

**ВОЗРАСТ И ИСТОЧНИКИ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД ДЖАГДИНСКОГО ТЕРРЕЙНА  
МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА: РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb И Lu-Hf  
ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ**

***В.А. Заика, А.А. Сорокин***

*ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Рёлочный пер. 1, г. Благовещенск, 675000;  
e-mail: zaika\_v a 88@mail.ru*

Поступила в редакцию 22 января 2019 г.

Представлены результаты U-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов метатерригенных отложений Джагдинского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса. Установлено, что наиболее молодые популяции цирконов в метаосадочных породах джескогонской и нектерской свит имеют средне-позднетриасовый, раннеюрский возраст. Это свидетельствует о том, что упомянутые свиты имеют раннемезозойский, а не каменноугольный возраст, как предполагалось ранее. Сделано предположение о том, что джескогонская, нектерская и бочагорская свиты Джагдинского террейна представляют собой не единую осадочную последовательность, а набор тектонических пластин, сложенных породами позд-непалеозойского и раннемезозойского возраста различного генезиса. В этой связи рассматриваемый террейн, вероятно, представляет собой фрагмент аккреционной призмы. Результаты проведенных U-Pb геохронологических, Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов в совокупности с ранее полученными результатами Sm-Nd исследований валового состава пород свидетельствуют о том, что снос материала в бассейн осадконакопления происходил преимущественно со стороны континентальных массивов Амурского супертеррейна (с юга в современных координатах). Подпитка материалом со стороны южной окраины Северо-Азиатского кратона (с севера в современных координатах) либо отсутствовала, либо была минимальной.

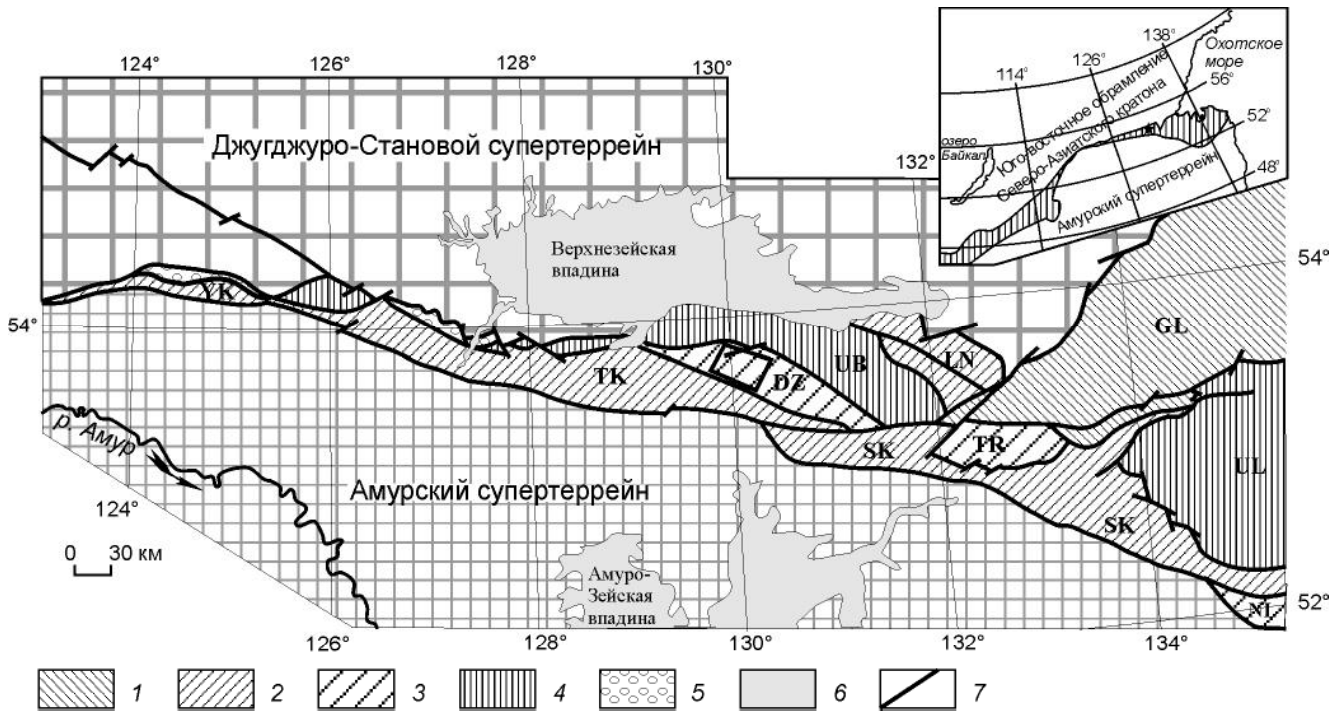
***Ключевые слова:*** метаосадочные породы, U-Pb, Lu-Hf, Джагдинский террейн, Монголо-Охотский складчатый пояс.

Монголо-Охотский складчатый пояс является одним из значимых структурных элементов восточной Азии. Он протягивается в виде узкой (до 300 км) полосы на 3000 км от Удской губы Охотского моря до Центральной Монголии (рис. 1). В современном структурном плане пояс представляет собой сложный коллаж вытянутых вдоль его простирания тектонических блоков, которые рассматриваются в качестве структурно-формационных зон [9, 15, 27] или террейнов [9, 24, 49, 50].

Имеющиеся палеомагнитные данные (см. обзоры в [11, 22, 45]) указывают на наличие в палеозойское время пространства между южной окраиной Северо-Азиатского кратона и континентальными массивами южного обрамления Монголо-Охотского пояса. Эти данные, а также присутствие непосредственно в структуре пояса и в обрамляющих его континентальных сооружениях магматических комплексов

палеозойского и раннемезозойского возраста [1–3, 16, 20, 21, 25, 30–32, 36, 41, 54, 55, 57] свидетельствуют о длительной и сложной его геологической истории.

Несмотря на то, что Монголо-Охотский складчатый пояс привлекает к себе внимание не одного поколения геологов, многие кардинальные вопросы его эволюции не решены (см. обзор в [24, 45, 49]). В первую очередь это обусловлено недостатком геохронологических и изотопно-геохимических данных, позволяющих определить граничные условия для их разработки. В последние годы наметился определенный прогресс в решении указанных вопросов, что связано с получением первых данных о возрасте обломочных цирконов и Sm-Nd изотопно-геохимических особенностях метаосадочных пород Монголо-Охотского складчатого пояса. В частности, показано, что в палеозойской истории пояса, по всей видимости, существовали разновозрастные и разнонаправленные



**Рис. 1.** Схема структурного районирования восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса (по [29]).

1 – террейны, сложенные условно ниже- и среднепалеозойскими метасадочными и метавулканическими комплексами; 2 – террейны, сложенные условно средне- и верхнепалеозойскими метасадочными и метавулканическими комплексами; 3 – террейны, сложенные условно верхнепалеозойскими метасадочными и метавулканическими комплексами; 4 – террейны, сложенные условно нижнемезозойскими турбидитовыми комплексами; 5 – верхнеюрско-нижнемеловые конгломераты, гравелиты, песчаники; 6 – кайнозойские рыхлые отложения; 7 – разломы. Прямоугольником показан район исследования. Буквами обозначены террейны: GL – Галамский, DZ – Джагдинский, NI – Ниланский, LN – Ланский, SK – Селемджино-Кербинский, ТК – Тукурингрский, TR – Токурский; UL – Ульбанский, UB – Унья-Бомский, УК – Янканский.

зоны субдукции [33, 40, 44]. В то же время полученных данных явно недостаточно для разработки интегрированной геодинамической модели формирования Монголо-Охотского складчатого пояса.

В этой связи мы выполнили U-Pb, Lu-Hf изотопные исследования детритовых цирконов из палеозойских и мезозойских метасадочных пород Джагдинского террейна (рис. 1) Монголо-Охотского складчатого пояса с целью уточнения их возраста, а также источников и областей сноса терригенного материала.

#### АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

Выделение цирконов из образцов выполнено в минералогической лаборатории ИГиП ДВО РАН с применением тяжелых жидкостей. Далее цирконы совместно со стандартными цирконами (FC, SL и R33) были вмонтированы в шашку, изготовленную из эпоксидной смолы, и приполированы приблизительно до середины зерен. Внутреннее строение зерен циркона исследовалось в режиме BSE с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N, оснащенного детектором Gatan Chroma CL2. U-Th-Pb геохронологические исследования цирконов

выполнены в Геохронологическом Центре Арizonского Университета (Arizona Laser Chron Center, USA) с использованием системы лазерной абляции Photon Machines Analyte G2 и ICP масс-спектрометра Thermo Element 2. Диаметр кратера составлял 20 мкм, глубина – 15 мкм. Калибровка проводилась по стандарту FC (Duluth complex,  $1099.3 \pm 0.3$  млн лет [51]). В качестве вторичных стандартов для контроля измерений использовались цирконы SL (Sri Lanka) и R33 (Braintree complex) [38]. Значения возрастов по отношениям  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  для стандарта SL в процессе измерений составили  $557 \pm 5$  и  $558 \pm 7$  млн лет ( $2\sigma$ ), соответственно, что хорошо согласуется со значениями, опубликованными в [42], полученными с использованием ID-TIMS метода. Средние значения возрастов по отношениям  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  для стандарта R33 составили  $417 \pm 7$  и  $415 \pm 8$  млн лет, соответствующие рекомендованным [38, 47]. Систематические погрешности составляют 0.9 % для отношения  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и 0.8 % для отношения  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ( $2\sigma$ ). Поправки на обычный Pb вводились по  $^{204}\text{Pb}$ , скорректированному на  $^{204}\text{Hg}$ , в соответствии с модельными величинами [53]. Детальное описание аналитических процедур

приведено на сайте лаборатории ([www.laserchron.org](http://www.laserchron.org)). Конкордантные возрасты (Concordia Ages) рассчитаны в программе Isoplot (version 3.6) [46].

Lu-Hf изотопные анализы цирконов были выполнены в Геохронологическом Центре Аризонского Университета (Arizona LaserChron Center, USA) с использованием многоколлекторного масс-спектрометра с индукционно-связанной плазмой (MC-ICP-MS) Nu High-Resolution и эксимерного лазера Analyte G2. Для настройки и проверки качества анализов использовались стандартные растворы JMC475, Spex Hf и Spex Hf, Yb и Lu, а также стандартные цирконы Mud Tank, 91500, Temora, R33, FC52, Plesovice и SL. Hf изотопные анализы проводились в том же месте цирконов, что и U-Th-Pb анализы. Диаметр лазерного пучка составлял 40 мкм, мощность лазера около 5 Дж/см<sup>2</sup>, частота 7 Гц, скорость абляции около 0.8 мкм/с. Детали аналитической методики изложены на сайте [www.laserchron.org](http://www.laserchron.org). Для расчета величин  $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$  использованы константа распада <sup>176</sup>Lu ( $\lambda = 1.867 \cdot 10^{-11}$ ) по [52], хондритовые отношения <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf (0.282785) и <sup>176</sup>Lu/<sup>177</sup>Hf (0.0336) по [39]. Коровые Hf модельные возрасты  $t_{\text{Hf}(C)}$  рассчитаны, принимая среднее отношение <sup>176</sup>Lu/<sup>177</sup>Hf в континентальной коре, равное 0.0093 [37, 56]. Для расчета изотопных параметров деплетированной мантии использованы современные отношения <sup>176</sup>Hf/<sup>177</sup>Hf = 0.28325 и <sup>176</sup>Lu/<sup>177</sup>Hf = 0.0384 [43].

#### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как было указано выше, объектами наших исследований являются метаосадочные породы Джагдинского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса. Этот террейн вытянут в субширотном направлении почти на 200 км при максимальной ширине 35–40 км и располагается между Унья-Бомским и Долбырь-Тунгалинским террейнами (рис. 1, 2). В его строении (снизу вверх) выделяют следующую последовательность стратифицированных образований [27].

Условно нижнекаменноугольная джескогонская свита мощностью 1550 м сложена глинистыми сланцами с прослоями разнозернистых полимиктовых метапесчаников, зеленокаменных пород и линзами известняков. Свита не содержит фауны, ее возраст условно считается раннекаменноугольным на основании согласного налегания на нее нектерской свиты.

Верхнекаменноугольная нектерская свита мощностью 1050 м представлена филлитизированными алевролитами, глинистыми сланцами с прослоями и линзами мелкозернистых полимиктовых метапесчаников, зеленых сланцев, кварцитов, мраморизованных известняков. В известняках нектерской свиты обнаружены фораминиферы *Triticites* ex gr. *parvulus* Schell., *T.* ex gr. *irregularis* Schell., характерные для

конца позднего карбона. Нектерская свита согласно перекрывается бочагорской.

Нижнепермская бочагорская свита мощностью 1650 м сложена филлитами, зелеными сланцами, кварцитами, метапесчаниками с пластами и линзами кремнистых, кремнисто-глинистых сланцев, мраморизованных известняков. Известняки бочагорской свиты содержат комплекс фораминифер и кораллов *Pseudofusulina* cf. *uralica* Schelw., *Acervoschwagerina* sp., *Waagenophyllum* cf. *magnificum* Dougl., характерных для асельского яруса нижней перми.

Породы указанных стратиграфических подразделений неравномерно метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации [15, 27].

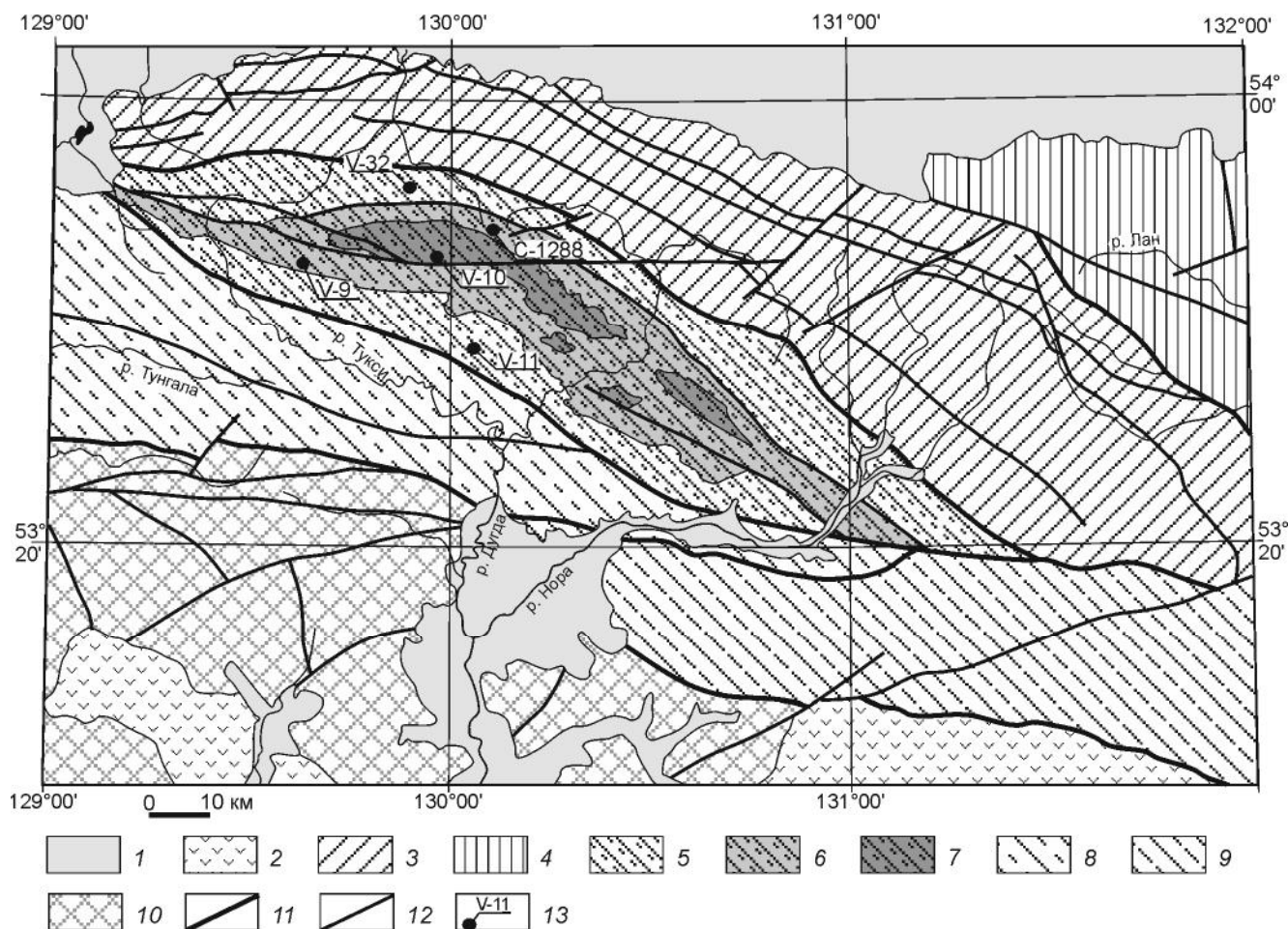
По существующим представлениям [15, 27], джескогонская (внизу) и нектерская (вверху) свиты слагают крылья Туксинской синклинали, а бочагорская свита – ее ядро. В то же время Б.А. Натальин с соавторами [23] предполагает, что эти свиты слагают лежащую антиклинальную складку, что подразумевает обратные возрастные соотношения пород. Кроме того, им же в истории Джагдинского террейна выделено семь этапов деформаций, сформировавших разновозрастные складчатые формы и разломы.

