



SOURCES OF THE PALEOZOIC SEDIMENTARY ROCKS IN THE NORA-SUKHOTINO TERRANE: RESULTS OF Sm-Nd ISOTOPIC-GEOCHEMICAL STUDIES

Yu.V. Smirnov ¹, S.I. Dril ²

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

² Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1a Favorsky St, Irkutsk 664033, Russia

ABSTRACT. The paper presents the first results on Sm-Nd isotopic-geochemical studies of the Paleozoic sedimentary rocks in the Nora-Sukhotino terrane at the northeastern flank of the South Mongolia-Khingian orogenic belt.

According to the studies, the sedimentary rocks of the Zeya-Selemdzha and Amur fragments of the Nora-Sukhotino terrane are characterized by the two-stage Mesoproterozoic Nd-model age ($T_{Nd(DM2)} = 1.62-1.08$ Ga) at negative $\epsilon_{Nd(0)} = -9.5...-3.0$ and $\epsilon_{Nd(T)} = -5.8...-0.2$. Based on previous geochemical and isotopic (U-Pb, Lu-Hf) studies of sedimentary rocks of the Nora-Sukhotino terrane, as well as on the available models for the formation of the South Mongolia-Khingian orogenic belt, it can be assumed that most of the Paleozoic sediments of the Nora-Sukhotino terrane were carried from the Mamyn terrane of the Argun superterrane with the participation of the island arc formations.

KEYWORDS: South Mongolia-Khingian orogenic belt; Paleozoic; sedimentary rocks; Sm-Nd data

FUNDING: The studies were funded by the RSF grant 21-77-10001, <https://rscf.ru/en/project/21-77-10001/>.



RESEARCH ARTICLE

Correspondence: Yuri V. Smirnov, smirnova@ascnet.ru

Received: April 6, 2023

Revised: May 23, 2023

Accepted: June 14, 2023

FOR CITATION: Smirnov Yu.V., Dril S.I., 2023. Sources of the Paleozoic Sedimentary Rocks in the Nora-Sukhotino Terrane: Results of Sm-Nd Isotopic-Geochemical Studies. *Geodynamics & Tectonophysics* 14 (6), 0730. doi:10.5800/GT-2023-14-6-0730

ИСТОЧНИКИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД НОРА-СУХОТИНСКОГО ТЕРРЕЙНА: РЕЗУЛЬТАТЫ Sm-Nd ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.В. Смирнов¹, С.И. Дриль²

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

² Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1а, Россия

АННОТАЦИЯ. В статье приведены первые результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна северо-восточного фланга Южно-Монголо-Хинганского орогенного пояса.

По результатам проведенных исследований установлено, что для осадочных пород Зeya-Селемджинского и Приамурского фрагментов Нора-Сухотинского террейна характерны мезопротерозойские значения двустадийного Nd-модельного возраста ($T_{Nd(DM2)}=1.62-1.08$ млрд лет) при отрицательных величинах $\epsilon_{Nd(0)}=-9.5...-3.0$ и $\epsilon_{Nd(T)}=-5.8...-0.2$. С учетом результатов ранее выполненных геохимических и изотопных (U-Pb, Lu-Hf) исследований осадочных пород Нора-Сухотинского террейна, а также существующих моделей формирования Южно-Монголо-Хинганского орогенного пояса можно предположить, что поступление материала в период накопления палеозойских отложений Нора-Сухотинского террейна происходило преимущественно со стороны Мамынского террейна Аргунского супертеррейна при участии островодужных образований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Южно-Монголо-Хинганский орогенный пояс; палеозой; осадочные породы; Sm-Nd-данные

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследования выполнены за счет гранта РФФИ № 21-77-10001, <https://rscf.ru/project/21-77-10001/>.

1. ВВЕДЕНИЕ

Нора-Сухотинский террейн выделяется в северо-восточной части Южно-Монголо-Хинганского орогенного пояса (ЮМХОП). На тектонической схеме [Khanchuk, 2006] террейн показан достаточно широкой полосой между Мамыньским террейном Аргунского супертеррейна и Туранским (Буреинским) террейном Бурья-Цзямусинского супертеррейна (рис. 1). В строении Нора-Сухотинского террейна принимают участие ордовикские, силурийские, девонские, каменноугольные и нижнепермские осадочные и вулканогенно-осадочные породы, с которыми пространственно ассоциируют тела диабазов и метагабброидов [State Geological Map..., 2007, 2012; Parfenov et al., 2003; Khanchuk, 2006; Sorokin et al., 2017b].

В последние годы авторами были проведены комплексные минералого-петрографические, геохимические, изотопные U-Pb и Lu-Hf исследования осадочных пород Нора-Сухотинского террейна [Smirnov, 2022; Sorokin et al., 2017b]. Неотъемлемой частью изучения осадочных пород является проведение Sm-Nd изотопно-геохимических исследований, которые позволяют получить важную информацию об источниках сноса кластического материала. Использование данного метода обусловлено малой изменчивостью содержаний Sm и Nd в ходе постседиментационных процессов.

В статье представлены первые результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований палеозойских осадочных пород Зeya-Селемджинского и Приамурского фрагментов Нора-Сухотинского террейна (рис. 1, 2), направленные на реконструкцию основных источ-

ников сноса кластического материала для палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна.

2. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В составе Нора-Сухотинского террейна можно выделить (с северо-востока на юго-запад) Сюгдулкинский, Зeya-Селемджинский и Приамурский фрагменты (см. рис. 1).

В Зeya-Селемджинском фрагменте (рис. 3, а) выделяются следующие осадочные комплексы, относимые к Нора-Сухотинскому террейну: нёклинская, дагмарская, алевролитно-песчаниковая и граматухинская толщи.

В строении **нёклинской толщи** преобладают слюдисто-кварцевые, биотит-кварцевые, кварц-серицитовые и хлорит-серицитовые сланцы с редкими прослоями часто известковистых метапесчаников, которые вверх по разрезу сменяются кварц-эпидот-актинолитовыми сланцами [Geological Map..., 1978, 1986; State Geological Map..., 2007, 2012]. Контакты с нижележащими образованиями не установлены. Мощность толщи до 2000 м. В существующих схемах корреляции геологических комплексов образования нёклинской толщи отнесены условно к среднему – позднему рифею [State Geological Map..., 2007, 2012]. U-Pb датирование зерен циркона из метапесчаника нёклинской толщи свидетельствует о том, что нижняя возрастная граница их накопления приходится на средний ордовик [Sorokin et al., 2017b]. Изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования выполнены для метапесчаника и кварц-полевошпат-слюдистого сланца, отобранных в бассейне

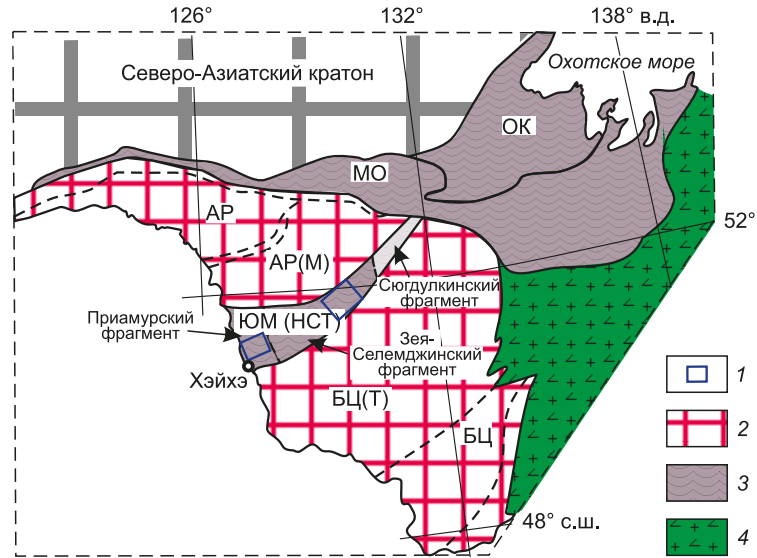


Рис. 1. Тектоническая схема восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса по [Khanchuk, 2006].
 1 – положение объекта исследований; 2 – континентальные массивы (супертеррейны): АР – Аргунский, АР(М) – Мамынский террейны, БЦ – Бурейя-Цзямусинский, БЦ(Т) – Туранский (Буреинский) террейны; 3 – палеозойские – раннемезозойские складчатые пояса: ЮМ – Южно-Монголо-Хинганский (НСТ – Нора-Сухотинский террейны), МО – Монголо-Охотский, ОК – Охотско-Корякский; 4 – позднеюрско-раннемеловые складчатые пояса.

