflicts of interest to declare. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

9. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Goldstein S.J., Jacobsen S.B., 1988. Nd and Sr Isotopic Systematics of Rivers Water Suspended Material: Implications for Crustal Evolution. *Earth and Planetary Science Letters* 87 (3), 249–265. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90013-1](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90013-1).

Jacobsen S.B., Wasserburg G.J., 1984. Sm-Nd Evolution of Chondrites and Achondrites. *Earth and Planetary Science Letters* 67 (2), 137–150. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(84\)90109-2](https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90109-2).

Khanchuk A.I. (Ed.), 2006. *Geodynamics, Magmatism and Metallogeny of the Eastern Regions of Russia. Book 1. Dal'nauka, Vladivostok, 572 p. (in Russian) [Геодинамика, магматизм и металлогения востока России / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.]*.

Ovchinnikov R.O., Sorokin A.A., Kovach V.P., Kotov A.B., 2020. Late Paleozoic Age and Nature of Protolith of Metamorphic Rocks of the Dyagdagle Formation, Bureya Terrane, Central Asian Fold Belt. *Stratigraphy and Geological Correlation* 28, 250–262. <https://doi.org/10.1134/S0869593820030089>.

Parfenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril S.I., Kirillova G.L. et al.,

2003. Model of the Formation of Orogenic Belts in Central and North-East Asia. *Pacific Geology* 22 (6), 7–41 (in Russian) [Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41].

Shan H., Zhai M., Zhu X., Santosh M., Hong T., Ge S., 2016. Zircon U-Pb and Lu-Hf Isotopic and Geochemical Constraints on the Origin of the Paragneisses from the Jiaobei Terrane, North China Craton. *Journal of Asian Earth Sciences* 115, 214–227. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2015.10.003>.

Shilo N.K. (Ed.), 1982. Resolutions of the III Interdepartmental Stratigraphical Conference on the Precambrian and Phanerozoic of the USSR Far East. A Set of Schemes. SVPGO, Magadan, 182 p. (in Russian) [Решения III Межведомственного стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою Дальнего Востока СССР. Комплект схем / Ред. Н.К. Шило. Магадан: ГКП СВПГО, 1982. 182 с.]

Sorokin A.A., Ovchinnikov R.O., Kudryashov N.M., Kotov A.B., Kovach V.P., 2017. Two Stages of Neoproterozoic Magmatism in the Evolution of the Bureya Continental Massif of the Central Asian Fold Belt. *Russian Geology and Geophysics* 58 (10), 1171–1187. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.12.009>.

Sorokin A.A., Ovchinnikov R.O., Xu W., Kovach V.P., Yang H., Kotov A.B., Ponomarchuk V.A., Travin A.V., Plotkina Yu. V., 2019. Ages and Nature of the Protolith of the Tulovchikha Metamorphic Complex in the Bureya Massif, Central Asian Orogenic Belt, Russia: Evidence from U-Th-Pb, Lu-Hf, Sm-Nd and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Data. *Lithos* 332–333, 340–354. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.03.001>.

State Geological Map of the Russian Federation, 2004. Bureya Series. Scale 1:200000. Sheet M-53-XIV (Suluk). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Буреинская. Масштаб 1:200000. Лист M-53-XIV (Сулук). СПб.: ВСЕГЕИ, 2004].

State Geological Map of the Russian Federation, 2006. Far Eastern Series. Scale 1:1000000. Sheet M-52 (Blagoveshchensk). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Дальневосточная. Масштаб 1:1000000. Лист M-52 (Благовещенск). СПб.: ВСЕГЕИ, 2006].

State Geological Map of the Russian Federation, 2009. Far Eastern Series. Scale 1:1000000. Sheet M-53 (Khabarovsk). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Дальневосточная. Масштаб 1:1000000. Лист M-53 (Хабаровск). СПб.: ВСЕГЕИ, 2009].

State Geological Map of the USSR, 1962a. Bureya Series. Scale 1:200000. Sheet M-53-XIII. VSEGEI Publishing House, Leningrad (in Russian) [Геологическая карта СССР. Серия Хингано-Буреинская. Масштаб 1:200000. Лист M-53-XIII. Л.: ВСЕГЕИ, 1962].

State Geological Map of the USSR, 1962b. Bureya Series. Scale 1:200 000. Sheet M-53-XIV (Suluk). VSEGEI Publishing House, Leningrad (in Russian) [Геологическая карта СССР. Серия Хингано-Буреинская. Масштаб 1:200 000. Лист М-53-XIV (Сулук). Л.: ВСЕГЕИ, 1962].

Turbine M.T. (Ed.), 1994. Resolutions of the IV Interdepartmental Regional Stratigraphical Conference on the Precambrian and Phanerozoic of the Southern Part of the Russian Far East and Eastern Transbaikalia. A Set of Schemes. Dal'geologiya, Khabarovsk, 124 p. (in Russian) [Решения IV Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Комплект

схем / Ред. М.Т. Турбин. Хабаровск: Дальгеология, 1994. 124 с.].

Velikoslavinskii S.D., Glebovitskii V.A., Krylov D.P., 2013. Separation between Sedimentary and Magmatic Silicate Rocks by Discriminant Analysis of Major Element Contents. *Doklady Earth Sciences* 453, 1150–1153. <https://doi.org/10.1134/S1028334X13110238>.

Yang H., Xu W.L., Sorokin A.A., Ovchinnikov R.O., Ge W., 2020. Geochronology and Geochemistry of Neoproterozoic Magmatism in the Bureya Block, Russian Far East: Petrogenesis and Implications for Rodinia Reconstruction. *Precambrian Research* 342, 105676. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105676>.