Геохронологические U-Pb исследования выполнены для детритовых цирконов из всех стратиграфических подразделений Джагдинского террейна, а именно: метапесчаников и метаалевролитов джескогонской свиты (обр. V-11, V-32), метапесчаников и метаалевропесчаников нектерской свиты (обр. V-9, C-1288), песчаника бочагорской свиты (обр. V-10). Кроме того, мы учли существующие представления о строении Джагдинского террейна, и образцы из джескогонской и нектерской свит были отобраны как из северного, так и из южного крыла складчатой структуры (рис. 2).

Различий в петрографических особенностях пород, использованных для геохронологических исследований, из различных свит не выявлено. По размеру обломков они представлены метапесчаниками, метаалевролитами слоистой, реже, массивной текстуры. Сам обломочный материал имеет полуугловатую, полуокатанную формы, представлен кварцем и полевыми шпатами. Характерно сочетание регенерационной и бластосаммитовой структур.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из 122 изученных зерен детритовых цирконов из метапесчаника северного крыла джескогонской свиты (обр. V-32) конкордантные оценки возраста получены для 91 зерна. Они, в основном, находятся в интервалах 218–501 млн лет. Пики на кривой относительной вероятности возрастов соответствуют



**Рис. 2.** Геологическая схема восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. Составлена по [27, 29].

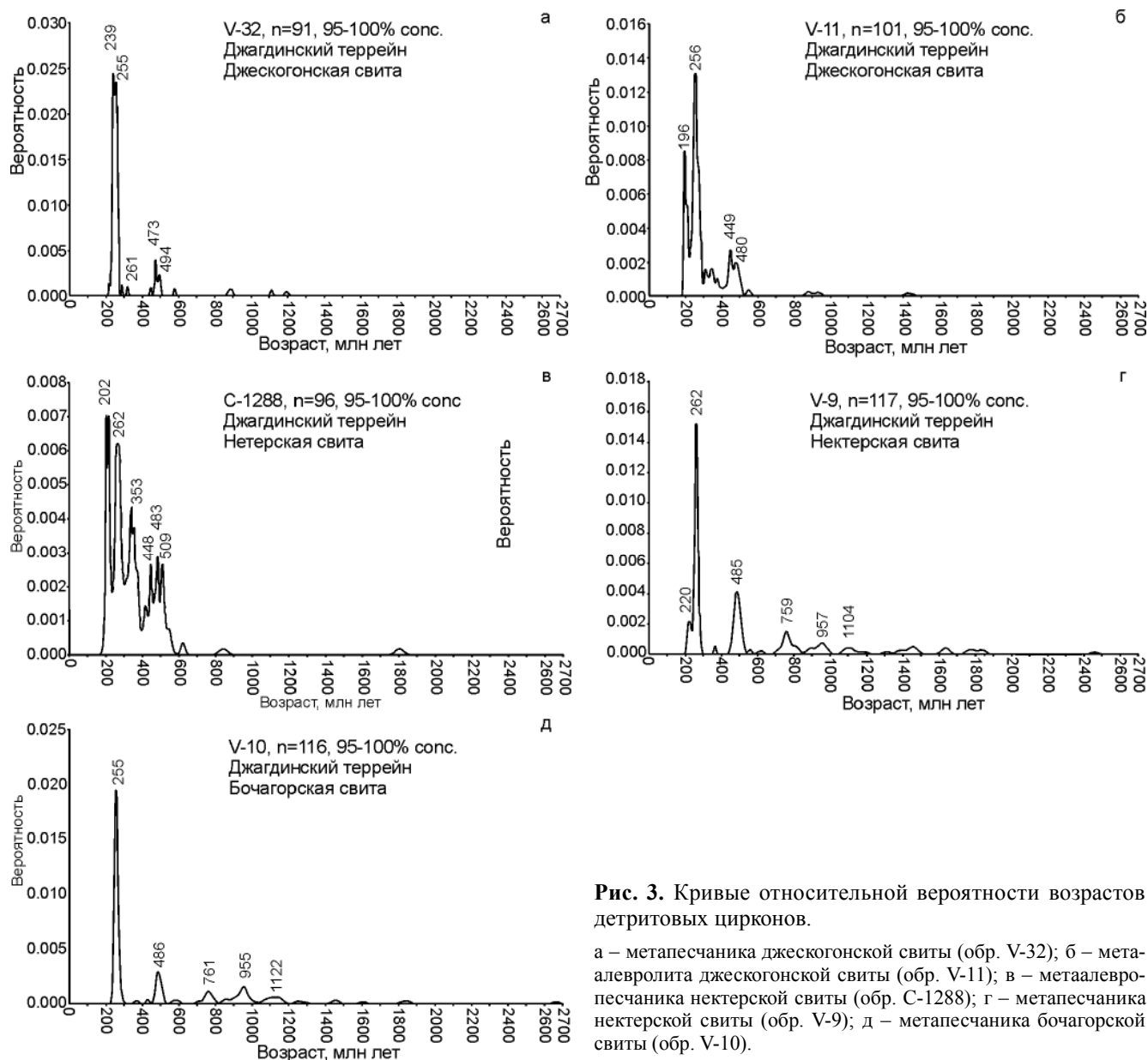
1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – нижнемеловые вулканиты среднего состава; 3 – верхнетриасовые и ниже- и среднеюрские метаосадочные комплексы Унья-Бомского террейна; 4 – каменноугольные и пермские метатерригенные и метавулканогенные комплексы Ланского террейна; 5–7 – верхнепалеозойские метатерригенные и метавулканогенные комплексы Джагдинского террейна: 5 – условно нижнекаменноугольной джескогонской свиты, 6 – верхнекаменноугольной нектерской свиты, 7 – нижнепермской бочагорской свиты, 8 – условно силурийские, девонские терригенные и вулканогенные комплексы Долбырь-Тунгалинского террейна; 9 – условно каменноугольные терригенные и вулканогенные комплексы Селемджино-Кербинского террейна; 10 – палеозойские интрузивные и осадочные комплексы северной окраины Амурского супертеррейна; 11 – главные разломы (границы между террейнами); 12 – второстепенные разломы; 13 – места отбора образцов для U-Pb геохронологических, Lu-Hf изотопных исследований и их номера.

значениям 239, 255, 261, 473, 494 млн лет (рис. 3а). Кроме того, присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста около 578, 878, 893, 1112, 1194 млн лет.

Из метаалевролита южного крыла джескогонской свиты (обр. V-11) было изучено 117 зерен детритовых цирконов, и для 101 зерна получены конкордантные оценки возраста в интервале 193–500 млн лет. Главные пики на кривой относительной вероятности возрастов соответствуют значениям 196, 256, 449, 480 млн лет (рис. 3 б). Также присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста около 551, 878, 959, 1431 млн лет.

В ходе U-Pb геохронологических исследований были проанализированы 118 зерен детритовых цирконов из метаалевропесчаника северного крыла нектерской свиты (обр. C-1288). Конкордантные оценки возраста получены для 96 зерен в интервале 197–547 млн лет. Главные пики на кривой относительной вероятности возрастов соответствуют значениям 202, 213, 262, 353, 418, 448, 483, 509, 543 млн лет (рис. 3 в). Кроме того, присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста около 622, 843, 1806 млн лет.