Fig. 1. Tectonic map of the eastern part of the Central Asian fold belt after [Khanchuk, 2006].
 1 – location of the object of study; 2 – continental massifs (superterrains): АР – Argun, АР(М) – Mamyn terrane, БЦ – Bureya-Jiamusi, БЦ(Т) – Turan (Bureya) terrane; 3 – Paleozoic – Early Mesozoic fold belts: ЮМ – South Mongolia-Khingan (НСТ – Nora-Sukhotino terrane), МО – Mongol-Okhotsk, ОК – Okhotsk-Koryak; 4 – Late Jurassic – Early Cretaceous fold belts.

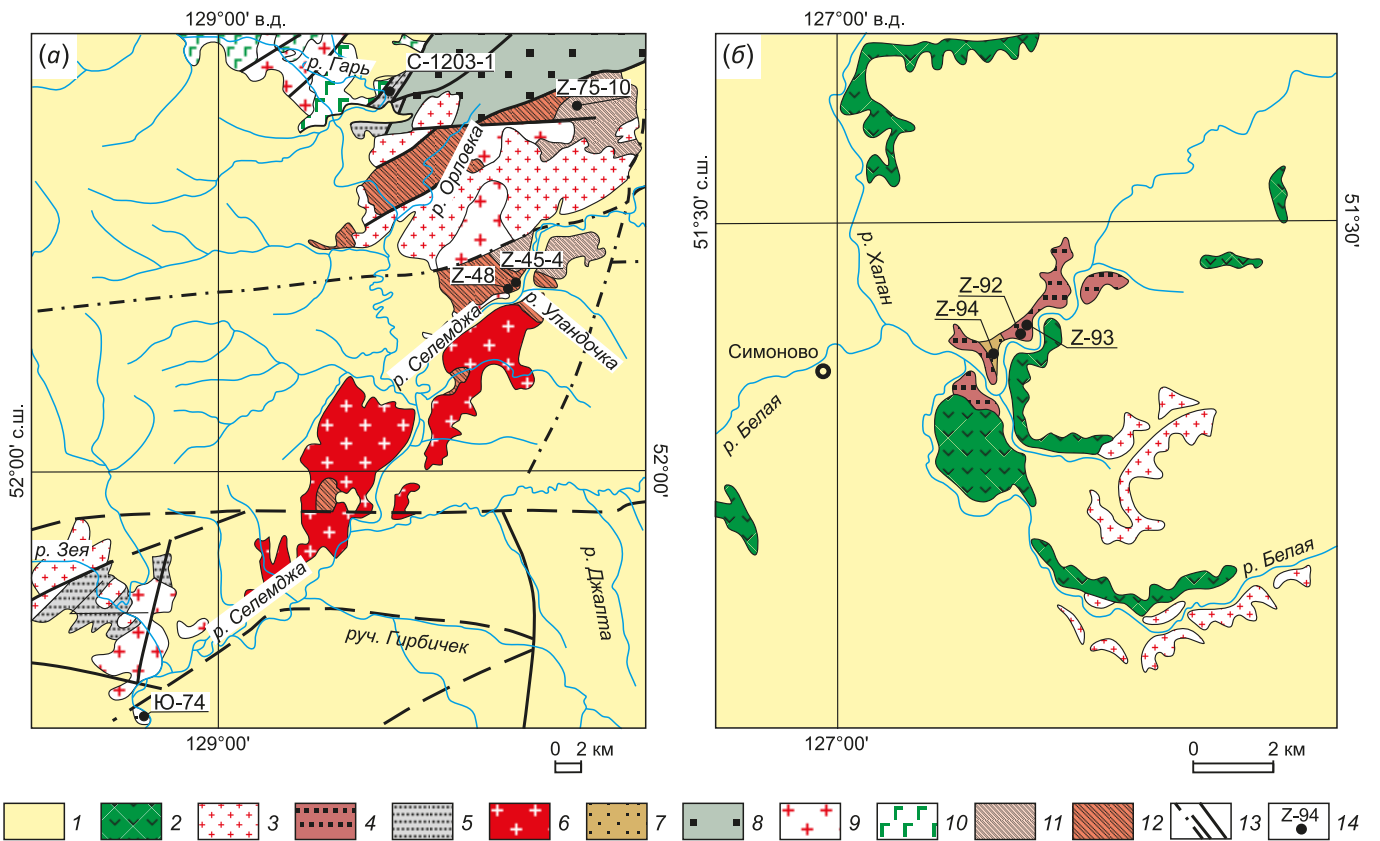


Рис. 2. Геологические схемы Зейя-Селемджинского (а) и Приамурского (б) фрагментов Нора-Сухотинского террейна (составлены по [Geological Map..., 1978, 1986; State Geological Map..., 1975a, 1975b] с изменениями авторов).
 1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – раннемеловые вулканогенно-осадочные породы; 3 – мезозойские и позднепалеозойские кислые и средние магматические образования; 4 – осадочные породы берейнской свиты раннепермского возраста;

5 – осадочные породы граматухинской толщи раннекаменноугольного возраста; 6 – позднедевонские гангстингсит-биотитовые граниты; 7 – девонские осадочные породы; 8 – силурийские осадочные породы; 9 – раннепалеозойские граниты; 10 – позднепротерозойские (?) габбро, диориты и кварцевые диориты; 11 – метаосадочные породы дагмарской толщи позднерифейского(?) возраста; 12 – метаосадочные породы неклинской толщи средне- и позднерифейского(?) возраста; 13 – разломы; 14 – места отбора образцов для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований и их номера.

Fig. 2. Geological scheme of the Zeya-Selemdzha (a) and Amur (б) fragments of the Nora-Sukhotino terrane (compiled based on [Geological Map..., 1978, 1986; State Geological Map..., 1975a, 1975b]).

1 – Cenozoic loose deposits; 2 – Early Cretaceous volcanogenic-sedimentary rocks; 3 – Mesozoic and Late Paleozoic felsic and intermediate igneous rocks; 4 – Lower Permian sedimentary rocks of the Bereya formation; 5 – Lower Carboniferous sedimentary rocks of the Gramatukha sequence; 6 – Late Devonian hastingsite–biotite granites; 7 – Devonian sedimentary rocks; 8 – Silurian sedimentary rocks; 9 – Early Paleozoic granites; 10 – Late Proterozoic (?) gabbro, diorites and quartz diorites; 11 – Upper Riphean (?) metasedimentary rocks of the Dagmara sequence; 12 – Middle–Upper Riphean (?) metasedimentary rocks of the Neklya sequence; 13 – faults; 14 – sampling sites for Sm-Nd isotopic-geochemical studies and sample numbers.

р. Селемджа (см. рис. 2, а). Петрографические особенности пород представлены в Прил. 1, табл. 1.1 и на рис. 4, а, б.

Дагмарская толща по существующим представлениям сложена метапесчаниками, часто известковистыми и сильно рассланцованными, переслаивающимися с серицит-кварцевыми и актинолит-хлоритовыми сланцами [Geological Map..., 1978, 1986; State Geological Map..., 2007]. В виде линз в составе толщи присутствуют мраморизованные известняки. Мощность толщи до 3250 м. Контакты с нижележащими образованиями не установлены. Дагмарская толща отнесена условно к позднему рифею [State Geological Map..., 2007], хотя результаты U-Pb (LA-ICP-MS) изотопных исследований зерен детритового циркона свидетельствуют о том, что нижняя возрастная граница осадконакопления соответствует раннему ордовику [Sorokin et al., 2017b]. Для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований авторы использовали образец метапесчаника, отобранный в районе сопки Угольной. Петрографические характеристики метапесчаника приведены в Прил. 1, табл. 1.1, и на рис. 4, в.

