

ВОЗРАСТ И ИСТОЧНИКИ НИЖНЕМЕЗОЗОЙСКИХ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД УНЬЯ-БОМСКОГО ТЕРРЕЙНА МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА: РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ (LA–ICP–MS) U–Th–Pb- И ИЗОТОПНЫХ Sm–Nd-ИССЛЕДОВАНИЙ

В. А. Заика¹, А. А. Сорокин¹, В. П. Ковач²,
член-корреспондент РАН А. П. Сорокин¹, А. Б. Котов^{2,*}

Поступило 10.05.2018 г.

Результаты геохронологических U–Th–Pb-исследований свидетельствуют о том, что в Унья-Бомском террейне наиболее молодые пики на кривых относительной вероятности возрастов составляют 207 и 212 млн лет для цирконов из метаалевролита курнальской свиты и из метаалевролита амканской свиты соответственно. Близкие оценки возраста для наиболее молодых пиков получены и для обломочных цирконов из метаосадочных пород Тукурингского террейна восточной части Монголо-Охотского пояса, что свидетельствует о том, что нижнемезозойские флишоидные комплексы в строении этого пояса развиты существенно шире, чем принято считать сегодня. На основании полученных геохронологических и изотопных Sm–Nd-данных показано, что снос материала в бассейн осадконакопления происходил преимущественно со стороны континентальных массивов Амурского супертеррейна.

Ключевые слова: Монголо-Охотский складчатый пояс, Унья-Бомский террейн, Sm–Nd-исследования, метаосадочные породы.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524844455-459>

Монголо-Охотский складчатый пояс (МОСП) — один из наиболее крупных структурных элементов Восточной Азии (рис. 1). Сегодня его принято рассматривать как реликт одноименного палеоокеана ([2] и др.), который закрылся в результате коллизии Северо-Азиатского кратона и Амурского супертеррейна (композиционного массива). Присутствие в МОСП фрагментов офиолитов и габбро-гранитоидных магматических палеозойских комплексов [3–5] свидетельствует о длительной и сложной истории его формирования.

Существующие в настоящее время геодинамические модели формирования МОСП имеют во многом противоречивый характер ([2] и др.). При этом наиболее дискуссионны вопросы о возрасте геологических комплексов, участвующих в строении пояса, а также времени, характере проявления аккреционных, коллизионных процессов. В нашей работе обсуждены результаты

геохронологических (LA–ICP–MS) U–Th–Pb- и изотопно-геохимических Sm–Nd-исследований юрских метаосадочных пород Унья-Бомского террейна — одного из ключевых в структуре МОСП (рис. 1).

Унья-Бомский террейн вытянут в субширотном направлении почти на 180 км при максимальной ширине 14–16 км. Он граничит по зонам Огджонского и Ланского разломов с Ланским террейном на северо-востоке, на юго-западе по зоне Желтулинского разлома — с Джагдинским террейном Монголо-Охотского пояса. Северная граница террейна перекрыта кайнозойскими отложениями Верхнезейской впадины (рис. 2).

В строении Унья-Бомского террейна выделены [1] следующие стратиграфические подразделения (снизу вверх): 1. Условно верхнетриасовая муяканская свита (мощность 1200 м), представленная метапесчаниками с прослоями и линзами филлитов, метаалевролитов, зелёных сланцев, туфопесчаников, седиментационных брекчий, туффигов. 2. Верхнетриасовая нёлская свита (мощность 1200 м), сложенная филлитами, метаалевролитами и метапесчаниками, зелёными и кремнистыми сланцами, седиментационными брекчиями.

¹ Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,
Благовещенск

² Институт геологии и геохронологии докембрия
Российской Академии наук, Санкт-Петербург