Из метапесчаника южного крыла нектерской свиты (обр. V-9) было изучено 128 зерен детритовых



**Рис. 3.** Кривые относительной вероятности возрастов детритовых цирконов.

а – метапесчаника джескогонской свиты (обр. V-32); б – металевролита джескогонской свиты (обр. V-11); в – металевропесчаника нектерской свиты (обр. C-1288); г – метапесчаника нектерской свиты (обр. V-9); д – метапесчаника бочагорской свиты (обр. V-10).

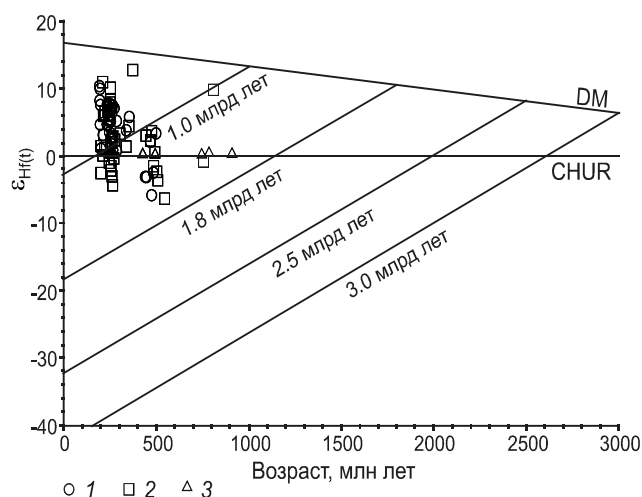
цирконов и для 117 зерен получены конкордантные оценки возраста, преимущественно лежащие в следующих в возрастных интервалах: 211–285, 456–518, 739–1126 млн лет. Главные пики на кривой относительной вероятности возрастов соответствуют значениям 220, 262, 485, 759, 957, 1104 млн лет. Также присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста около 559 млн лет, 1.4, 1.6, 1.8 млрд лет (рис. 3 г).

Для геохронологических исследований бочагорской свиты были использованы 125 зерен цирконов из метапесчаника (обр. V-10), отобранного в осевой части Джагдинского террейна. Для 116 зерен получены конкордантные оценки возраста в интервале

245 млн лет–1.2 млрд лет. Главные пики на кривой относительной вероятности возрастов соответствуют значениям 255, 486, 761, 955, 1122 млн лет (рис. 3 д). Кроме того, присутствуют единичные зерна цирконов с конкордантными значениями возраста около 1.2, 1.4, 1.8 млрд лет.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ LU-Hf ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Lu-Hf изотопные исследования выполнены для цирконов в тех же точках, что и U-Pb исследования. Всего анализировалось 18–20 зерен из каждого образца, при этом выбирались точки с конкордантными значениями возрастов. Результаты исследований приведены на рисунке 4, в таблице.



**Рис. 4.** Диаграмма  $\epsilon_{Hf(t)}$  – возраст (млн лет) для цирконов из метаосадочных пород Джагдинского террейна.

1–3 – фигуративные точки Lu-Hf изотопных составов цирконов из: 1 – метапесчаников (обр. V-32) и метаалевролитов (обр. V-11) джескогонской свиты; 2 – метаалевропесчаников (обр. C-1288) и метапесчаников (обр. V-9) нектерской свиты; 3 – метапесчаников бочагорской свиты (обр. V-10).

DM – деплетированная мантия, CHUR – однородный хондритовый резервуар.

Из полученных данных следует, что цирконы мезозойского возраста, присутствующие в метатерригенных породах джескогонской, нектерской и бочагорской свит, характеризуются преимущественно положительными (до +11), близнулевыми, реже слабо отрицательными (до -3) значениями  $\epsilon_{Hf(t)}$  (рис. 4). Эти цирконы имеют модельные возрасты  $t_{Hf(C)}$  в интервале от 0.5 до 1.2 млрд лет.

Палеозойским и неопротерозойским цирконам свойственны более древние (до 1.6 млрд лет) значения  $t_{Hf(C)}$  при величинах  $\epsilon_{Hf(t)}$  (рис. 4), близких к таковым в мезозойских цирконах.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты геохронологических исследований детритовых цирконов из метатерригенных пород Джагдинского террейна оказались весьма неожиданными.

Во-первых, наиболее молодые популяции цирконов в метаосадочных породах джескогонской (обр. V-11, V-32) и нектерской (обр. V-9, C-1288) свит имеют раннемезозойский возраст (рис. 3 а–г), что противоречит существующим представлениям [27] об их, соответственно, ранне- и позднекаменноугольном возрасте.

Во-вторых, позднепермский возраст наиболее молодой популяции детритовых цирконов в метапес-

чанике бочагорской свиты (рис. 3 д) указывает на то, что эта свита имеет более древний возраст по сравнению с нектерской и джескогонской свитами. Эти данные не согласуются с представлениями [10, 15, 27] о том, что рассматриваемые свиты слагают синклинальную структуру с бочагорской свитой в ее ядре. В то же время отметим, что на основании структурных данных Б.А. Натальиным [23] ранее уже предполагался более молодой возраст нектерской и джескогонской свит в сравнении с бочагорской.

В-третьих, кривые относительной вероятности возрастов цирконов из пород джескогонской (обр. V-32, рис. 3 а) и нектерской свит (обр. C-1288, рис. 3 в) в северной части Джагдинского террейна существенно отличаются от таковых для этих же свит (обр. V-11, рис. 3 б, V-9, рис. 3 г) в южной части террейна (см. положение мест отбора образцов на рис. 2). Данное обстоятельство ставит под сомнение тождественность отложений, выделяемых в качестве джескогонской и нектерской свит в северной и южной частях Джагдинского террейна (или «крыльях» единой складчатой структуры).

Для того чтобы попытаться разрешить эти противоречия, необходимо признать, что Джагдинский террейн имеет существенно более сложное строение, чем это предполагалось ранее. Так, обращает на себя внимание совмещение в составе выделяемых свит, с одной стороны, мелководных терригенных, с другой – глинисто-кремнистых осадков. Известняки, в которых обнаружена фауна, не образуют протяженных слоев [15, 35], а встречаются, преимущественно, в виде линз. В осевой части рассматриваемого террейна среди сланцев и известняков пермской бочагорской свиты присутствует тектонический блок раннепалеозойских ( $454 \pm 5$  млн лет) гранитоидов [31]. В этой связи нельзя исключать, что отмеченные выше «линзы» палеозойских известняков представляют собой олистолиты и олистоплаки в поздне триасовом-раннеюрском матриксе.

Таким образом, полученные нами результаты геохронологических исследований, в совокупности с приведенными выше данными, указывают на то, что джескогонская, нектерская и бочагорская свиты Джагдинского террейна представляют собой не единую осадочную последовательность [15, 27], а набор тектонических пластин, сложенных породами различного генезиса. В этой связи нам остается согласиться со сделанным ранее предположением [9, 50] о том, что рассматриваемый террейн является фрагментом аккреционной призмы. Однако мы ясно понимаем, что этот тезис нуждается в дополнительных подтверждениях структурными исследованиями.

Таблица. Результаты Lu-Hf изотопных исследований цирконов из метаосадочных пород Джагдинского террейна