Алевролитопесчаниковая толща сложена кварцевыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками, алевролитами, конгломератами, а также туфами основного и среднего состава и туффитами [Geological Map..., 1986; State Geological Map..., 2007]. Мощность толщи до 1300 м. Контакты с нижележащими отложениями не выявлены. На основании корреляции осадочных пород алевролитопесчаниковой толщи с подобными по составу фаунистически охарактеризованными нижнесреднедевонскими отложениями, распространенными в бассейне р. Амур, возраст толщи принят условно раннесреднедевонским [Geological Map..., 1986; State Geological Map..., 2007]. Согласно U-Pb изотопным исследованиям наиболее молодая группа циркона из алевролита имеет среднеордовикский возраст [Sorokin et al., 2017b]. Для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований использовался образец алевролита, отобранный в бассейне р. Зeya (см. рис. 2, а). Петрографические особенности алевролита представлены на рис. 4, г, и в Прил. 1, табл. 1.1.

Граматухинская толща представлена аркозовыми песчаниками, алевролитами с прослоями известняков.

Реже встречаются туфокогломераты, туфы основного и среднего состава [State Geological Map..., 2007]. Мощность свиты до 1500 м. Взаимоотношения с нижележащими образованиями не установлены. Возраст принят раннекаменноугольным на основании фаунистических остатков [State Geological Map..., 2007]. По данным U-Pb датирования [Sorokin et al., 2017b] наиболее молодая группа циркона из песчаника, отобранного на левобережье р. Орловка, имеет среднеордовикский возраст. Изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования также были выполнены для образца песчаника, отобранного в бассейне р. Орловка (см. рис. 2, а). Его петрографические особенности приведены на рис. 4, д, и в Прил. 1, табл. 1.1.

По существующим представлениям [State Geological Map..., 2012] осадочные породы в Приамурском фрагменте Нора-Сухотинского террейна (см. рис. 3, б) рассматриваются в составе широкопадинской, большекаменушинской, буссеевской, гуранской, богданихинской и береинской свит.

Широкопадинская свита сложена вулканогенно-осадочными породами общей мощностью до 1050 м. Среди осадочных пород наблюдаются песчаники и конгломераты. Отложения широкопадинской свиты отнесены к позднему силуру на основании находок фауны [State Geological Map..., 2012]. Контакты с нижележащими образованиями не установлены.

Большекаменушинская свита представлена кварцсерицитовыми и серицитовыми сланцами, песчаниками и алевролитами с линзами конгломератов, гравелитов и мраморизованных известняков. Реже наблюдаются туфы основного и среднего состава [State Geological Map..., 2012]. Мощность свиты до 1900 м. Отложения большекаменушинской свиты согласно залегают на образованиях широкопадинской свиты и согласно перекрыты породами буссеевской свиты. Возраст свиты принят лохков–нижнеэмским на основании органических остатков [State Geological Map..., 2012].

Буссеевская свита, мощностью 210–250 м, сложена преимущественно серицит-хлоритовыми и кварцсерицитовыми сланцами. В нижней части разреза свиты выявлены песчаники полевошпат-кварцевого состава, а в верхней части разреза – мраморизованные известняки [State Geological Map..., 2012]. В последних

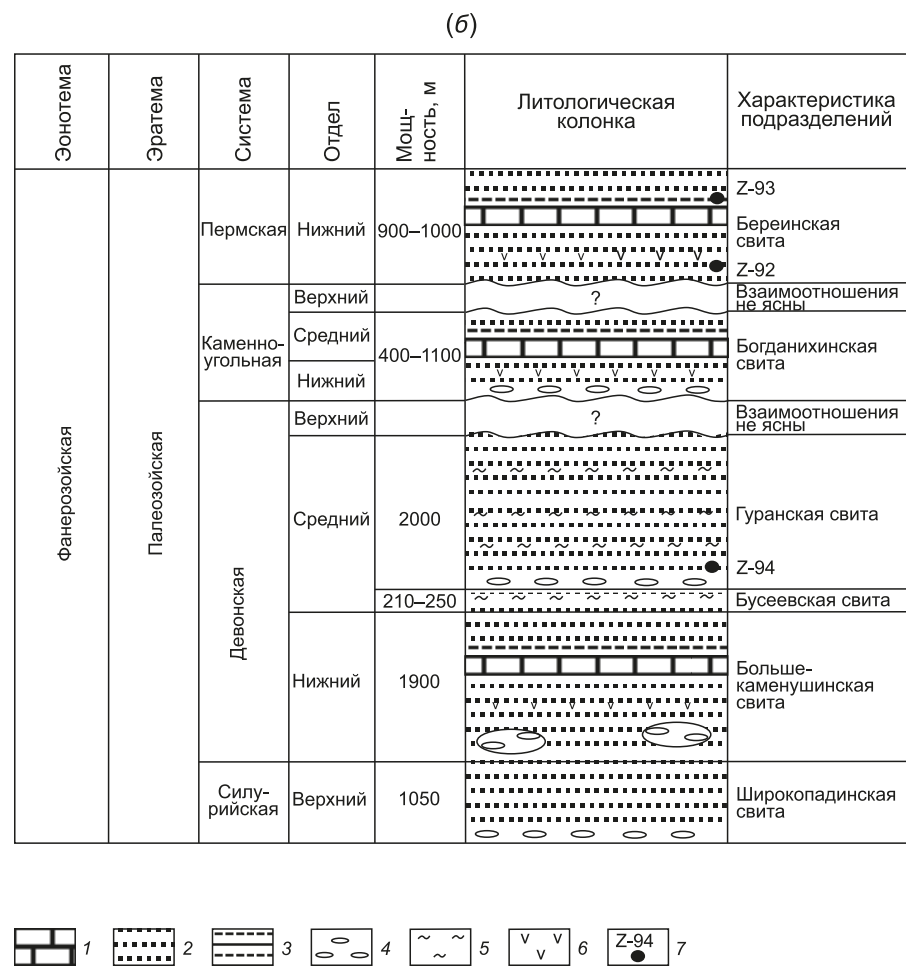
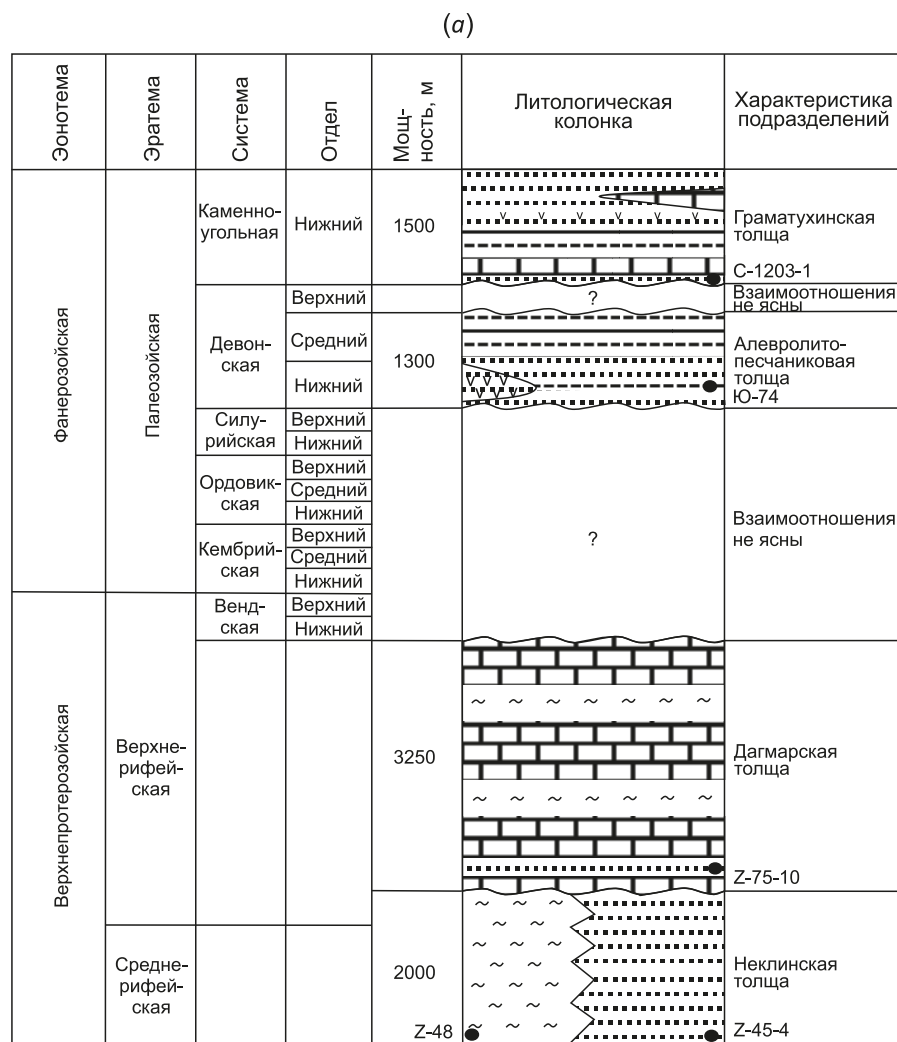


Рис. 3. Стратиграфические колонки осадочных пород Зeya-Селемджинского (а) и Приамурского (б) фрагментов Нора-Сухотинского террейна (составлены по [State Geological Map..., 2007, 2012]). 1 – известняки; 2 – песчаники; 3 – алевролиты, аргиллиты; 4 – конгломераты; 5 – сланцы; 6 – вулканиты основного и среднего состава; 7 – места отбора образцов для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований и их номера.

