

УДК 550.42

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА УЛЬБАНСКОГО ТЕРРЕЙНА МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА: РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb- И Lu–Hf-ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ

© 2020 г. В. А. Заика^{1,*}, член-корреспондент РАН А. А. Сорокин¹

Поступило 20.01.2020 г.

После доработки 12.02.2020 г.

Принято к публикации 21.02.2020 г.

Впервые выполнены U–Pb- и Lu–Hf-изотопные исследования детритовых цирконов из мезозойских метаосадочных пород соруканской и налдындинской свит Ульбанского террейна. Показано, что в этих породах практически полностью отсутствуют раннедокембрийские цирконы, а доминируют раннемезозойские цирконы с палеозойскими, нео- и мезопротерозойскими Hf-модельными возрастными. На основании полученных данных предполагается, что Ульбанский террейн является фрагментом аккреционного комплекса северной окраины Амурского супертеррейна, а не наложенным прогибом на палеозойских образованиях Монголо-Охотского пояса или аккреционным комплексом южной окраины Северо-Азиатского кратона, как предполагалось ранее.

Ключевые слова: Монголо-Охотский складчатый пояс, Ульбанский террейн, детритовые цирконы, U–Pb-геохронология, Lu–Hf-изотопные исследования, метаосадочные породы

DOI: 10.31857/S2686739720050230

Монголо-Охотский складчатый пояс (рис. 1) является одним из значимых структурных элементов Восточной Азии и протягивается в виде узкой (до 300 км) полосы на 3000 км от Удской губы Охотского моря до Центральной Монголии. В современном структурном плане этот пояс принято рассматривать как сложный коллаж вытянутых вдоль простирания тектонических блоков, описываемых в качестве структурно-формационных зон [1] или террейнов ([2, 3] и др.).

Разработанные к настоящему времени геодинамические модели формирования Монголо-Охотского складчатого пояса имеют во многом противоречивый характер (обзор в [2, 3]). При этом наиболее дискуссионными являются вопросы о возрасте геологических комплексов, участвующих в строении пояса, а также о времени и характере проявления аккреционных и коллизионных процессов в истории его геологического развития. Такая неопределенность, в первую очередь, обусловлена недостатком геохронологических и изотопно-геохимических данных, позво-

ляющих определить граничные условия для их разработки, и в том числе данных о возрасте и источниках обломочного материала терригенных пород.

В данном сообщении обсуждаются результаты U–Pb- и Lu–Hf-изотопных исследований детритовых цирконов из юрских метаосадочных пород Ульбанского террейна – самого восточного и одного из ключевых в структуре Монголо-Охотского складчатого пояса (рис. 1). В настоящее время выполняющие его мезозойские отложения рассматриваются в качестве прогиба на палеозойских образованиях Селемджинского террейна [1] или аккреционного комплекса южной окраины Северо-Азиатского кратона ([2, 3, 5] и др.).

Ульбанский террейн вытянут в субширотном направлении почти на 330 км при максимальной ширине 125–130 км. По сложным системам разломов он граничит на севере с Тугурским террейном, на востоке и юге – с Селемджинским террейном (рис. 1). Он сложен верхнетриасовыми и нижне-среднеюрскими турбидитами, тектонически совмещенными со среднеюрскими кремнями и metabазальтами [2, 5]. Объектами данного исследования являются метаалевролиты условно раннеюрской соруканской свиты и метапесчаники среднеюрской налдындинской свиты. Места отбора образцов показаны на рис. 1.