№ п.п.	№ обр./ № зерна	Возраст, млн лет	$(^{176}\text{Yb}+^{176}\text{Lu})/^{176}\text{Hf}$ (%)	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$\pm(1\sigma)$	$\varepsilon_{\text{Hf}(t)}$	$t_{\text{Hf(DM)}}$	$t_{\text{Hf(C)}}$
Метапесчаники джескогонской свиты, северная часть террейна									
1	V-32/89	235	46.7	0.002807	0.282777	0.000027	4.9	0.7	0.8
2	V-32/57	236	16.3	0.001061	0.282852	0.000017	7.9	0.6	0.7
3	V-32/28	238	16.6	0.001129	0.282839	0.000016	7.4	0.6	0.7
4	V-32/44	240	20.8	0.001402	0.282765	0.000019	4.8	0.7	0.8
5	V-32/25	240	52.4	0.003322	0.282834	0.000023	6.9	0.6	0.7
6	V-32/48	244	31.1	0.001981	0.282787	0.000021	5.6	0.7	0.8
7	V-32/124	245	29.4	0.001917	0.282803	0.000014	6.2	0.7	0.7
8	V-32/117	247	25.6	0.001422	0.282851	0.000017	8.0	0.6	0.7
9	V-32/63	248	14.5	0.000876	0.282727	0.000019	3.7	0.7	0.9
10	V-32/11	250	11.4	0.000755	0.282775	0.000018	5.5	0.7	0.8
11	V-32/41	252	29.1	0.001844	0.282819	0.000021	6.9	0.6	0.7
12	V-32/116	255	49.1	0.002840	0.282777	0.000024	5.3	0.7	0.8
13	V-32/129	256	48.8	0.003003	0.282707	0.000021	2.8	0.8	0.9
14	V-32/22	258	13.4	0.000889	0.282702	0.000019	3.0	0.8	0.9
15	V-32/39	260	13.5	0.000884	0.282670	0.000019	2.0	0.8	1.0
16	V-32/88	262	19.6	0.001215	0.282819	0.000018	7.2	0.6	0.7
17	V-32/40	267	25.2	0.001594	0.282645	0.000019	1.1	0.9	1.0
18	V-32/93	287	33.2	0.001997	0.282631	0.000020	1.0	0.9	1.0
19	V-32/42	471	32.0	0.001957	0.282561	0.000022	2.3	1.0	1.1
20	V-32/73	477	16.1	0.000960	0.282324	0.000022	-5.6	1.3	1.5
Метаалевролиты джескогонской свиты, южная часть террейна									
21	V-11/80	194	60.4	0.003637	0.282964	0.000020	10.6	0.4	0.5
22	V-11/112	196	62.7	0.003746	0.282903	0.000028	8.4	0.5	0.6
23	V-11/22	197	26.6	0.001668	0.282944	0.000021	10.2	0.4	0.5
24	V-11/93	198	32.4	0.001776	0.282794	0.000016	4.9	0.7	0.8
25	V-11/109	199	33.9	0.002092	0.282876	0.000021	7.8	0.5	0.6
26	V-11/77	201	27.5	0.001640	0.282689	0.000020	1.3	0.8	1.0
27	V-11/2	214	10.1	0.000602	0.282735	0.000016	3.3	0.7	0.9
28	V-11/20	240	37.7	0.002394	0.282852	0.000019	7.7	0.6	0.7
29	V-11/53	251	22.2	0.001370	0.282773	0.000020	5.3	0.7	0.8
30	V-11/30	254	29.5	0.001904	0.282783	0.000023	5.6	0.7	0.8
31	V-11/126	258	20.5	0.001450	0.282824	0.000017	7.3	0.6	0.7
32	V-11/101	265	16.2	0.001166	0.282832	0.000016	7.7	0.6	0.7
33	V-11/107	275	27.6	0.001977	0.282818	0.000021	7.3	0.6	0.7
34	V-11/129	287	21.2	0.001322	0.282754	0.000022	5.4	0.7	0.8
35	V-11/16	339	12.3	0.000900	0.282680	0.000020	4.0	0.8	0.9
36	V-11/90	356	8.7	0.000550	0.282724	0.000020	6.0	0.7	0.8
37	V-11/94	442	10.8	0.000874	0.282422	0.000018	-2.9	1.2	1.4
38	V-11/82	449	40.7	0.002482	0.282430	0.000026	-2.9	1.2	1.4
39	V-11/50	486	8.4	0.000504	0.282409	0.000020	-2.3	1.2	1.4
40	V-11/57	501	11.0	0.000676	0.282567	0.000017	3.6	1.0	1.1
Метаалевропесчаники нектерской свиты, северная часть террейна									
41	C-1288/65	202	20.4	0.001202	0.282585	0.000018	-2.3	0.9	1.2
42	C-1288/21	202	34.1	0.002283	0.282702	0.000029	1.7	0.8	0.9
43	C-1288/42	212	62.9	0.004376	0.282665	0.000050	0.3	0.9	1.0
44	C-1288/105	216	65.1	0.003860	0.282828	0.000024	6.2	0.6	0.7
45	C-1288/87	224	30.9	0.001866	0.282832	0.000025	6.8	0.6	0.7
46	C-1288/83	240	37.9	0.002427	0.282826	0.000021	6.8	0.6	0.7
47	C-1288/91	253	31.2	0.001971	0.282855	0.000020	8.1	0.6	0.7
48	C-1288/11	253	29.4	0.002050	0.282917	0.000023	10.3	0.5	0.5
49	C-1288/82	254	21.9	0.001377	0.282862	0.000023	8.6	0.6	0.6
50	C-1288/18	261	23.0	0.001780	0.282817	0.000029	7.0	0.6	0.7
51	C-1288/122	278	49.9	0.003134	0.282690	0.000026	2.6	0.8	1.0

Таблица. (Продолжение).

№ п.п.	№ обр./ № зерна	Возраст, млн лет	$(^{176}\text{Yb}+^{176}\text{Lu})/^{176}\text{Hf}$ (%)	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$\pm(1\sigma)$	$\varepsilon_{\text{Hf}(t)}$	$t_{\text{Hf}(DM)}$	$t_{\text{Hf}(C)}$
52	C-1288/73	306	9.8	0.000737	0.282685	0.000020	3.5	0.8	0.9
53	C-1288/54	339	23.7	0.001650	0.282617	0.000024	1.6	0.9	1.1
54	C-1288/103	354	11.0	0.000666	0.282688	0.000019	4.6	0.8	0.9
55	C-1288/98	375	6.7	0.000660	0.282910	0.000024	13.0	0.5	0.5
56	C-1288/113	446	15.0	0.000968	0.282593	0.000021	3.2	0.9	1.1
57	C-1288/93	488	9.9	0.000594	0.282436	0.000021	-1.3	1.1	1.3
58	C-1288/43	506	8.1	0.000564	0.282401	0.000024	-2.2	1.2	1.4
59	C-1288/116	547	13.4	0.000937	0.282267	0.000023	-6.2	1.4	1.6
Метапесчаники нектерской свиты, южная часть террейна									
60	V-9/13	212	16.9	0.001084	0.282961	0.000020	11.2	0.4	0.5
61	V-9/34	216	9.2	0.000656	0.282734	0.000017	3.3	0.7	0.9
62	V-9/128	221	16.5	0.001100	0.282817	0.000020	6.3	0.6	0.7
63	V-9/23	221	17.3	0.001132	0.282676	0.000018	1.3	0.8	1.0
64	V-9/80	232	26.6	0.001747	0.282683	0.000026	1.7	0.8	1.0
65	V-9/54	247	8.4	0.000590	0.282598	0.000018	-0.8	0.9	1.1
66	V-9/123	256	9.5	0.000685	0.282561	0.000017	-2.0	1.0	1.2
67	V-9/9	258	16.7	0.001013	0.282580	0.000021	-1.3	1.0	1.1
68	V-9/27	262	20.3	0.001294	0.282678	0.000017	2.2	0.8	1.0
69	V-9/99	262	20.8	0.001326	0.282536	0.000018	-2.8	1.0	1.2
70	V-9/51	263	18.5	0.001198	0.282698	0.000017	2.9	0.8	0.9
71	V-9/78	266	12.6	0.000787	0.282493	0.000011	-4.2	1.1	1.3
72	V-9/42	268	35.8	0.002218	0.282704	0.000018	3.1	0.8	0.9
73	V-9/120	273	6.4	0.000437	0.282600	0.000018	-0.2	0.9	1.1
74	V-9/33	470	24.5	0.001541	0.282564	0.000021	2.5	1.0	1.1
75	V-9/6	477	22.3	0.001370	0.282597	0.000023	3.9	0.9	1.0
76	V-9/87	494	15.7	0.000929	0.282494	0.000015	0.7	1.1	1.2
77	V-9/130	511	16.9	0.001051	0.282367	0.000014	-3.4	1.3	1.4
78	V-9/82	759	13.5	0.000834	0.282293	0.000020	-0.6	1.3	1.5
79	V-9/122	812	33.9	0.002241	0.282583	0.000022	10.1	1.0	1.0
Метапесчаники боцагорской свиты, осевая часть террейна									
80	V-10/94	245	15.5	0.000948	0.282643	0.000023	0.7	0.9	1.0
81	V-10/105	245	12.9	0.000783	0.282583	0.000025	-1.4	0.9	1.1
82	V-10/12	248	25.9	0.001549	0.282580	0.000023	-1.6	1.0	1.1
83	V-10/106	251	12.5	0.000829	0.282530	0.000017	-3.2	1.0	1.2
84	V-10/4	254	20.4	0.001458	0.282682	0.000030	2.1	0.8	1.0
85	V-10/127	257	26.2	0.001593	0.282559	0.000023	-2.1	1.0	1.2
86	V-10/25	258	13.2	0.000881	0.282631	0.000018	0.5	0.9	1.0
87	V-10/123	260	29.2	0.002019	0.282584	0.000020	-1.3	1.0	1.1
88	V-10/5	262	60.3	0.003608	0.282684	0.000029	2.0	0.9	1.0
89	V-10/27	262	17.9	0.001147	0.282543	0.000023	-2.5	1.0	1.2
90	V-10/114	267	11.9	0.000741	0.282531	0.000016	-2.8	1.0	1.2
91	V-10/23	268	46.4	0.002582	0.282623	0.000021	0.2	0.9	1.1
92	V-10/31	270	13.2	0.000817	0.282558	0.000024	-1.8	1.0	1.2
93	V-10/85	429	12.0	0.000810	0.282758	0.000018	8.7	0.7	0.8
94	V-10/82	496	10.0	0.000566	0.282652	0.000018	6.5	0.8	0.9
95	V-10/3	749	11.3	0.000671	0.282410	0.000018	3.4	1.2	1.3
96	V-10/96	788	15.1	0.000917	0.282208	0.000025	-3.0	1.5	1.6
97	V-10/102	912	14.5	0.000871	0.282379	0.000021	5.7	1.2	1.3