Fig. 3. Stratigraphic columns of sedimentary rocks of the Zeya-Selemdzha (a) and Amur (b) fragments of the Nora-Sukhotino terrane (compiled based on [State Geological Map..., 2007, 2012]). 1 – limestones; 2 – sandstones; 3 – siltstones, mudstones; 4 – conglomerates; 5 – shales; 6 – basic and intermediate volcanic rocks; 7 – sampling sites for Sm-Nd isotopic-geochemical studies and sample numbers.

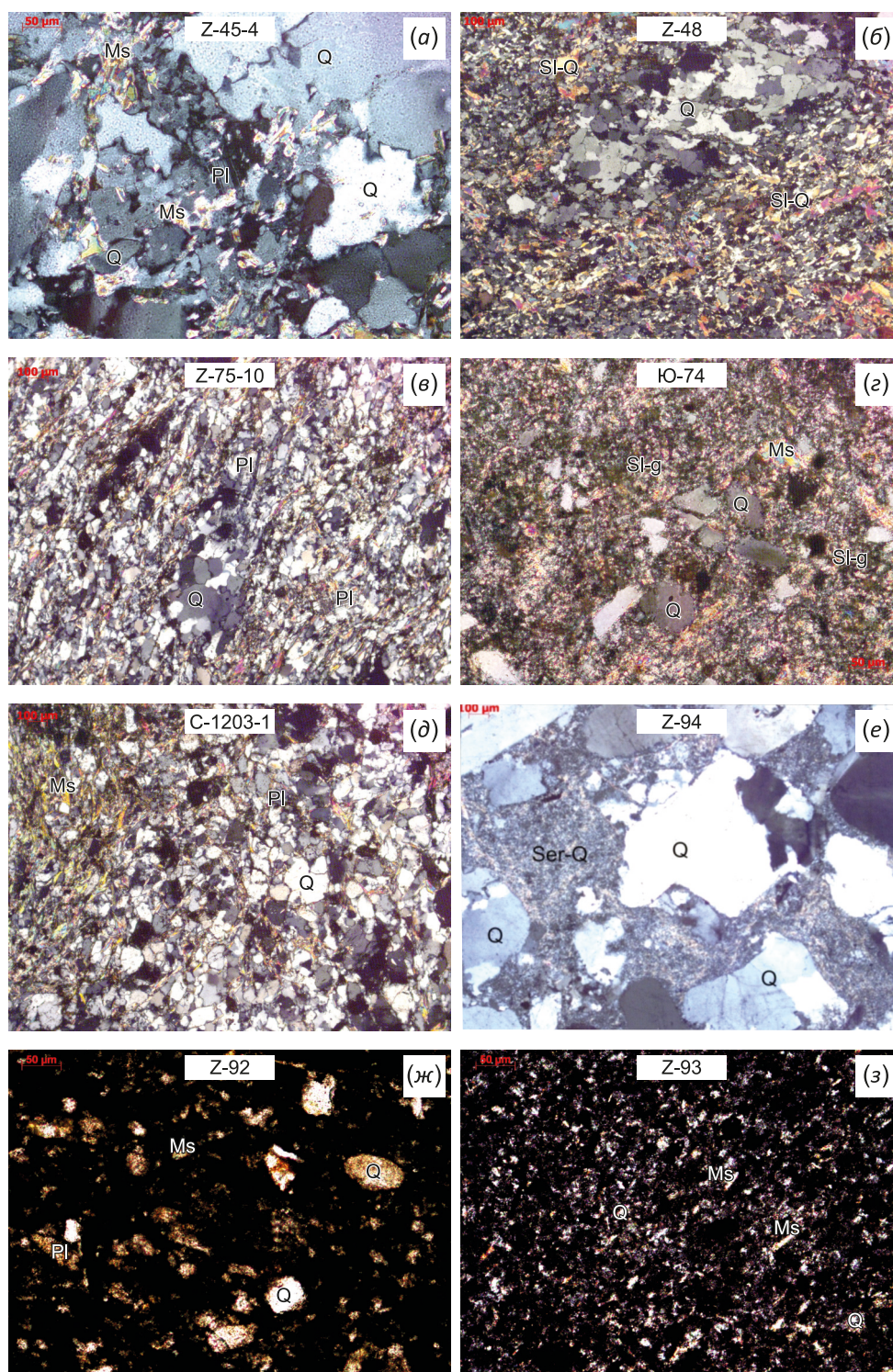


Рис. 4. Микрофотографии палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна.

Зея-Селемджинский фрагмент: (а-б) – метапесчаник и кварц-полевошпат-слюдистый сланец нёклинской толщи, (в) – метапесчаник дагмарской толщи, (з) – алевролит алевролито-песчаниковой толщи, (д) – песчаник граматухинской толщи; Приамурский фрагмент: (е) – песчаник гуранской свиты, (ж, з) – песчаник и алевролит береинской свиты. Q – кварц, Pl – плагиоклаз, Ms – мусковит; Sl-Q – слюдино-кварцевый материал, цемент: Sl-g – слюдино-глинистого состава, Ser-Q – серицит-кварцевого состава.

Fig. 4. Microphotographs of the Paleozoic sedimentary rocks of the Nora-Sukhotino terrane.

Zeya-Selemdzha fragment: (a-b) – metasandstone and quartz-feldspar-mica shale of the Neklya sequence, (c) – metasandstone of the Dagmara sequence, (z) – siltstone of the siltstone-sandstone sequence, (d) – sandstone of the Gramatukha sequence; Amur fragment of the Nora-Sukhotino terrane: (e) – sandstone of the Guran formation, (ж, з) – sandstone and siltstone of the Bereya formation. Q – quartz, Pl – plagioclase, Ms – muscovite, Sl-Q – micaceous-quartz material; cement: Sl-g – micaceous-clay composition, Ser-Q – sericite-quartz composition.

установлена фауна, типичная для нижней части эйфельского яруса среднего девона [State Geological Map..., 2012].

Гуранская свита, мощностью до 2000 м, представлена преимущественно кварц-полевошпатовыми, реже – полимиктовыми песчаниками, серицитовыми, глинистыми, углисто-глинистыми сланцами. В виде прослоев наблюдаются гравелиты, конгломераты и долериты [State Geological Map..., 2012]. Песчаники и сланцы содержат фауну, характерную для живетского яруса [State Geological Map..., 2012]. Осадочные породы гуранской свиты залегают согласно на отложениях буссеевской свиты. Сравнительно недавно в бассейне р. Белой Приамурского фрагмента были изучены песчаники гуранской свиты. U-Th-Pb (LA-ICP-MS) изотопные исследования позволили выявить, что наиболее молодая группа зерен циркона из песчаника гуранской свиты имеет позднеордовикский возраст [Smirnov, 2022]. Изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования выполнены для образца песчаника, отобранного в бассейне р. Белой (см. рис. 2, б). Его петрографические особенности приведены в Прил. 1, табл. 1.1, и на рис. 4, е.