¹ Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Благовещенск, Россия

*E-mail: zaika_y_a_88@mail.ru

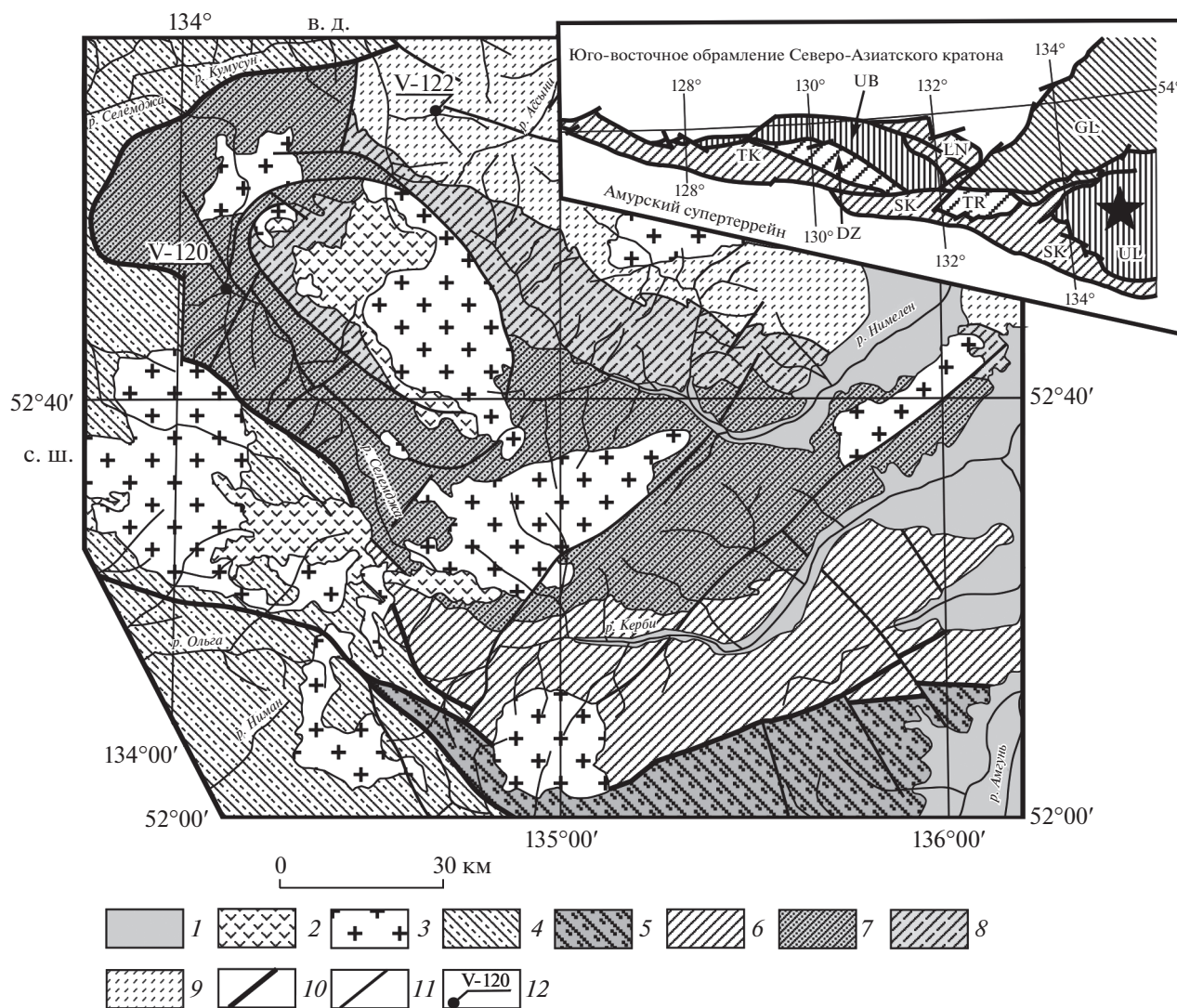


Рис. 1. Геологическая схема западной части Ульбанского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса (по [1] с изменениями авторов). 1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – верхнемеловые вулканиты среднего состава; 3 – позднемеловые интрузивные комплексы; 4 – палеозойские вулканогенные и осадочные комплексы Селемджинского террейна; 5 – палеозойские вулканогенные и осадочные комплексы Ниланского террейна; 6–9 – осадочные комплексы Ульбанского террейна: 6 – верхнетриасовые, 7 – нижнеюрские и условно нижнеюрские, 8 – нижне-среднеюрские, 9 – среднеюрские; 10 – главные разломы (границы между террейнами); 11 – второстепенные разломы; 12 – места отбора образцов для U–Pb-геохронологических исследований и их номера. На врезке звездочкой показан район исследований. Буквами обозначены террейны: GL – Галамский, DZ – Джагдинский, LN – Ланский, SK – Селемджино-Кербинский, ТК – Тукурингский, TR – Токурский; UL – Ульбанский, UB – Унья-Бомский.