Примечание. Величины ошибок ( $1\sigma$ ) определения отношения  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  соответствуют последним значащим цифрам после запятой.



Далее мы имеем возможность сопоставить полученные геохронологические данные с уже имеющимися для цирконов из метаосадочных пород восточной части Монголо-Охотского пояса. В настоящее время такие данные имеются для Янканского и Унья-Бомского террейнов, а также для западной части Тукурингского террейна (положение террейнов смотри на рисунке 1).

В частности, в Унья-Бомском террейне наиболее молодые пики на кривых относительной вероятности возрастов цирконов из метаосадочных пород составляют: 207 млн лет (курнальская свита), 212 млн лет (амканская свита) [14] и 222 млн лет (нелская свита) (неопубликованные данные авторов). Близкие оценки возраста получены [13] и для наиболее молодых пиков возрастов обломочных цирконов из метаосадочных пород западной части Тукурингского террейна: 185 млн лет (гармаканская свита), 198 млн лет (алгаинская свита), 253 млн лет (тепноключевская свита). При этом упомянутые свиты Тукурингского террейна в существующих стратиграфических схемах [27] относятся к палеозою. Эти данные, а также результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что раннемезозойские осадочные комплексы в строении восточной части Монголо-Охотского пояса развиты существенно шире, чем принято считать в настоящее время. Кроме того, присутствие раннеюрских цирконов в этих комплексах указывает на то, что осадконакопление продолжалось, по крайней мере, до середины ранней юры.

В то же время в метатерригенных породах джалдинской, крестовской и преображенской свит и бальдижакской толщи в Янканском террейне наиболее молодые цирконы имеют исключительно палеозойский возраст [33]. Такое различие в источниках материала для осадочных пород Янканского террейна, с одной стороны, Тукурингского, Унья-Бомского и Джагдинского, с другой, связано, по-видимому, с редуцированностью геологических комплексов в строении Монголо-Охотского пояса, что отмечалось многими исследователями (см. обзор в [15, 23, 24, 49]).

Результаты выполненных U-Pb геохронологических и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов в совокупности с ранее полученными результатами Sm-Nd исследований валового состава пород [12] позволяют нам охарактеризовать источники обломочного материала для осадочных комплексов Джагдинского террейна. Однако перед этим следует напомнить, что восточная часть Монголо-Охотского пояса граничит с юго-восточным обрамлением Северо-Азиатского кратона, с одной стороны, и Амурским супертеррейном (композитным массивом), с другой (рис. 1, 2). В этой связи указанные структуры являются

потенциальными источниками обломочного материала для осадочных комплексов Монголо-Охотского пояса, но при этом они резко различаются по своему строению и изотопным характеристикам слагающих их пород. Так, в пределах юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона широко представлены как раннедокембрийские, так и более молодые магматические и метаморфические комплексы, характеризующиеся преимущественно палеопротерозойскими и архейскими Nd-модельными возрастными в диапазоне 3.2–2.0 млрд лет [4–8, 19] и практически такими же Hf-модельными возрастными 3.2–1.5 млрд лет [21].

В строении Амурского супертеррейна участие раннедокембрийских комплексов не подтверждено результатами геохронологических исследований [17, 18, 26, 32, 48, 58, 59], а неопротерозойские, палеозойские, мезозойские магматические и осадочные комплексы имеют Nd-модельные возрасты, как правило, не древнее мезопротерозоя (1.5–1.0 млрд лет) [28, 30, 34].

Переходя к рассуждению об источниках материала, участвующего в накоплении осадков Джагдинского террейна, в первую очередь отметим практически полное отсутствие в них раннедокембрийских цирконов (рис. 3). Встречающиеся единичные зерна не образуют статистически значимых популяций и, вероятно, представляют собой рециклированный материал.

Как было показано ранее [12], метаосадочные породы Джагдинского террейна характеризуются величинами Nd-модельного возраста  $t_{Nd(DM)} = 1.5–1.0$  млрд лет. Это свидетельствует о том, что в качестве главных источников сноса протолитов метаосадочных пород Джагдинского террейна выступали породы, которые характеризуются нео- и мезопротерозойскими оценками Nd-модельных возрастов. В этой связи было сделано предположение [12] о том, что осадочные породы рассматриваемого террейна сформировались за счет материала, поступавшего преимущественно со стороны Амурского супертеррейна (с юга в современных координатах). Подпитка материалом со стороны южной окраины Северо-Азиатского кратона (с севера в современных координатах) либо отсутствовала, либо была минимальной.

Обратившись к результатам Lu-Hf изотопных исследований (рис. 4), отметим, что детритовые цирконы из метатерригенных пород джескогонской, нектерской и бочагорской свит Джагдинского террейна характеризуются положительными, близнулевыми и слабо отрицательными значениями  $\epsilon_{Hf(t)}$  и модельными возрастными  $t_{Hf(DM)}$  от 1.4 до 0.4 млрд лет,  $t_{Hf(C)}$  от 1.6 до 0.5 млрд лет. Это позволяет предполагать их первичное происхождение за счет переработки коры с нео- и мезопротерозойскими Hf-изотопными харак-

теристиками. В этой связи мы можем сделать вывод о поступлении обломочных цирконов в бассейн осадконакопления со стороны Амурского супертеррейна (с юга в современных координатах), что полностью соответствует выводу, сделанному на основе Sm-Nd изотопных характеристик метаосадков.

### ВЫВОДЫ

1. Наиболее молодые популяции цирконов в метаосадочных породах джескогонской и нектерской свит имеют средне-позднетриасовый, раннеюрский возраст. Это свидетельствует том, что упомянутые свиты имеют раннемезозойский, а не каменноугольный возраст, как предполагалось ранее.

2. Раннемезозойские осадочные комплексы в строении восточной части Монголо-Охотского пояса развиты существенно шире, чем принято считать в настоящее время.

3. Джескогонская, нектерская и бочагорская свиты Джагдинского террейна представляют собой не единую осадочную последовательность, а набор тектонических пластин, сложенных породами позднепалеозойского и раннемезозойского возраста различного генезиса. Не исключено, что рассматриваемый террейн представляет собой фрагмент аккреционной призмы.

4. Результаты U-Pb геохронологических, Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов в совокупности с ранее полученными результатами Sm-Nd исследований валового состава пород свидетельствуют о том, что снос материала в бассейн осадконакопления происходил преимущественно со стороны континентальных массивов Амурского супертеррейна (с юга в современных координатах). Подпитка материалом со стороны южной окраины Северо-Азиатского кратона (с севера в современных координатах) либо отсутствовала, либо была минимальной.

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

Геологические исследования выполнены в соответствии с планом НИР ИГиП ДВО РАН (тема АА-АА-А16-116051810110-7), изотопно-геохимические и геохронологические исследования – при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-05-00206).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучко И.В., Сорокин А.А., Изох А.Э., Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Великославинский С.Д., Сорокин А.П., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В. Петрология ран-

немезозойского ультрамафит-мафитового Лучинского массива (юго-восточное обрамление Сибирского кратона) // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 8. С. 754–768.