В строении **богданихинской свиты** преобладают кварцевые и полимиктовые песчаники, аргиллиты с прослоями мраморизованных известняков, гравелитов, конгломератов и глинистых сланцев [State Geological Map..., 1978, 2012]. Реже встречаются вулканиты и туфогравелиты. Мощность свиты 400–1100 м. На основании органических остатков образования богданихинской свиты отнесены к серпухов-башкирскому ярусу [State Geological Map..., 1978, 2012].

Береинская свита, мощностью 900–1000 м, сложена песчаниками с прослоями глинистых сланцев, конгломератов, гравелитов и известняков [State Geological Map..., 2012]. В составе свиты также наблюдаются вулканиты основного и среднего состава. В отложениях береинской свиты выявлены раннепермские растительные остатки [State Geological Map..., 2012]. Sm-Nd изотопно-геохимические исследования выполнены для образцов алевrolита и песчаника, отобранных в бассейне р. Белой (см. рис. 2, б). Петрографические особенности пород приведены в Прил. 1, табл. 1.1, и на рис. 4, ж, з.

3. МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования пород выполнены в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований ИГХ СО РАН» (г. Иркутск). Измерения изотопного состава Sm и Nd проводились на 9-коллекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой MC-ICP-MS Neptune Plus в статическом режиме. Во время проведения измерений бланк составил 0.1–0.2 нг для Sm и 0.2–0.5 нг для Nd. Погрешности определения отношений $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ и $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ составили не более 0.003 % и 0.400 % соответственно. При расчете величин $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ и значений модельного возраста $T_{\text{Nd}(DM)}$ использованы современные значения однород-

ного хондритового резервуара (CHUR) по [Jacobsen, Wasserburg, 1984] и деплетированной мантии (DM) по [Goldstein, Jacobsen, 1988]. Особенности Sm-Nd изотопно-геохимического состава осадочных пород Нора-Сухотинского террейна приведены в Прил. 1, табл. 1.2, и на рис. 5.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Sm-Nd изотопно-геохимические исследования выполнены для отложений нёклинской, дагмарской, алевrolито-песчаниковой и граматухинской толщ Зея-Селемджинского фрагмента, а также для пород гуранской и береинской свит Приамурского фрагмента. Согласно проведенным исследованиям выявлено, что для осадочных пород Приамурского фрагмента Нора-Сухотинского террейна характерны слабоотрицательные величины $\epsilon_{\text{Nd}(0)} = -4.9 \dots -3.0$ и $\epsilon_{\text{Nd}(T)} = -0.7 \dots -0.2$ при мезопротерозойских значениях Nd-модельного возраста ($T_{\text{Nd}(DM)} = 1.14\text{--}1.08$ млрд лет; $T_{\text{Nd}(DM2)} = 1.21\text{--}1.08$ млрд лет). Для отложений Зея-Селемджинского фрагмента Нора-Сухотинского террейна типичны более глубокие отрицательные величины $\epsilon_{\text{Nd}(0)} = -9.5 \dots -7.9$ и $\epsilon_{\text{Nd}(T)} = -5.8 \dots -3.6$ и более древние значения Nd-модельного возраста ($T_{\text{Nd}(DM)} = 1.62\text{--}1.49$ млрд лет; $T_{\text{Nd}(DM2)} = 1.62\text{--}1.51$ млрд лет). Линии эволюции Nd-изотопного состава осадочных пород Зея-Селемджинского и Приамурского фрагмента представлены на рис. 5, а. Значительный разброс фигуративных точек состава палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна на диаграмме Th/Sc – $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ указывает на гетерогенный источник сноса (рис. 5, б).

5. ОБСУЖДЕНИЕ

Изотопно-геохимические (Sm-Nd) исследования позволили установить, что палеозойские осадочные породы Нора-Сухотинского террейна характеризуются мезопротерозойскими значениями двустадийного Nd-модельного возраста ($T_{\text{Nd}(DM2)} = 1.62\text{--}1.08$ млрд лет). Полученные данные свидетельствуют о том, что основными источниками сноса послужили мезопротерозойские образования и/или более молодые изверженные породы, исходные расплавы которых были сформированы за счет переработки континентальной коры мезопротерозойского возраста. Участие в осадконакоплении образований не древнее мезопротерозоя подтверждается присутствием раннепалеозойских и неопротерозойских зерен циркона в песчанике гуранской свиты Приамурского фрагмента Нора-Сухотинского террейна с Hf-модельным возрастом $T_{\text{Hf}(DM)} = 1.5\text{--}0.5$ млрд лет, $T_{\text{Hf}(C)} = 1.6\text{--}0.5$ млрд лет [Smirnov, 2022].

Согласно существующим тектоническим схемам [Parfenov et al., 2003; Khanchuk, 2006; Hu et al., 2020; Li Y. et al., 2014; Li Z.Z. et al., 2018; Liu Y. et al., 2017] осадочные породы ЮМХОП представляют собой фрагменты аккреционных комплексов, сформированные в палеозое в ходе закрытия океанического бассейна, разделявшего в палеозое Мамынский и Буреинский (Туранский) террейны (см. рис. 1).

Обратившись к результатам исследований части ЮМХОП на территории Китая, а именно Хэгэншань-Хэйхэ сутурной зоны (ХХСЗ), стоит отметить существование двух моделей ее эволюции. Согласно первой модели зона субдукции (~508–335 млн лет) имела северо-западное направление [Feng et al., 2015; Ji et al., 2018; Liu B. et al., 2021; Xu et al., 2015; Zhang et al., 2020; и др.]. Вторая модель предполагает существование двух зон субдукции: северо-западного направления (~366–334 млн лет) и юго-восточного (~342–334 млн лет) [Ma et al., 2020]. Результаты геофизических исследований, выполненные в последние годы [Fu et al., 2021], свидетельствуют о том, что при формировании ХХСЗ субдукция была направлена на северо-запад и происходила в два этапа: ~480–420 млн лет и ~360–330 млн лет соответственно. Заключительный (коллизийный) этап развития ХХСЗ охватывает период времени от раннего карбона до ранней перми (~320–290 млн лет) [Feng et al., 2015; Fu et al., 2021; и др.]. В свою очередь, в строении Нора-Сухотинского террейна присутствуют толеитовые габбро (455±2 млн лет) [Smirnov et al., 2012], гранодиориты (440±10 млн лет)

[Smirnov et al., 2016], граниты (378±3 млн лет) [Smirnov et al., 2021], связанные с конвергентными и трансформными границами плит. При этом свидетельств, указывающих на направление движение плит, не выявлено.

Если распространить модель формирования Хэгэншань-Хэйхэ сутурной зоны на северо-восток (т.е. на Нора-Сухотинский террейн), то рассматриваемые авторами палеозойские осадочные породы являются составными частями аккреционного комплекса, сформированного над зоной субдукции северо-западного погружения. Следовательно, основной объем кластического материала при накоплении этих пород должен поступать со стороны Мамынского террейна Аргунского супертеррейна. Петрографические особенности отложений Нора-Сухотинского террейна, а именно состав обломочного материала и акцессорные минералы (Прил. 1, табл. 1.1), в совокупности с результатами геохимических исследований пород [Smirnov, 2022; Sorokin et al., 2017b] указывают на доминирование образований кислого и среднего состава в области сноса. С учетом данных U-Pb датирования зерен детритового