Выделение детритовых цирконов выполнено в минералогической лаборатории Института геологии и природопользования ДВО РАН (Благовещенск) с помощью тяжелых жидкостей. U–Pb-геохронологические исследования индивидуальных цирконов проведены в Геохронологическом Центре Аризонского Университета (Arizona LaserChron Center, USA) на ICP-масс-спектрометре “Thermo Element” 2, оснащенный системой лазерной абляции Photon Machines Analyte G2. Диаметр кратера составлял 20 мкм, глубина – 15 мкм. Детальное описание аналитических процедур

приведено на сайте лаборатории (www.laserchron.org). Конкордантные возрасты (Concordia Ages) рассчитаны в программе Isoplot v. 4.15 [6]. При построении гистограмм распределения и кривых относительной вероятности возраста детритовых цирконов использовались только конкордантные оценки возраста.

Lu–Hf-изотопные исследования цирконов выполнены так же в Геохронологическом Центре Аризонского Университета (Arizona LaserChron Center, USA) с использованием многоколлекторного масс-спектрометра с индукционно-связан-

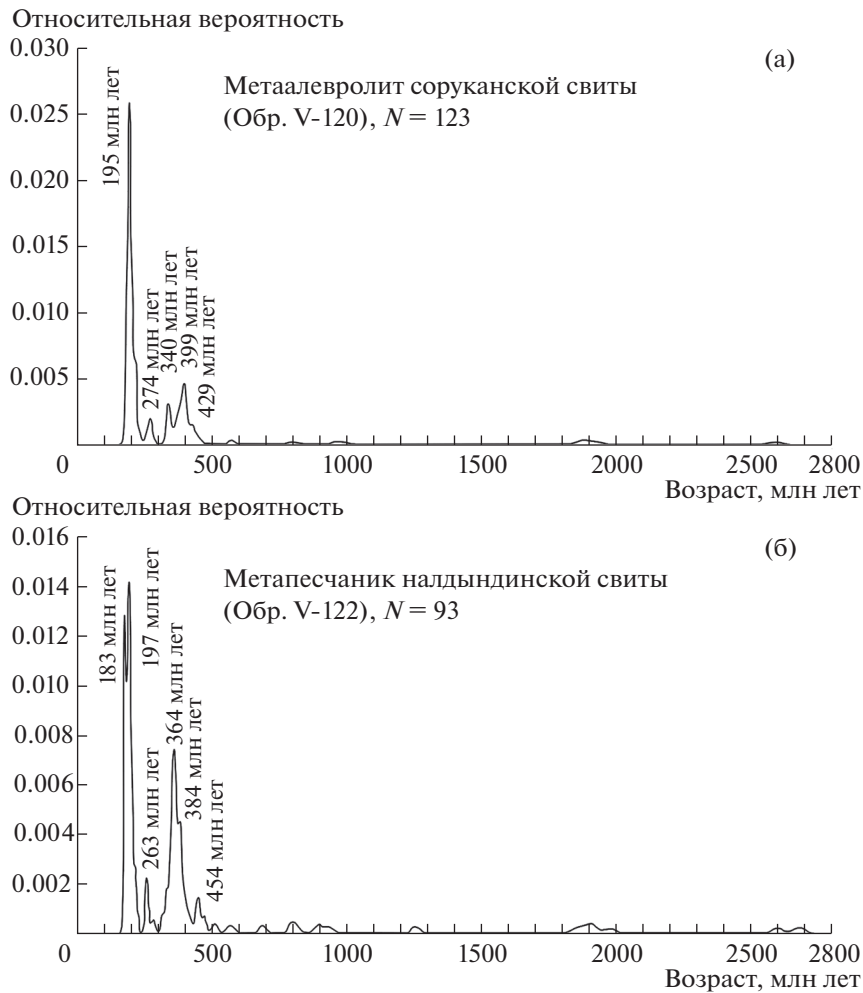


Рис. 2. Кривые относительной вероятности возрастов детритовых цирконов: а) из метаалевролитов соруканской свиты (обр. V-120); б) из метапесчаников налдындинской свиты (обр. V-122).