2. Бучко И.В., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Великославинский С.Д., Ларин А.М., Изох А.Э., Яковлева С.З. Триасовый этап мафитового магматизма Джугджуро-Станового супертеррейна (южное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Геология геофизика. 2010. Т. 51, № 11. С. 1489–1500.
3. Бучко И.В., Сорокин А.А., Котов А.Б., Самсонов А.В., Ларионова Ю.О., Пономарчук В.А., Ларин А.М. Возраст и тектоническое положение Лукиндинского дунит-трактолит-габбро-анортозитового массива (восточная часть Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 7. С. 889–899.
4. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Ковач В.П., Толмачева Е.В., Гороховский Б.М. Возраст иликанской толщи Станового комплекса Джугджуро-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. АН. 2011. Т. 438, № 3. С. 355–359.
5. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Ковач В.П., Толмачева Е.В., Яковлева С.З., Анисимова И.В. О возрасте устьгилюйской толщи Станового комплекса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. АН. 2012. Т. 444, № 4. С. 402–406.
6. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Ковач В.П., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Толмачева Е.В., Ванг К.Л., Сальникова А.Б. Палеопротерозойский возраст протолитов метаосадочных пород Сутамской толщи Алданского гранулитогнейсового мегакомплекса (Становой структурный шов) // Докл. АН. 2015. Т. 463, № 4. С. 438–442.
7. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Ковач В.П., Толмачева Е.В., Ларин А.М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Ван К.Л., Сальникова Е.Б. Возраст, источники и области сноса протолитов метаосадочных пород желтулакской серии (Желтулакский структурный шов) // Докл. АН. 2016. Т. 468, № 4. С. 425–428.
8. Великославинский С.Д., Котов А.Б., Ковач В.П., Ларин А.М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Толмачева Е.В., Сальникова Е.Б., Ван К.Л., Джан Б.М., Чан С.Л. Мезозойский возраст гильюйского метаморфического комплекса зоны сочленения Селенгино-Станового и Джугджуро-Станового супертеррейнов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. АН. 2016. Т. 468, № 5. С. 542–546.
9. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука. 2006. Кн. 1. 572 с.
10. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий 1:2 500 000 / Под ред. Л.И. Красного, Пэн Юньбяо. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999.
11. Диденко А.Н., Каплун В.Б., Малышев Ю.Ф., Шевченко Б.Ф. Структура литосферы и мезозойская геодинамика восточной части Центрально-Азиатского пояса // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 5. С. 629–647.
12. Заика В.А., Сорокин А.А., Ковач В.П. Источники и области сноса верхнепалеозойских метаосадочных пород Джагдинского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса: ре-

- зультаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. С. 1331–1338.
13. Заика В.А., Сорокин А.А., Сю Б., Котов А.Б., Ковач В.П. Геохимические особенности и источники метаосадочных пород западной части Тукурингского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26, № 2. С. 35–55.
  14. Заика В.А., Сорокин А.А., Ковач В.П., Сорокин А.П., Котов А.Б. 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 // Докл. АН. 2019 (в печати).
  15. Кириллова Г.Л., Турбин М.Т. Формации и тектоника Джагдинского звена Монголо-Охотской складчатой области. М.: Наука, 1979. 116 с.
  16. Козлов В.Д., Ефремов С.В., Дриль С.И., Сандиминова Г.П. Геохимия, изотопная геохронология и генетические черты Верхнеундинского гранитоидного батолита (восточное Забайкалье) // Геохимия. 2003. № 4. С. 408–424.
  17. Котов А.Б., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б., Сорокин А.П., Ларин А.М., Великославинский С.Д., Беляков Т.В., Анисимова И.В., Яковлева С.З. Мезозойский возраст гранитоидов Бекетского комплекса (Гонжинский блок Аргуньского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса) // Докл. АН. 2009. Т. 429. С. 779–783.
  18. Котов А.Б., Мазукабзов А.М., Сквитина Т.М., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Сорокин А.П. Структурная эволюция и геодинамическая позиция Гонжинского блока (верхнее Приамурье) // Геотектоника. 2013. № 5. С. 351–361.
  19. Котов А.Б., Великославинский С.Д., Ковач В.П., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Сквитина Т.М., Загорная Н.Ю., Ванг К.Л., Чунг С.Л., Джан Б.М. Палеопротерозойский возраст Зейской серии Станового комплекса Джугджуро-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса: результаты Sm-Nd изотопно-геохимических и U-Th-Pb геохронологических (LA-ICP-MS) исследований // Докл. АН. 2016. Т. 471, № 5. С. 571–574.
  20. Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Коршунов А.М., Великославинский С.Д., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В. Возраст и тектоническое положение гранитов и вулканитов восточного окончания Селенгино-Витимского вулcano-плутонического пояса // Докл. АН. 2011. Т. 441, № 3. С. 363–368.
  21. Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Овчинникова Г.В., Саватенков В.М., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Васильева И.М., Сергеева Н.А., Мельников Н.Н., Ван К.-Л., Чун С.-Л. Гранитоиды позднестанового комплекса Джугджуро-Станового супертеррейна (Центрально-Азиатский складчатый пояс): возраст, тектоническое положение и источники // Петрология. 2018. Т. 26, № 5. С. 463–485.
  22. Метелкин Д.В., Гордиенко И.В., Климук В.С. Палеомагнетизм верхнеюрских базальтов Забайкалья: новые данные о времени закрытия Монголо-Охотского океана и мезозойской внутриплитной тектонике Центральной Азии // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 10. С. 1061–1073.
  23. Натальин Б.А., Попеко Л.И., Чеботов С.А. Тектоника Западно-Джагдинской зоны Монголо-Охотской складчатой системы // Тихоокеан. геология. 1985. Т. 4, № 2. С. 49–64.
  24. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 24–43.
  25. Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б., Сорокин А.П., Сорокин А.А., Великославинский С.Д., Яковлева С.З., Федосеев А.М., Плоткина Ю.В. Токско-Алгоминский магматический комплекс Джугджуро-Становой складчатой области: возраст и геодинамическая обстановка формирования // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 5. С. 652–657.
  26. Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П., Великославинский С.Д., Джан Б.М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Ван К.Л., Чан С.Л., Ли Х.Я., Толмачева Е.В. О возрасте гонжинской серии (Аргунский террейн Центрально-Азиатского складчатого пояса): результаты U-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов // Докл. АН. 2012. Т. 444, № 5. С. 519–522.
  27. Сerezников А.Н., Волкова Ю.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. Третье поколение. Лист N-52 (Зей). Дальневосточная серия / Ред. А.С. Вольский. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
  28. Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И., Котов А.Б., Ковач В.П. Геохимия, источники и области сноса юрских терригенных отложений Верхнеамурского и Зей-Депского прогибов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геохимия. 2017. № 2. С. 127–148.
  29. Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П., Рублев А.Г., Левченков О.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П. Геохронология, геохимия и геодинамическая позиция палеозойских гранитоидов восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса // Докл. АН. 2003. Т. 392, № 6. С. 807–812.
  30. Сорокин А.А., Котов А.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П. Позднепалеозойский урушинский магматический комплекс южного обрамления Монголо-Охотского пояса (Приамурье): возраст и геодинамическая позиция // Петрология. 2005. Т. 13, № 6. С. 654–670.
  31. Сорокин А.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П. Раннепалеозойские габбро-гранитоидные ассоциации восточного сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса (Приамурье): Возраст и тектоническое положение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2007. Т. 15, № 3. С. 3–21.
  32. Сорокин А.А., Смирнов Ю.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Сорокин А.П., Ковач В.П., Яковлева С.З., Анисимова И.В. Раннепалеозойский возраст Исагачинской толщи Чаловской серии Гонжинского террейна (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) // Докл. АН. 2014. Т. 457, № 3. С. 323–326.
  33. Сорокин А.А., Колесников А.А., Котов А.Б., Сорокин А.П., Ковач В.П. Источники детритовых цирконов из терригенных отложений Янканского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса // Докл. АН. 2015. Т. 462, № 5. С. 590–594.
  34. Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Котов А.Б., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Попеко Л.И. Источники и области сноса палеозойских терригенных отложений Ольдойского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса: результаты Sm-Nd изотопно-геохимических и U-Pb геохронологических (LA-ICP-MS) исследований // Геохимия. 2015. № 6. С. 539–550.
  35. Турбин М.Т. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия