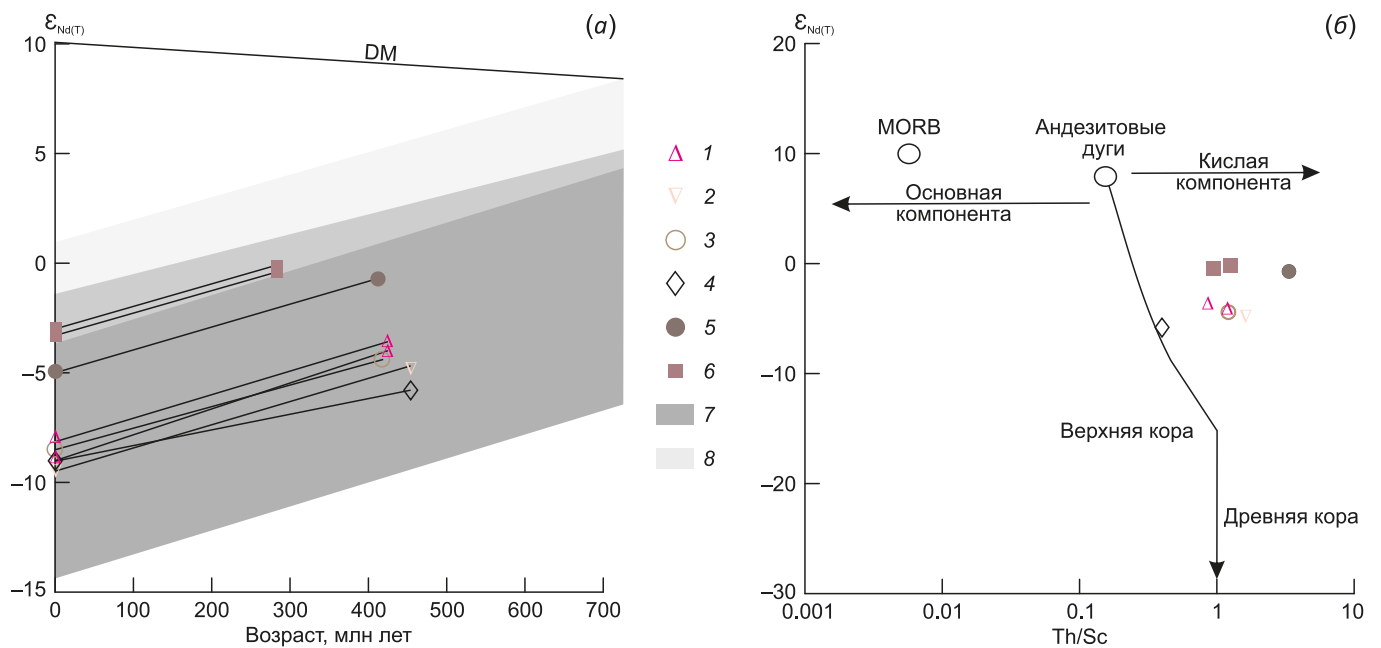


Рис. 5. Диаграммы: (а) – возраст – $\epsilon_{Nd(T)}$, (б) – Th/Sc – $\epsilon_{Nd(T)}$ [Jacobsen, Wasserburg, 1984] для палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна.

Поля Nd-изотопного состава осадочных пород Нора-Сухотинского террейна: Зeya-Селемджинский фрагмент: 1 – нёклинской толщи, 2 – дагмарской толщи, 3 – алевролитно-песчаниковой толщи, 4 – граматухинской толщи, Приамурский фрагмент: 5 – гуранской свиты, 6 – береинской свиты, 7 – поле Nd-изотопного состава эдиакарских и раннепалеозойских образований Мамынского террейна Аргунского супертеррейна [Sorokin et al., 2002, 2015, 2017a], 8 – поле Nd-изотопного состава раннепалеозойских магматических образований Хэгэншань-Хэйхэ сутурной зоны [Feng et al., 2017; Hu et al., 2020]. DM – деплетированная мантия.

Fig. 5. Diagrams: (a) – age – $\epsilon_{Nd(T)}$, (b) – Th/Sc – $\epsilon_{Nd(T)}$ [Jacobsen, Wasserburg, 1984] for the Paleozoic sedimentary rocks of the Nora-Sukhotino terrane.

Fields of Nd-isotope composition of sedimentary rocks of the Zeya-Selemdzha fragment of the Nora-Sukhotino terrane: 1 – Neklya sequence, 2 – Dagmara sequence, 3 – siltstone-sandstone sequence, 4 – Gramatukha sequence, Amur fragment of the Nora-Sukhotino terrane: 5 – Guran formation, 6 – Bereya formation, 7 – field of Nd-isotope composition of the Ediacaran and Early Paleozoic rocks of the Mamyn terrane of the Argun superterrane [Sorokin et al., 2002, 2015, 2017a], 8 – field of Nd-isotope composition of the Early Paleozoic igneous rocks of the Hegenshan-Heihe suture zone [Feng et al., 2017; Hu et al., 2020]. DM – depleted mantle.

циркона из осадочных пород Нора-Сухотинского террейна [Smirnov, 2022; Sorokin et al., 2017b], согласно которым главными поставщиками исходного материала являлись неопротерозойские и раннепалеозойские образования, в качестве потенциальных источников стоит рассматривать массивы неопротерозойских и кембрийских гранитоидов и диоритов Мамынского террейна, а также поля кислых вулканических пород кембрийского возраста, которые характеризуются величинами $\epsilon_{Nd(0)} = -14.4 \dots -1.5$ и $\epsilon_{Nd(T)} = -8.7 \dots +2.5$ при $T_{Nd(DM)} = 1.90 - 1.08$ млрд лет [Sorokin et al., 2002, 2015, 2017a]. Близкие особенности Sm-Nd-состава типичны для изученных осадочных пород Зeya-Селемджинского и Приамурского фрагментов Нора-Сухотинского террейна, что проиллюстрировано на рис. 5, а.

В качестве дополнительных поставщиков исходного материала, вероятно, стоит рассматривать магматические породы островных дуг ЮМХОП. Последние выявлены как в пределах Нора-Сухотинского террейна [Smirnov et al., 2012; Smirnov, Sorokin, 2017], так и на сопредельной территории Китая в пределах ХХСЗ [Feng et al., 2017; Hu et al., 2020; Liu B. et al., 2021; и др.]. Раннепалеозойские магматические породы ХХСЗ характеризуются слабоотрицательными и положительными значениями величин $\epsilon_{Nd(0)} = -3.8 \dots +0.8$ и $\epsilon_{Nd(T)} = +1.9 \dots +5.4$ при $T_{Nd(DM)} = 1.05 - 0.74$ млрд лет [Feng et al., 2017; Hu et al., 2020] (рис. 5, а). На участие островодужных образований при накоплении отложений Приамурского фрагмента Нора-Сухотинского террейна указывает присутствие в песчаниках гуранской свиты позднеордовикских зерен циркона с положительными значениями $\epsilon_{Hf(T)} = +8.0 \dots +14.3$ при $T_{Hf(C)} = 0.8 - 0.5$ млрд лет [Smirnov, 2022]. Это дает основание предполагать, что для осадочных пород Приамурского фрагмента вклад материала, поступавшего за счет разрушения островных дуг, был более значительным, чем для пород Зeya-Селемджинского фрагмента пояса.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в результате Sm-Nd изотопно-геохимических исследований данные свидетельствуют о том, что основными поставщиками кластического материала для палеозойских осадочных пород Зeya-Селемджинского и Приамурского фрагментов Нора-Сухотинского террейна являлись раннепалеозойские и неопротерозойские магматические породы Мамынского террейна Аргунского супертеррейна, а также раннепалеозойские островодужные образования ЮМХОП.

7. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников ЦКП «Изотопно-геохимических исследований ИГХ СО РАН» за проведение аналитических исследований.

8. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Ю.В. Смирнов – автор концепции; основной вклад в исследование.

С.И. Дриль – выполнение и интерпретация Sm-Nd изотопно-геохимических исследований.

Y.V. Smirnov – author of the concept; main contribution to the study.

S.I. Dril – performing and interpreting Sm-Nd isotopic-geochemical studies.

9. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Авторы прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Both authors declare that they have no conflicts of interest to declare. Both authors read and approved the final manuscript.

10. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Feng Z., Jia J., Liu Y., Wen Q., Li W.M., Liu B., Xing D., Zhang L., 2015. Geochronology and Geochemistry of the Carboniferous Magmatism in the Northern Great Xing'an Range, NE China: Constraints on the Timing of Amalgamation of Xing'an and Songnen Blocks. *Journal of Asian Earth Sciences* 113, 411–426. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2014.12.017>.

Feng Z., Liu Y., Li Y., Li W., Wen Q., Liu B., Zhou J., Zhao Y., 2017. Ages, Geochemistry and Tectonic Implications of the Cambrian Igneous Rocks in the Northern Great Xing'an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences* 144, 5–21. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2016.12.006>.

Fu W., Hou H., Gao R., Zhou J., Zhang X., Pan Z., Huang S., Guo R., 2021. Lithospheric Structures of the Northern Hegen-shan-Heihe Suture: Implications for the Paleozoic Metallogenic Setting at the Eastern Segment of the Central Asian Orogenic Belt. *Ore Geology Reviews* 137, 104305. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104305>.