ной плазмой (MC-ICP-MS) Nu High-Resolution и эксимерного лазера Analyte G2. При этом Lu-Nf-изотопные анализы проводились в том же участке цирконов (в той же точке), что и U-Th-Pb-анализы. Детали аналитической методики изложены на сайте лаборатории (www.laserchron.org). Для расчета величин $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$ использованы константа распада ^{176}Lu ($\lambda = 1,867e^{-11}$) по [7], хондритовые отношения $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ (0,282785) и $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ (0,0336) по [8]. Коровые Hf-модельные возрасты $t_{\text{Hf}(C)}$ рассчитаны, принимая среднее отношение $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ в континентальной коре, равное 0.0093 [9]. Для расчета изотопных параметров деплетированной мантии использованы современные отношения $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0.28325$ и $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0.0384$ [10].

В ходе исследований из метаалевролита соруканской свиты (обр. V-120) проанализированы 138 зерен детритовых цирконов. Для 123 из них получены конкордантные оценки возраста, боль-

шая часть которых находится в интервалах 441–420, 411–360, 350–334, 285–258, 237–180 млн лет. Кроме того, присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста ~2.5; 1.9; 1.8 млрд лет, 977, 803, 573, 456 млн лет. На кривой относительной вероятности возрастов детритовых цирконов выделяются пики 429, 399, 340, 274, 195 млн лет (рис. 2а). Наиболее молодое зерно циркона имеет конкордантный возраст 180 ± 2 млн лет.

Из мелкозернистого метапесчаника налдындинской свиты (обр. V-122) проанализированы 127 зерен детритовых цирконов. Для 93 из них получены конкордантные оценки возраста, отвечающим интервалам 1976–1854, 938–574, 477–452, 409–321, 287–262, 227–178 млн лет. Кроме того, присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста ~2.6; 2.5; 1.2 млрд лет, 571, 425 млн лет. Пики на кривой относительной вероятности возраста детритовых цирконов соответствуют возрастам 454, 384, 364,

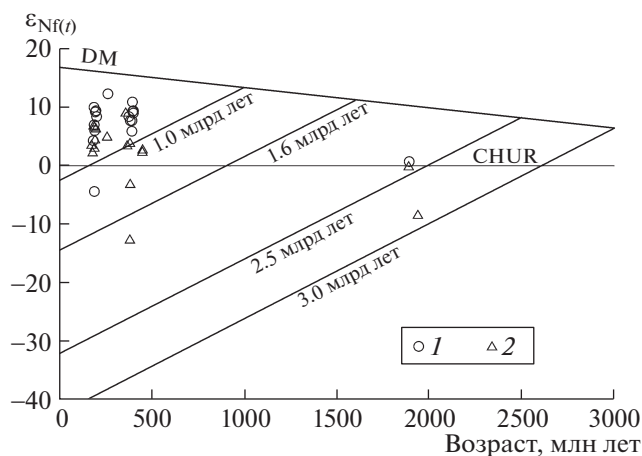


Рис. 3. Диаграмма $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$ – возраст (млн лет) для цирконов из метаалевролита (обр. V-120) соруканской свиты (1) и метапесчаников (обр. V-122) налдындинской свиты (2). DM – деплетированная мантия, CHUR – однородный хондритовый резервуар.

338, 263, 197, 183 млн лет (рис. 26). Наиболее молодое зерно циркона имеет конкордантный возраст 178 ± 2 млн лет.

Полученные результаты указывают на то, что породы, слагающие соруканскую и налдындинскую свиты, характеризуются сходными возрастными группами детритовых цирконов (рис. 2). При этом присутствие более молодых цирконов в метапесчанике налдындинской свиты, по сравнению с метаалевролитом соруканской свиты, согласуется с более высоким стратиграфическим положением первой [1].

Lu–Hf-изотопные исследования выполнены для 18 зерен цирконов из метаалевролита соруканской свиты (обр. V-120) и 17 зерен из метапесчаника налдындинской свиты (обр. V-122). Результаты исследований приведены на рис. 3. Из приведенных результатов следует, что палеозойские и мезозойские цирконы из метаалевролита соруканской свиты (обр. V-120) и метапесчаника налдындинской свиты (обр. V-122) характеризуются модельными возрастными $t_{\text{Hf}(C)} = 1.30$ – 0.45 млрд лет. Единичным раннедокембрийским цирконам свойственны модельные возрасты $t_{\text{Hf}(C)} = 2.80$ – 1.80 млрд лет (рис. 3).