* E-mail: akotov@peterlink.ru

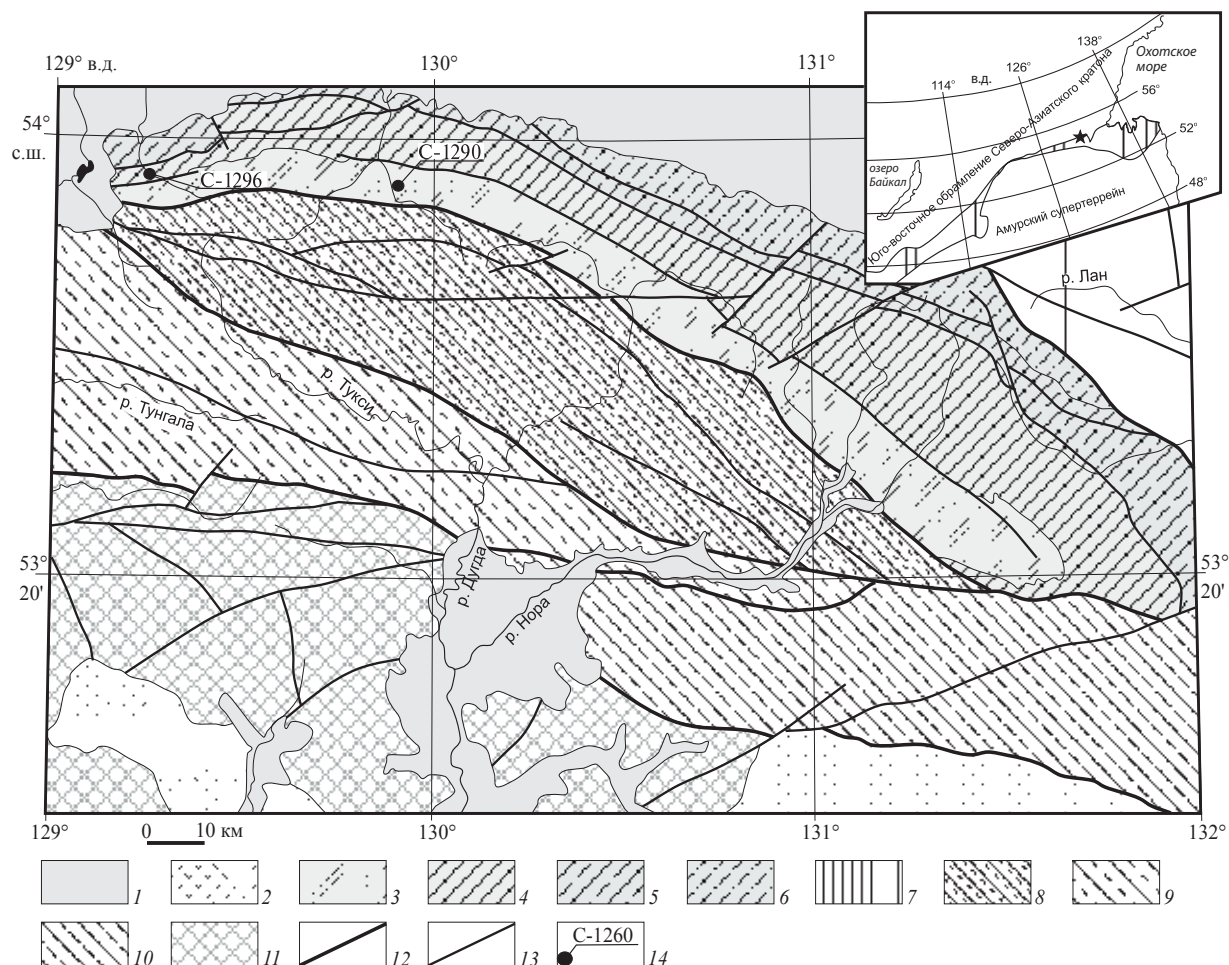


Рис. 1. Геологическая схема восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса по [1]. 1 — кайнозойские рыхлые отложения; 2 — нижнемеловые вулканиты среднего состава; 3–6 — метаосадочные комплексы Унья-Бомского террейна: 3 — условно среднеюрские ритмично переслаивающиеся метапесчаники, метаалевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы амканской свиты, 4 — нижнеюрские метапесчаники, филлитизированные алевролиты, гравелиты, седиментационные брекчии, конгломераты курнальской свиты, 5 — верхнетриасовые филлиты, метаалевролиты, метапесчаники, реже зелёные и кремнистые сланцы нёлской свиты, 6 — условно верхнетриасовые метапесчаники с прослоями, линзами филлитов, метаалевролитов, зеленых сланцев муяканской свиты; 7 — каменноугольные, пермские терригенные и вулканогенные образования Ланского террейна; 8 — каменноугольные, пермские терригенные и вулканогенные образования Джагдинского террейна; 9 — условно силурийские, девонские терригенные и вулканогенные образования Долбырь-Тунгалинского террейна; 10 — условно каменноугольные терригенные и вулканогенные образования Селемджино-Кербинского террейна; 11 — палеозойские интрузивные, осадочные комплексы северной окраины Амурского супертеррейна; 12 — главные разломы (границы между террейнами); 13 — второстепенные разломы; 14 — места отбора образцов для геохронологических исследований и их номера. Врезка: звёздочка — район исследований; заштрихованная область — Монголо-Охотский складчатый пояс.

