

УДК 550.93:552.4(517.3)+551.24

## ФОРМИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТАЦАИНГОЛЬСКОГО БЛОКА ЮЖНО-ХАНГАЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО ПОЯСА ПОЗДНЕГО НЕОПРОТЕРОЗОЯ, ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС

© 2021 г. И. К. Козаков<sup>1, \*</sup>, М. О. Аносова<sup>2</sup>, Т. И. Кирнозова<sup>2</sup>, Ю. В. Плоткина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, Россия

\*e-mail: ivan-kozakov@yandex.ru

Поступила в редакцию 30.05.2020 г.

После доработки 03.07.2020 г.

Принята к публикации 27.08.2020 г.

Приведены результаты геохронологических исследований детритовых цирконов (LA-ICP-MS) Тацаингольского блока юго-восточной части неопротерозойского Южно-Хангайского метаморфического пояса. В составе тацаингольского комплекса этого блока выделены две толщи: метатерригенных пород и роговообманковых кристаллических сланцев (метавулканитов). В метатерригенных породах установлено проявление процессов полиметаморфизма. Завершение раннего эпизода метаморфизма в этих породах определяют пегматоидные граниты с возрастными 561 ± 12 и 562 ± 2 млн лет и дайки гранитов с возрастом 571 ± 9 млн лет; время проявления позднего эпизода метаморфизма оценено в интервале 550–540 млн лет. В метавулканитах островодужной ассоциации нижнюю границу проявления метаморфизма фиксируют габброиды с возрастом 603 ± 3 млн лет, но ранний эпизод метаморфизма повышенного давления не установлен. Поздний эпизод (550–540 млн лет) проявлен в обеих толщах. Результаты исследований детритовых цирконов биотитовых гнейсов свидетельствуют о преобладании в их источниках пород палеопротерозойского и неоархейского возраста (1.8–2.1 и 2.4–2.9 млрд лет соответственно). Породы островодужной ассоциации тацаингольского комплекса можно рассматривать как фрагмент Баян-Хонгорской зоны, вошедший в состав Южно-Хангайского метаморфического пояса в ходе аккреционно-коллизийного процесса. Метаморфизм позднего эпизода не был проявлен в центральной и северо-западной частях Южно-Хангайского метаморфического пояса, что указывает на пространственную разобщенность этой части пояса и Тацаингольского блока в данный период.

**Ключевые слова:** Центрально-Азиатский складчатый пояс, Южно-Хангайский метаморфический пояс, геохронология, детритовые цирконы, неопротерозой, палеопротерозой, архей