В целом можно заключить, что в юрских метаосадочных породах Ульбанского террейна преобладают палеозойские и раннемезозойские цирконы с палеозойскими, нео- и мезопротерозойскими Hf-модельными возрастными. Это указывает на то, что первичными источниками этих цирконов являются магматические и/или метаморфические породы, сформированные без значительного участия раннедокембрийской континентальной коры.

Соответственно Ульбанский террейн вряд ли может являться аккреционным комплексом южной окраины Северо-Азиатского кратона, как это предполагается в ряде публикаций [2, 3, 5]. В этом случае снос материала со стороны кратона обусловил бы доминирование цирконов с раннедокембрийскими Hf-модельными возрастными.

Также не представляется возможным рассматривать Ульбанский террейн в качестве прогиба на палеозойских образованиях Селемджинского террейна [1]. Согласно нашим неопубликованным данным, в осадочных комплексах последнего в значительном количестве присутствуют палеопротерозойские цирконы, а доминирующие палеозойские цирконы, как правило, характеризуются раннедокембрийскими Hf-модельными возрастными. В случае образования наложенного прогиба, осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы Селемджинского террейна являлись бы главным поставщиком обломочного материала, и цирконы с такими изотопными параметрами неизбежно доминировали в осадках Ульбанского прогиба, чего явно не наблюдается.

С другой стороны, практически полное отсутствие раннедокембрийских цирконов, а также доминирование раннемезозойских цирконов с Hf-модельными возрастными не древнее мезопротерозоя сближают исследуемые породы соруканской и налдындинской свит Ульбанского террейна с нижнемезозойскими метаосадочными породами Унья-Бомского [11, 12], Джагдинского [12, 13] и Тукурингского [12, 14] террейнов. На основании указанных U–Pb- и Lu–Hf-изотопных параметров обломочных цирконов ранее был сделан вывод о том, что их источниками в метаосадочных породах Унья-Бомского, Джагдинского и Тукурингского террейнов являются позднемезозой-

ские и раннемезозойские магматические комплексы северной окраины Амурского супертеррейна и островные дуги. А сами эти террейны представляют собой фрагменты аккреционного комплекса северной окраины Амурского супертеррейна [11–13]. В этой связи мы полагаем, что такая интерпретация вполне может быть распространена и на Ульбанский террейн.

ВЫВОДЫ

1) Метаосадочные породы соруканской и налдинской свит Ульбанского террейна характеризуются сходными возрастными группами детритовых цирконов. Им свойственны практически полное отсутствие раннедокембрийских цирконов, а также доминирование раннемезозойских цирконов с Hf-модельными возрастными не древнее мезопротерозоя.