Она согласно перекрывает муяканскую свиту и содержит фауну, характерную для карнийского и низов норийского ярусов (*Monotis ochotica* Keys., *M. jacutica* Tell., *Eomonotis scutiformis* Kipar., *Halobia cf. australica* Moys., *Oxytoma (Palmoxytoma) toysisovicsi* Tell. и др.). 3. Нижнеюрская курнальская свита (мощность 2000 м), представленная рассланцованными полимиктовыми песчаниками, иногда туфогенными, филлитизированными алевролитам, гравелитам, седиментационными брекчиями, конгломератами. Контакт

курнальской свиты с нижележащими отложениями верхнего триаса тектонический. Возраст курнальской свиты определён по находкам раннеюрских криноидей *Seirocrinus alaska* (Spring.). 4. Условно среднеюрская амканская свита (мощность 1500 м) сложена ритмично переслаивающимися песчаниками, алевролитам, аргиллитам, реже глинистыми сланцами. Органических остатков не обнаружено, однако свита условно отнесена к средней юре на основании её согласного налегания на нижнеюрскую курнальскую свиту.

Геохронологические U—Th—Pb-исследования выполнены для детритовых цирконов из метаалевролитов курнальской (обр. С-1296) и амканской (обр. С-1290) свит (рис. 1).

Выделение детритовых цирконов выполнено в минералогической лаборатории ИГиП ДВО РАН с помощью тяжёлых жидкостей. Геохронологические U—Th—Pb-исследования индивидуальных цирконов проведены в Геохронологическом центре Аризонского университета (Arizona LaserChron Center, USA) на ICP масс-спектрометре Thermo Element 2, оснащённом системой лазерной абляции Photon Machines Analyte G2. Диаметр кратера 20 мкм, глубина — 15 мкм. Детальное описание аналитических процедур приведено на сайте лаборатории (www.laserchron.org). Конкордантные возрасты рассчитаны в программе Isoplot v. 4.15 [6]. При построении гистограмм распределения и кривых относительной вероятности возраста детритовых цирконов [7] использовали только concorдантные оценки возраста.

Изотопные Sm—Nd-исследования выполнены в ИГГД РАН. Изотопные составы Sm, Nd измерены на многоколлекторном масс-спектрометре TRITON TI в статическом режиме. Измеренные $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ нормализованы к $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ и приведены к $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512115$ в Nd-стандарте JNdi-1. Средневзвешенное значение $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в Nd-стандарте JNdi-1 за период измерений составило $0,512102 \pm 6$ ($n = 8$). Точность определения концентраций Sm, Nd — $\pm 0,5\%$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ — $\pm 0,5\%$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — $\pm 0,005\%$ (2σ). Уровень холостого опыта не превышал 0,2 нг Sm и 0,5 нг Nd. При расчёте величин $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ и модельных возрастов $t_{\text{Nd(DM)}}$ использованы современные значения однородного хондритового резервуара (CHUR) по [8] и деплетированной мантии (DM) по [9].

В ходе геохронологических U—Th—Pb-исследований метаалевролита курнальской свиты (обр. С-1296) проанализированы 126 зёрен детритовых цирконов. Для них получены 98 concorдантных оценок возраста, большая часть которых находится в диапазоне 195–522 млн лет. Два зерна циркона имеют неопротерозойский возраст — ~606 и 828 млн лет. Кроме того, для трёх зёрен циркона получены палеопротерозойские оценки возраста (по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$): 1735–1928 млн лет. На кривой относительной вероятности возраста детритовых цирконов из метаалевролита курнальской свиты выделяются пики 207; 244; 323; 362; 433; 452; 473 млн лет (рис. 2а).

Для геохронологических U—Th—Pb-исследований метаалевролита амканской свиты (обр. С-1290) использованы 122 зерна детритовых цирконов, для которых получены 86 concorдантных оценок возраста 211–515 и 823–895 млн лет

и одна ~1872 млн лет. Четыре зерна циркона характеризуются возрастaми (по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) 1604–1904 млн лет, а одно — 2992 млн лет. Пики на кривой относительной вероятности возраста детритовых цирконов из метаалевролита амканской свиты соответствуют возрастaм 212; 260; 278; 303; 358; 405; 484; 504; 830; 892 млн лет (рис. 2б).