Geological Map of the USSR, 1978. Amur-Zeya Series. Scale 1:200000. Sheet N-52-XXXIV (Norsk). Aerogeology, Moscow (in Russian) [Государственная геологическая карта СССР. Амуро-Зейская серия. Масштаб 1:200000. Лист N-52-XXXIV (Норск). М.: Аэрогеология, 1978].

Geological Map of the USSR, 1986. Amur-Zeya Series. Scale 1:200000. Sheet M-52-III (Svobodny). VSEGEI, Leningrad (in Russian) [Государственная геологическая карта СССР. Амуро-Зейская серия. Масштаб 1:200000. Лист M-52-III (Свободный). Л.: ВСЕГЕИ, 1986].

Goldstein S.J., Jacobsen S.B., 1988. Nd and Sr Isotopic Systematic 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).

Hu X.L., Yao S.Z., Tan C.Y., Zeng G.P., Ding Z.J., He M.C., 2020. Early Paleozoic Geodynamic Evolution of the Eastern Central Asian Orogenic Belt: Insights from Granitoids in the Xing'an and Songnen Blocks. *Geoscience Frontiers* 11 (6), 1975–1992. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.05.018>.

Jacobsen S.B., Wasserburg G.J., 1984. Sm-Nd Isotopic 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).

- Ji Z., Ge W.C., Yang H., Tian D.X., Chen H.J., Zhang Y.L., 2018. Late Carboniferous – Early Permian High- and Low-Sr/Y Granitoids of the Xing'an Block, Northeastern China: Implications for the Late Paleozoic Tectonic Evolution of the Eastern Central Asian Orogenic Belt. *Lithos* 322, 179–196. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.10.014>.
- 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.]*.
- Li Y., Xu W.L., Wang F., Tang J., Pei F.P., Wang Z.J., 2014. Geochronology and Geochemistry of Late Paleozoic Volcanic Rocks on the Western Margin of the Songnen–Zhangguangcai Range Massif, NE China: Implications for the Amalgamation History of the Xing'an and Songnen–Zhangguangcai Range Massifs. *Lithos* 205, 394–410. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.07.008>.
- Li Z.Z., Qin K.Z., Li G.M., Jin L.Y., Song G.X., 2018. Neoproterozoic and Early Paleozoic Magmatic Records from the Chalukou Ore District, Northern Great Xing'an Range, NE China: Implications for Tectonic Evolution and Mesozoic Mo Mineralization. *Journal of Asian Earth Sciences* 165, 96–113. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.06.020>.
- Liu B., Chen J.F., Han B.F., Liu J.L., Li J.W., 2021. Geochronological and Geochemical Evidence for a Late Ordovician to Silurian Arc–Back–Arc System in the Northern Great Xing'an Range, NE China. *Geoscience Frontiers* 12 (1), 131–145. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.07.002>.
- Liu Y., Li W., Feng Z., Wen Q., Neubauer F., Liang C., 2017. A Review of the Paleozoic Tectonics in the Eastern Part of Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research* 43, 123–148. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.03.013>.
- Ma Y., Liu Y., Qin T., Sun W., Zang Y., Zhang Y., 2020. Late Devonian to Early Carboniferous Magmatism in the Western Songliao–Xilinhot Block, Northeast China: Implications for Eastward Subduction of the Nenjiang Oceanic Lithosphere. *Geological Journal* 55 (3), 2208–2231. <https://doi.org/10.1002/gj.3739>.
- 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].
- Smirnov Y.V., 2022. Sources of Lower Paleozoic Sandstones from the Nora-Sukhotino Terrane: Results of U-Th-Pb and Lu-Hf Isotope Studies of the Detrital Zircons. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (5), 0671 (in Russian) [Смирнов Ю.В. Питающие провинции для нижнепалеозойских песчаников Нора-Сухотинского террейна: результаты U-Th-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № 5. 0671]. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-5-0671>.
- Smirnov Yu.V., Sorokin A.A., 2017. Geochemical and Sm-Nd Isotope Features of the Metavolcanic Rocks, Diabases, and Metagabbroids in the Northeastern Flank of the South Mongolia–Khangai Orogenic Belt. *Doklady Earth Sciences* 474, 574–578. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17050178>.
- Smirnov Yu.V., Sorokin A.A., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Yakovleva S.Z., Gorokhovskiy B.M., 2016. Early Paleozoic Monzodiorite–Granodiorite Association in the Northeastern Flank of the South Mongolia–Khangai Orogenic Belt (Nora-Sukhotinsky Terrane): Age and Tectonic Setting. *Russian Journal of Pacific Geology* 10, 123–131. <https://doi.org/10.1134/S1819714016020068>.
- Smirnov Yu.V., Sorokin A.A., Kudryashov N.M., 2012. Early Paleozoic Gabbro–Amphibolites in the Structure of the Bureya Terrane (Eastern Part of the Central Asian Fold Belt): First Geochronological Data and Tectonic Position. *Doklady Earth Sciences* 445, 796–801. <https://doi.org/10.1134/S1028334X12070094>.
- Smirnov Yu.V., Sorokin A.A., Kudryashov N.M., 2021. The First Evidence for Late Devonian Granitoid Magmatism in the Northeastern Flank of the South Mongolia–Khangai Orogenic Belt. *Russian Journal of Pacific Geology* 15, 39–50. <https://doi.org/10.1134/S1819714021010073>.
- Sorokin A.A., Kotov A.B., Kudryashov N.M., Kovach V.P., 2015. First Evidence of Ediacaran Magmatism in the Geological History of the Mamyn Terrane of the Central Asian Fold Belt. *Russian Journal of Pacific Geology* 9, 399–410. <https://doi.org/10.1134/S181971401506007X>.
- Sorokin A.A., Kudryashov N.M., Kotov A.B., Kovach V.P., 2017a. Age and Tectonic Setting of the Early Paleozoic Magmatism of the Mamyn Terrane, Central Asian Orogenic Belt, Russia. *Journal of Asian Earth Sciences* 144, 22–39. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.01.017>.
- Sorokin A.A., Kudryashov N.M., Sorokin A.P., 2002. Fragments of Paleozoic Active Margins at the Southern Periphery of the Mongolia–Okhotsk Foldbelt: Evidence from the Northeastern Argun Terrane, Amur River Region. *Doklady Earth Sciences* 387 (9), 1038–1042.
- Sorokin A.A., Smirnov Y.V., Smirnova Y.N., 2017b. Geochemical Features and Sources of Clastic Material in Paleozoic Terrigenous Deposits of the Northeastern Flank of the South Mongolia–Khangai Orogenic Belt. *Stratigraphy and Geological Correlation* 25, 146–166. <https://doi.org/10.1134/S086959381701004X>.
- State Geological Map of the Russian Federation, 2007. Far Eastern Series. Scale 1:1000000. Sheet N-52 (Zeya). VSEGEI, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Дальневосточная серия. Масштаб 1:1000000. Лист N-52 (Зeya). СПб.: ВСЕГЕИ, 2007].
- State Geological Map of the Russian Federation, 2012. Far Eastern Series. Scale of 1:1000000. Sheet M-52 (Blagoveshchensk). VSEGEI, Saint Petersburg (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Дальневосточная. Масштаб 1:1000000. Лист M-52 (Благовещенск). СПб.: ВСЕГЕИ, 2012].
- State Geological Map of USSR, 1975a. Amur-Zeya Series. Scale of 1:200000. Sheet M-52-I (The Mouth of the Bereya

River). Aerogeology, Moscow (in Russian) [Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Амуро-Зейская. Лист М-52-I (Устье р. Берея). М.: Аэрогеология, 1975].

State Geological Map of USSR, 1975b. Amur-Zeya Series. Scale of 1:200000. Sheet M-52-II (Nylga). Aerogeology, Moscow (in Russian) [Государственная геологическая карта СССР. Серия Амуро-Зейская. Масштаб 1:200000. Лист М-52-II (Нылга). М.: Аэрогеология, 1975].

State Geological Map of USSR, 1978. Amur-Zeya Series. Scale of 1:200000. Sheet M-52-VII, VIII (Sergeevka). Aerogeology, Moscow (in Russian) [Государственная геологическая карта СССР. Серия Амуро-Зейская. Масштаб

1:200000. Лист М-52-VII, VIII (Сергеевка). М.: Аэрогеология, 1978].