- Амуро-Зейская. N-52-XXII / Под ред. Л.Б. Кривицкой. М.: ВСЕГЕИ, 1977
36. Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю Д.И., Ларионов А.Н., Пресняков С.Л., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья результаты U-Pb изотопного датирования // Геология и геофизика. 2010, Т. 51, № 9. С. 1249–1276.
  37. Amelin Y., Davis W.J. Geochemical test for branching decay of  $^{176}\text{Lu}$  // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 2005. V. 69. P. 465–473.
  38. Black L.P., Kamo S.L., Allen C.M., Davis D.W., Aleinikoff J.N., Valley J.W., Mundil R., Campbell I.H., Korsch R.J., Williams I.S., Foudoulis C. Improved  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  microprobe geochronology by the monitoring of trace-element-related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards // *Chem. Geol.* 2004. V. 205. P. 115–140.
  39. Bouvier, A., Vervoort, J.D., Patchett, J. The Lu–Hf and Sm–Nd isotopic composition of CHUR: Constraints from unequilibrated chondrites and implications for the bulk composition of terrestrial planets // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. V. 273. P. 48–57.
  40. Bussien D., Gombojav N., Winkler W., Quad A. The Mongol–Okhotsk Belt in Mongolia – An appraisal of the geodynamic development by the study of sandstone provenance and detrital zircons // *Tectonophysics*. 2011. V. 510. P. 132–150.
  41. Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Ivanov A.V. Late Paleozoic–Mesozoic subduction-related magmatism at the southern margin of the Siberian continent and the 150-million-year history of the Mongolia–Okhotsk Ocean // *Asian J. Earth Sci.* 2013. V. 62. P. 79–97.
  42. Gehrels G.E., Valencia V., Ruiz J. Enhanced precision, accuracy, efficiency, and spatial resolution of U–Pb ages by laser ablation-multicollector-inductively coupled plasma-mass spectrometry // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2008. V. 9, N 3. P. 1–13.
  43. Griffin W.L., Belousova E.A., Shee S.R., Pearson N.J., O'Reilly S.Y. Archean crustal evolution in the northern Yilgarn Craton: U–Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons // *Precambrian Res.* 2004. V. 131. P. 231–282.
  44. Kelty T.K., Yin A., Dash B., George E. Gehrels F, Angela E. Ribeiro. Detrital-zircon geochronology of Paleozoic sedimentary rocks in the Hangay–Hentey basin, north-central Mongolia: implications for the tectonic evolution of the Mongol–Okhotsk Ocean in central Asia // *Tectonophysics*. 2008. V. 451. P. 290–311.
  45. Khanchuk A.I., Didenko A.N., Popeko L.I., Sorokin A.A., Shevchenko B.F. 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 Sci. Publis., 2015. P. 211–234.
  46. Ludwig K.R. Isoplot 3.6: Berkeley Geochronology Center Special Publication. 2008. N 4. 77 p.
  47. Mattinson J.M. Analysis of the relative decay constants of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$  by multi-step CA-TIMS measurements of closed-system natural zircon samples // *Chem. Geol.* 2010. V. 275. P. 186–198.
  48. Miao L., Zhang F., Zhu M., Liu D. Zircon SHRIMP U–Pb dating of metamorphic complexes in the conjunction of the Greater and Lesser Xing'an ranges, NE China: Timing of formation and metamorphism and tectonic implications // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 114. P. 634–648.
  49. Natal'in B.A. History and modes of Mesozoic accretion in Southeastern Russia // *The Island Arc*. 1993. V. 2. P. 15–34.
  50. Nokleberg W.J., Bundtzen T.K., Eremin R.A., Ratkin V.V., Dawson K.M., Shpikerman V.I., Goryachev N.A., Byalobzhesky S.G., Frolov Y.F., Khanchuk A.I., Koch R.D., Monger J.W.H., Pozdeev A.I., Rozenblum I.S., Rodionov S.M., Parfenov L.M., Scotese C.R., Sidorov A.A. Metallogenesis and tectonics of the Russian Far East, Alaska, and the Canadian Cordillera // *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1697*. Reston, Virginia, 2005. 399 p.
  51. Paces J.B., Miller J.D. Precise U–Pb ages of Duluth Complex and related mafic intrusions, northeastern Minnesota: Geochronological insights to physical, petrogenic, paleomagnetic, and tectonomagmatic processes associated with the I.1. Ga Midcontinent Rift System. // *J. Geophys.* 1993. V. 98, N 8. P. 13997–14013.
  52. Söderlund U., Patchett P.J., Vervoort J.D., Isachsen C.E. The  $^{176}\text{Lu}$  decay constant determined by Lu–Hf and U–Pb isotope systematics of Precambrian mafic intrusions // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 219. P. 311–324.
  53. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. V. 26. N 2. P. 207–221.
  54. Sun, D.Y., Gou, J., Wang, T.H., Ren Y.S., Liu Y.J., Guo H.Y., Liu X.M., Hu Z.C. Geochronological and geochemical constraints on the Erguna massif basement, NE China – subduction history of the Mongol–Okhotsk oceanic crust // *Int. Geol. Rev.* 2013. V. 55, Iss. 14. P. 1801–1816.
  55. Tang, J., Xu, W.L., Wang, F., Zhao S., Wang W. Mesozoic southward subduction history of the Mongol–Okhotsk oceanic plate: evidence from geochronology and geochemistry of Early Mesozoic intrusive rocks in the Erguna massif, NE China // *Gondwana Res.* 2016. V. 31. P. 218–240.
  56. Vervoort J.D., Patchett P.J. Behavior of hafnium and neodymium isotopes in the crust: constraints from Precambrian crustally derived granites // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1996. V. 60. P. 3717–3723.
  57. Wang T., Tong Y., Zhang L., Li S., Huang H., Jianjun Zhang J., Guo L., Yang Q., Hong D., Donskaya T., Gladkochub D., Tserendash N. Phanerozoic granitoids in the central and eastern parts of Central Asia and their tectonic significance // *J. Asian Earth Sci.* 2017. V. 145. P. 368–392.
  58. Xu M.J., Xu W.L., Wang F., Gao F.H. Age, association and provenance of the «Neoproterozoic» Fengshuigouhe Group in the northwestern Lesser Xing'an Range, NE China: constraints from zircon U–Pb geochronology // *J. Earth Sci.* 2012. V. 23, N 6. P. 786–801.
  59. Zhou J.B., Wilde S.A., Zhang X.Z., Ren S.M., Zheng C.Q. Early Paleozoic metamorphic rocks of the Erguna block in the Great Xing'an Range, NE China: Evidence for the timing of magmatic and metamorphic events and their tectonic implications // *Tectonophysics*. 2011. V. 499. P. 105–117.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 29.08.2019 г.

принята к печати 06.09.2019 г.

*V.A. Zaika, A.A. Sorokin***Age and sources of meta-sedimentary rocks of the Dzhagda terrane of the Mongol-Okhotsk fold belt: results of U-Pb and Lu-Hf isotopic studies of detritus zircons**

The results of U-Pb and Lu-Hf isotopic studies of detrital zircons of metaterigenous deposits of The Jagda terrane of the Mongol-Okhotsk fold belt are presented. It is established that the young population of zircons in metasedimentary rocks of the Dzheskogon and Nekter formation have a mid-late Triassic, early Jurassic age. This indicates that the above-ned Nekter are of early Mesozoic and not Carboniferous age, as previously assumed. The assumption is made that Dzheskogon, Nekter and Bochagor formations represents a single sedimentary sequence, and a set of tectonic slices composed of rocks of late Paleozoic and early Mesozoic age are genetically different. In this regard, the terrain under consideration is probably a fragment of an accretion prism. The results of the conducted U-Pb geochronological, Lu-Hf isotope studies of detrital zircons together with the earlier results obtained in Sm-Nd studies of gross composition of the rocks indicate that the demolition material in the sedimentation basin occurred mainly from the continental massifs of the Amur superterrane (from the south in modern coordinates). Material recharge from the southern margin of the North Asian craton (from the North in modern coordinates) was either absent or minimal.

**Key words:** metasedimentary rocks, U-Pb, Lu-Hf, Dzhagda, terrain, Mongol-Okhotsk fold belt.