Изотопно-геохимические Sm—Nd-исследования выполнены для четырёх образцов метаалевролитов курнальской, амканской свит (табл. 1). Они характеризуются отрицательными величинами $\epsilon_{\text{Nd}(0.2)}$ от –2,0 до –3,8 и мезопротерозойскими значениями модельных Nd-возрастов $t_{\text{Nd(DM)}} = 1,4$ –1,2 млрд лет.

Верхнетриасовые, нижне-, среднеюрские флишевые комплексы Унья-Бомского, Ульбанского террейнов относятся к наиболее молодым комплексам МОСП [2]. Результаты геохронологических U—Th—Pb-исследований показывают, что наиболее молодые детритовые цирконы из метаалевролитов курнальской, амканской свит Унья-Бомского террейна имеют возраст соответственно ~207 и 212 млн лет. Близкие оценки возраста наиболее молодых популяций детритовых цирконов получены и для метаосадочных пород гармаканской (185 млн лет) и алгаинской (198 млн лет) свит Тукурингского террейна

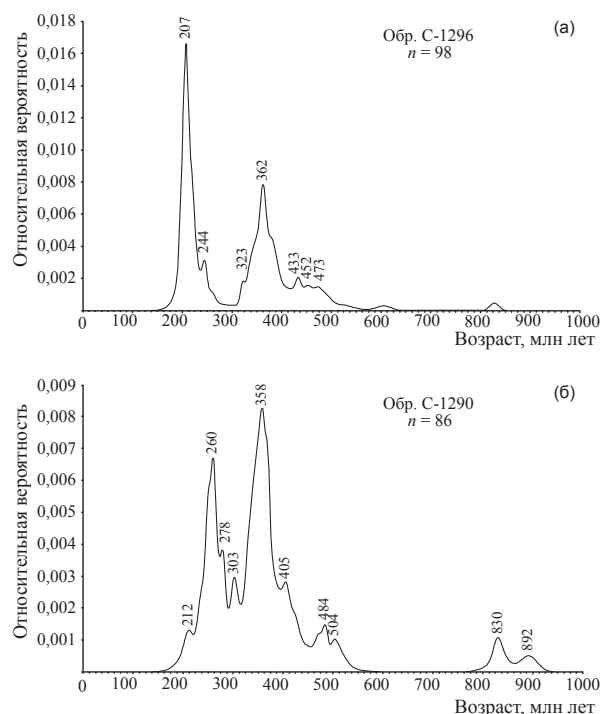


Рис. 2. Кривые относительной вероятности возрастa детритовых цирконов. а — из метаалевролита курнальской свиты (обр. С-1296); б — из метаалевролита амканской свиты (обр. С-1290).

Таблица 1. Результаты изотопно-геохимических Sm–Nd-исследований метаосадочных пород курнальской, амканской, свит Унья-Бомского террейна

Номер образца	Свита	Порода	Sm, мкг/г	Nd, мкг/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($\pm 2\sigma$ изм)	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	$\epsilon_{\text{Nd}(0.2)}$	$t_{\text{Nd(DM)}}$, млн лет
C-1290	Амканская	Метаалевролит	4,01	20,34	0,1193	0,512347 $\pm$ 2	–5,7	–3,7	1296
C-1292	Амканская	Метаалевролит	3,76	19,61	0,1160	0,512339 $\pm$ 3	–5,8	–3,8	1267
C-1291	Курнальская	Метаалевролит	7,59	36,52	0,1257	0,512357 $\pm$ 3	–5,5	–3,7	1374
C-1296	Курнальская	Метаалевролит	4,62	23,34	0,1196	0,512436 $\pm$ 2	–3,9	–2,0	1157

Примечание. Величины ошибок (2σ) определения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ соответствуют последним значащим цифрам после запятой.

восточной части МОСП [10]. Это свидетельствует о том, что в пределах МОСП нижнемезозойские флишоидные комплексы развиты существенно шире, чем принято считать в настоящее время.

Изотопные Sm–Nd-данные позволяют предполагать, что поступление терригенного материала в бассейн осадконакопления, где формировались осадочные породы курнальской, амканской свит Унья-Бомского террейна, происходило преимущественно со стороны континентальных массивов Амурского супертеррейна. Слагающие эти массивы разновозрастные магматические, осадочные комплексы характеризуются мезопротерозойскими значениями модельных Nd-возрастов $t_{\text{Nd(DM)}} = 1,5\text{--}1,0$ млрд лет [11–13], тогда как для значительной части магматических, метаморфических комплексов Джугджуро-Станового супертеррейна и южной части Алданского шита оценки модельных Nd-возрастов существенно древнее ($t_{\text{Nd(DM)}} = 3,2\text{--}2,0$ млрд лет) [14, 15].