Xu B., Zhao P., Wang Y.Y., Liao W., Luo Z.W., Bao Q.Z., Zhou Y.H., 2015. The Pre-Devonian Tectonic Framework of Xing'an-Mongolian Orogenic Belt (XMOB) in North China. *Journal of Asian Earth Sciences* 97, 183–196. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.07.020>.

Zhang J.M., Xu B., Yan L.J., Wang Y.Y., 2020. Evolution of the Heihe-Nenjiang Ocean in the Eastern Paleo-Asian Ocean: Constraints of Sedimentological, Geochronological and Geochemical Investigations from Early-Middle Paleozoic Heihe-Dashi-zhai Orogenic Belt in the Northeast China. *Gondwana Research* 81, 339–361. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.11.006>.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 / APPENDIX 1

Таблица 1.1. Координаты мест отбора образцов палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна для Sm-Nd изотопно-геохимических исследований и их краткое описание**Table 1.1.** Coordinates of the sites where the Paleozoic sedimentary rocks of the Nora-Sukhotino terrane were sampled for Sm-Nd isotopic-geochemical studies and their brief description

№ п/п	Номер образца	Координаты мест отбора образцов	Географическая привязка	Петрографические особенности пород	Возраст наиболее молодой популяции зерен детритового циркона, млн лет
1	Z-45-4	52°14'53.8" 129°39'27.1"	р. Селемджа	Метапесчаник нёклинской толщи серого цвета с мелко- и среднезернистой псаммитовой структурой и массивной текстурой. Обломочный материал угловатой и слабоокатанной формы, представленный кварцем – 45 % и полевыми шпатами – 20 %. В меньшем количестве присутствуют чешуйки мусковита и биотита (иногда хлоритизированного) – до 17 %. В незначительном количестве встречается эпидот. Цемент контактовый слюдисто-кварцевого состава. Среди акцессорных минералов присутствуют циркон, апатит и магнетит	530–472*
2	Z-48	52°14'27.4" 129°39'24.7"	р. Селемджа	Кварц-полевошпат-слюдистый сланец нёклинской толщи зеленовато-серого цвета с лепидогранобластовой структурой и сланцеватой текстурой. Для сланца характерно чередование полос полевошпат-кварцевого состава (до 65 %) с полосами, сложенными слюдисто-кварцевым материалом (до 30 %). Реже в породе присутствует эпидот (до 5 %). Единичны чешуйки мусковита. Акцессории: циркон, сфен и магнетит	–
3	Z-75-10	52°29'19.7" 129°51'07.9"	соп. Угольная	Метапесчаник дагмарской толщи серого цвета с мелкозернистой псаммитовой структурой и массивной текстурой. Обломочный материал угловатой и слабоокатанной формы с плохой сортировкой. Среди обломков преобладают кварц – 35 % и полевые шпаты – 30 %. Слюдистый материал представлен мусковитом и биотитом – до 10 %. Единичны включения эпидота. Цемент контактовый слюдисто-кварцевого состава. Акцессорные минералы: циркон, апатит и магнетит	528–469*
4	Ю-74	51°41'20.1" 128°50'33.1"	р. Зея	Алеврит алевритито-песчаниковой толщи серого цвета с грубой алевритовой структурой и массивной текстурой. Обломочный материал имеет слабоокатанную и окатанную форму. Породы сложены кварцем – 40 % и полевыми шпатами – 20 %. Среди слюд присутствуют мусковит и биотит – до 10 %. Цемент базального типа слюдисто-глинистого состава. Акцессорные минералы: циркон, сфен, апатит	531–463*
5	C-1203-1	52°11'13.4" 129°21'50.3"	р. Орловка	Песчаник граматухинской толщи серого цвета с массивной текстурой и мелко- и среднезернистой псаммитовой структурой. Сложен слабоокатанными обломками кварца – 35 % и полевых шпатов – 30 %. Реже встречаются слюды – до 5 %. Единичные обломки карбонатов и включения эпидота. Обломки погружены в базальный цемент серицит-кварцевого состава. Акцессорные минералы представлены магнетитом, цирконом, сфеном, апатитом, гранатом и гидроокислами железа	534–467*
6	Z-94	51°28'09.9" 127°03'06.0"	р. Белая	Песчаник гуранской свиты светло-серого цвета с массивной текстурой и псаммитовой мелко- и крупнозернистой структурой с плохой сортировкой обломочного материала. Для песчаника типично присутствие обломков кварца – 50 %, полевых шпатов – 5 % и слюдисто-кварцевых сланцев – 7 %. Редко встречаются чешуйки мусковита. Цемент контактово-порового типа серицит-кварцевого состава. Среди акцессорных минералов выявлены циркон, гранат, апатит и магнетит	540–448**
7	Z-92	51°28'19.3" 127°03'37.4"	р. Белая	Песчаник береинской свиты серого цвета с массивной текстурой и мелкозернистой псаммитовой структурой. Обломочный материал угловатой, реже – слабоокатанной формы и представлен кварцем (20 %) и полевыми шпатами (10 %). Среди слюд наблюдаются биотит и мусковит (до 3 %). Биотит редко хлоритизирован. Цемент гидрослюдисто-кварцевого состава базального типа. В песчанике до 30 % шлифа занимает углеродистое вещество. Акцессории: циркон, магнетит и апатит	–

Таблица 1.1 (продолжение)

Table 1.1 (continued)

№ п/п	Номер образца	Координаты мест отбора образцов	Географическая привязка	Петрографические особенности пород	Возраст наиболее молодой популяции зерен детритового циркона, млн лет
8	Z-93	51°28'27.3" 127°03'55.4"	р. Белая	Алевролит береинской свиты темно-серого цвета с массивной текстурой и грубой алевритовой структурой. Обломочный материал угловатой и слабоокатанной формы, выделяются кварц (15 %) и полевые шпаты (10 %). Слюды представлены мусковитом и биотитом (до 10 %). Цемент базальный гидрослюдисто-кварцевый состава. В значительном количестве присутствует углеродистое вещество (до 25 %). Акцессорные минералы: циркон, магнетит и апатит	–

Примечание. Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования зерен детритового циркона приведены по данным: * – [Sorokin et al., 2017b], ** – [Smirnov, 2022].

Note. Results of U-Pb (LA-ICP-MS) dating of detrital zircon grains: * – [Sorokin et al., 2017b], ** – [Smirnov, 2022].

Таблица 1.2. Результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований палеозойских осадочных пород Нора-Сухотинского террейна

Table 1.2. Results of Sm-Nd isotopic-geochemical studies of the Paleozoic sedimentary rocks of the Nora-Sukhotino terrane

№ п/п	№ образца	Sm, г/т	Nd, г/т	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	+/-2σ изм.	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	$\epsilon_{\text{Nd}(T)}$	$T_{\text{Nd}(DM)}$, млн лет	$T_{\text{Nd}(DM2)}$, млн лет
Приамурский фрагмент										
Береинская свита										
1	Z-92	42.62	8.21	0.1173	0.512470	9	-3.3	-0.4	1076	1099
2	Z-93	39.93	7.97	0.1216	0.512485	7	-3.0	-0.2	1101	1080
Гуранская свита										
3	Z-94	3.90	21.28	0.1115	0.512386	17	-4.9	-0.7	1141	1206
Зея-Селемджинский фрагмент										
Граматыхинская толща										
4	C-1203-1	4.19	20.66	0.1226	0.512178	2	-9.0	-5.8	1624	1592
Алевролитно-песчаниковая толща										
5	Ю-74	8.28	42.83	0.1168	0.512204	4	-8.5	-4.4	1487	1523
Дагмарская толща										
6	Z-75-10	4.82	24.48	0.1190	0.512153	2	-9.5	-4.8	1603	1615
Нёклинская толща										
7	Z-45-4	4.97	23.98	0.1254	0.512234	1	-7.9	-3.6	1580	1513
8	Z-48	5.38	27.73	0.1174	0.512188	2	-8.8	-4.0	1521	1552

Примечание. Концентрации Sm и Nd определены методом изотопного разбавления.

Note. Sm and Nd concentrations were determined using isotope dilution.