2) Ульбанский террейн является фрагментом аккреционного комплекса северной окраины Амурского супертеррейна, а не наложенным прогибом на палеозойских образованиях Монголо-Охотского пояса или аккреционным комплексом южной окраины Северо-Азиатского кратона, как предполагалось ранее.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников Института геологии и природопользования ДВО РАН (Благовещенск) Е.Н. Воропаеву, О.Г. Медведеву, персонал Центра LaserChron Университета штата Аризона (США) за проведение аналитических исследований.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Геологические исследования выполнены в соответствии с планом НИР ИГиП ДВО РАН (тема АААА–А16–116051810110–7), изотопно-геохимические и геохронологические исследования при поддержке Российского научного фонда (проект 18–17–00002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Забродин В.Ю., Бородин А.М., Гурьянов В.А. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000. Третье поколение. Лист N-53 (Шантарские острова). Дальневосточная серия / Ред. Г.В. Роганов. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2007. 448 с.
2. *Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О.* Проблемы тектоники Монголо-Охотского складчатого пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 5. С. 24–43.
3. *Khanchuk A.I., Didenko A.N., Popoko L.I., et al.* Structure and Evolution of the Mongol-Okhotsk Orogenic Belt. The Central Asian Orogenic Belt. Geology, Evolution, Tectonics, and Models. Ed. Alfred Kröner. Germany. Stuttgart. Borntraeger Science Publishers. 2015. P. 211–234.
4. *Забродин В.Ю.* Реконструкция структуры мезозойской восточной части Амуро-Охотской складчатой системы (Дальний Восток) // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 3. С. 64–73. <https://doi.org/10.1134/S1819714009030063>
5. *Натальин Б.А.* Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеанская геология. 1991. № 5. С. 3–21.
6. *Ludwig K.R.* Isoplot 3.6 // Berkeley Geochronology Center Special Publication. 2008. P. 1–77.
7. *Söderlund U., Patchett P.J., Vervoort J.D., et al.* The ¹⁷⁶Lu Decay Constant Determined by Lu–Hf and U–Pb Isotope Systematics of Precambrian Mafic Intrusions // Earth Planet. Science Lett. 2004. V. 219. P. 311–324.
8. *Blichert-Toft J., Albarede F.* The Lu–Hf Isotope Geochemistry of Chondrites and the Evolution of the Mantle–Crust System // Earth Planet. Science Lett. 1997. V. 148. P. 243–258.
9. *Vervoort J.D., Patchett P.J.* Behavior of Hafnium and Neodymium Isotopes in the Crust: Constraints from Precambrian Crustally Derived Granites // Geochim et Cosmochim Acta 60. 1996. P. 3717–3723.
10. *Griffin W.L., Belousova E.A., Shee S.R., et al.* Archean Crustal Evolution in the Northern Yilgarn Craton: U–Pb and Hf-isotope Evidence from Detrital Zircons // Precamb. Res. 2004. V. 131 (3–4). P. 231–282. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2003.12.011>
11. *Зайка В.А., Сорокин А.А., Ковач В.П. и др.* Возраст и источники нижнемезозойских метаосадочных пород Унья-Бомского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса: Результаты U–Th–Pb-геохронологических (LA–ICP–MS) и Sm–Nd-изотопных исследований // ДАН. 2019. Т. 484. № 4. С. 455–459. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524844455-459>
12. *Sorokin A.A., Zaika V.A., Kovach V.P., et al.* Timing of Closure of the Eastern Mongol–Okhotsk Ocean: Constraints from U–Pb and Hf Isotopic Data of Detrital Zircons from Metasediments Along the Dzhagdy Transect // Gondwana Research. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.11.009>
13. *Зайка В.А., Сорокин А.А.* Возраст и источники метаосадочных пород Джагдинского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса: результаты U–Pb- и Lu–Hf-изотопных исследований детритовых цирконов // Тихоокеанская геология. 2020. № 1. С. 24–36. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2020-39-1-24-36>
14. *Зайка В.А., Сорокин А.А., С.Б. и др.* Геохимические особенности и источники метаосадочных пород западной части Тукурингского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса // Стратиграфия. Геохимическая корреляция. 2018. Т. 26. № 2. С. 38–58. <https://doi.org/10.7868/S0869592X18020035>

TECTONIC NATURE OF THE UL'BAN TERRAIN OF THE MONGOL-OKHOTSK FOLD BELT: RESULTS OF THE U–Pb AND Lu–Hf ISOTOPE STUDIES OF THE DETRITAL ZIRCONS

V. A. Zaika^{a,#} and Corresponding Member of the RAS A. A. Sorokin^a

^a *Institute of Geology and Nature Management Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Blagoveshchensk, Russian Federation*

[#] *E-mail: zaika_v_a_88@mail.ru*

For the first time, U–Pb and Lu–Hf isotope studies of detrital zircons from Mesozoic metasedimentary rocks of the Sorukan and Naldinda Formations of the Ul'ban Terrane were performed. It was shown that in these rocks the Early Precambrian zircons are almost completely absent, and the Early Mesozoic zircons with Paleozoic, Neo- and Mesoproterozoic Hf-model ages dominate. Based on the data obtained, it is assumed that the Ul'ban Terrane is part of the accretion complex of the northern framing of the Amur Superterrane, and not a superimposed depression on the Paleozoic formations of the Mongol-Okhotsk belt or the accretion complex of the southern framing of the North Asian Craton, as previously assumed.

Keywords: Mongol-Okhotsk fold belt, Ul'ban terrane, detrital zircons, U–Pb geochronology, Lu–Hf isotopic studies, metasedimentary rocks