Результаты геохронологических исследований детритовых цирконов из метатерригенных пород Унья-Бомского террейна согласуются с предположением о том, что снос терригенного материала в бассейн осадконакопления осуществлялся главным образом с континентальных массивов Амурского супертеррейна. В их строении широко представлены поздне триасовые—раннеюрские, пермские, средне-, позднедевонские, ордовикские, кембрийские магматические комплексы, а в последние годы выявлены неопротерозойские магматические комплексы [3, 4]. Это главные источники терригенного материала и для юрских отложений Верхнеамурского, Зей-Депского прогибов, наложенных на северную окраину Амурского супертеррейна [12].

В качестве источников раннедокембрийских детритовых цирконов в метаалевролитах курнальской и амканской свит можно рассматривать магматические, метаморфические комплексы Джугджуро-Станового супертеррейна и южной части Алданского шита. Однако мезопротерозойские значения модельных возрастов $t_{\text{Nd(DM)}}$ метаосадочных пород Унья-Бомского террейна (табл.1)

свидетельствуют о том, что вклад этих источников незначителен.

Источник финансирования. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17–35–50056-мол-нр).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сережников А.Н., Волкова Ю.Р.* Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:1 000 000. Третье поколение. Лист N-52 (Зей). Дальневосточная серия. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
2. *Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртогов О.* // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18. № 5. С. 24–43.
3. *Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П.* // ДАН. 2002. Т. 387. № 3. С. 382–386.
4. *Сорокин А.А., Котов А.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П.* // Петрология. 2005. Т. 13. № 6. С. 654–670.
5. *Сорокин А.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др.* // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2007. Т. 15. № 3. С. 3–21.
6. *Ludwig K.* Isoplot 3.6 // Berkeley Geochronol. Center. Spec. Publ. 2008. V. 4. 77 p.
7. *Gehrels G.* Detrital Zircon U–Pb Geochronology: Current Methods and New Opportunities. In: *Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances*. L.: Wiley-Blackwell, 2011. P. 47–62.
8. *Jacobsen S.B., Wasserburg G.J.* // Earth and Planet Sci. Lett. 1984. V. 67. P. 137–150.
9. *Goldstein S.J., Jacobsen S.B.* // Earth and Planet Sci. Lett. 1988. V. 87. P. 249–265.
10. *Сорокин А.А., Сорокин А.П., Котов А.Б. и др.* // ДАН. 2016. Т. 470. № 2. С. 208–211.
11. *Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Котов А.Б. и др.* // Геохимия. 2015. № 6. С. 539–550.
12. *Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И. и др.* // Геохимия. 2017. № 2. С. 127–148.
13. *Сорокин А.А., Котов А.Б., Ковач В.П. и др.* // Петрология. 2014. Т. 22. № 1. С. 72–84.
14. *Великославинский С.Д., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др.* // ДАН. 2011. Т. 438. № 3. С. 355–359.
15. *Великославинский С.Д., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др.* // ДАН. 2012. Т. 444. № 4. С. 402–406.

**AGE AND SOURCES OF THE LOWER MESOZOIC
METASEDIMENTARY ROCKS OF THE UN'JA-BOM TERRANE
IN THE MONGOL-OKHOTSK FOLD BELT:
RESULTS OF THE U—Th—Pb GEOCHRONOLOGICAL
(LA—ICP—MS) AND Sm—Nd ISOTOPE STUDIES**

**V. A. Zaika, A. A. Sorokin, V. P. Kovach,
Corresponding Member of the RAS A. P. Sorokin, A. B. Kotov**

Received May 10, 2018

The results of the U—Th—Pb geochronological studies indicate that in the Un'ja-Bom terrane the youngest peaks on the relative probability curves of ages are 207 and 212 Ma for zircons from the metasiltstone of the Kurnal formation and from the metasiltstone of the Amkan formation. Similar age estimates for the youngest peaks were obtained for the detrital zircons from the metasedimentary rocks of the Tukuringra terrain of the eastern part of the Mongol-Okhotsk belt, which indicates that the Lower Mesozoic flyschoid complexes in the structure of this belt are developed much wider than is currently believed. The results obtained in our U—Th—Pb geochronological and Sm—Nd isotope geochemical studies suggest that the sedimentary rocks material was carried to the sedimentation basin mainly from the continental massifs of the Amur superterrane.

Keywords: Mongol-Okhotsk fold belt, Un'ya-Bom terrane, Sm—Nd investigations, metasedimentary rocks.