**DOI:** 10.31857/S0869592X21020034

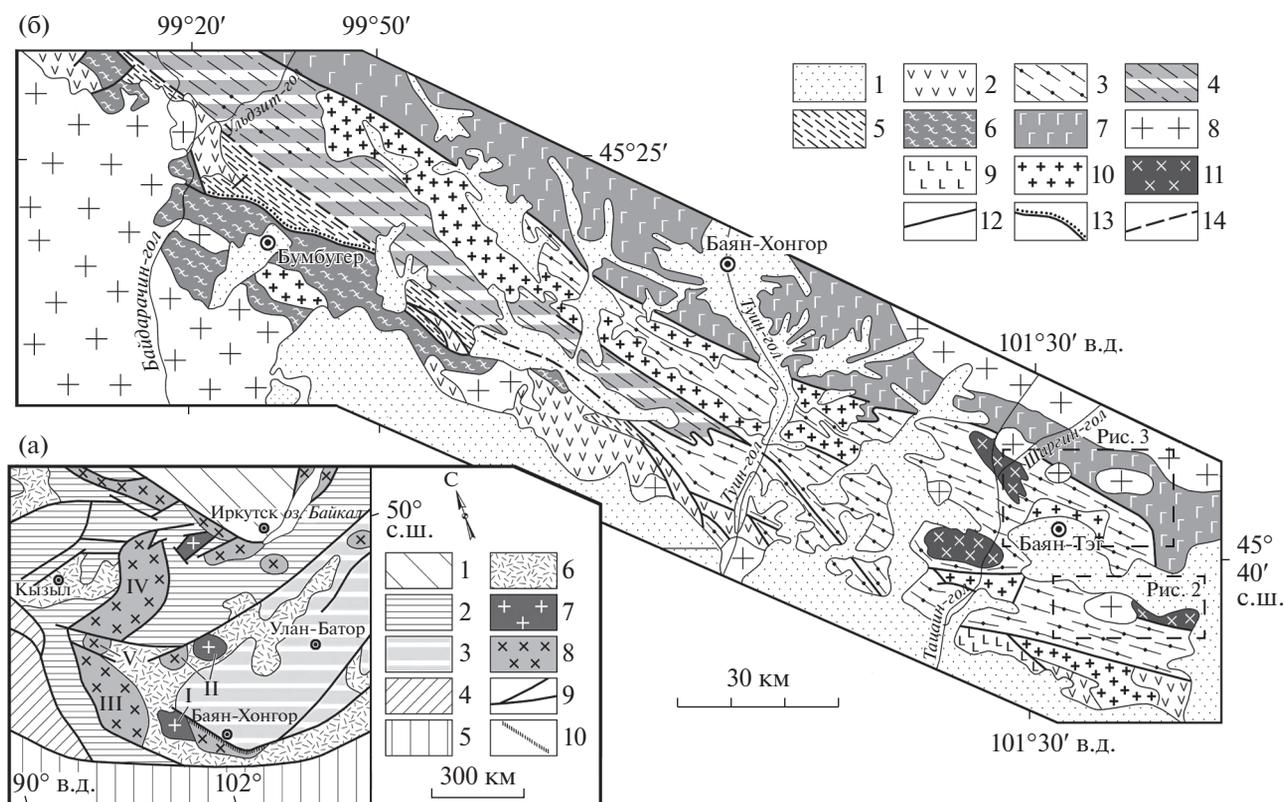
### ВВЕДЕНИЕ

В раннекаледонской складчатой области мозаичного строения южного обрамления Сибирской платформы, рассматриваемой как раннекаледонский супертеррейн Центральной Азии, представлены фрагменты континентальных блоков с ранне- и позднедокембрийским кристаллическим фундаментом, обрамленные зонами развития неопротерозойских и раннепалеозойских комплексов океанических бассейнов и островных дуг.

Блоки кристаллических пород Хангая ранее рассматривались как выступы раннедокембрийского фундамента. Позднее были получены геохронологические и изотопно-геохимические данные, свидетельствующие о присутствии раннедокембрийских комплексов только в северо-западной части

Байдарикского террейна и в Тарбагатайском террейне (идерский комплекс) (рис. 1а). Высокотемпературные метаморфические породы Дзабханского, Сонгинского террейнов и джаргалантского комплекса Тарбагатайского террейна были сформированы в ходе раннеопротерозойского тектогенеза (Козаков и др., 2011, 2013, 2014; Ковач и др., 2013; Kröner et al., 2015).

Байдарикский террейн представляет собой гетерогенную структуру, в которой были установлены ранне- и позднедокембрийские кристаллические комплексы: архейские и палеопротерозойские — только в северо-западной части (Байдарикский блок), позднеопротерозойские — в юго-восточной части (Тацаингольский блок) (Козаков и др., 2006). Позднее между раннедокембрийским Бай-



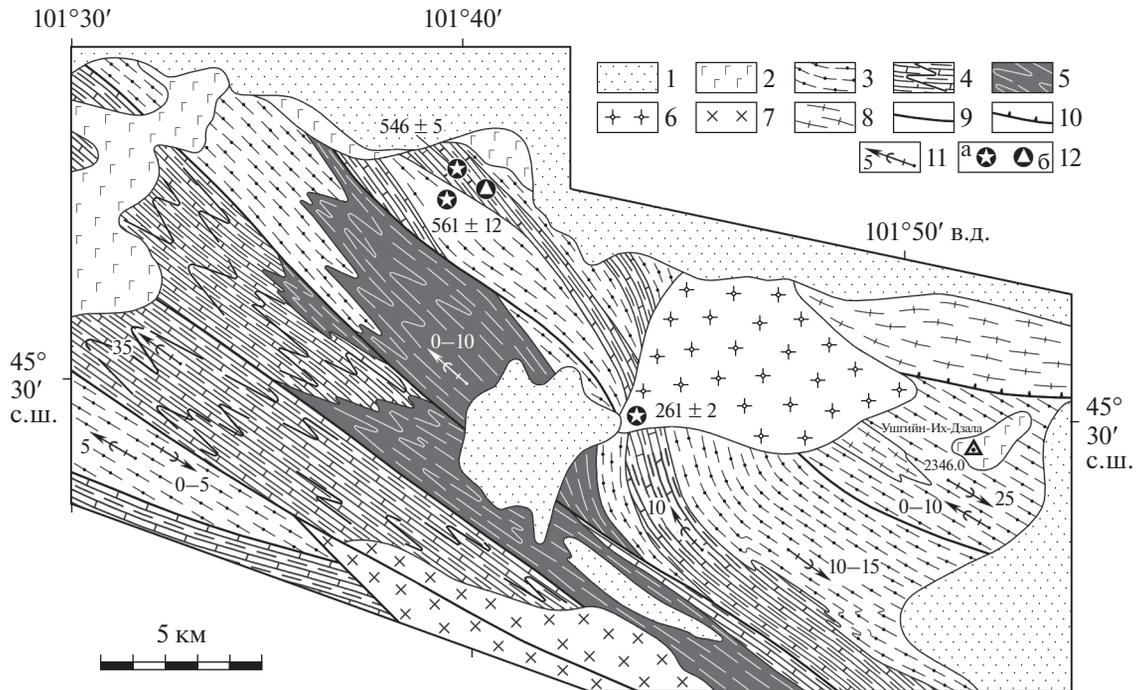
**Рис. 1.** (а) Схема геологического положения Южно-Хангайского метаморфического пояса в структурах Центральной Азии и (б) схема строения Южно-Хангайского метаморфического пояса (по Козаков и др., 2005, 2007, 2015; Jian et al., 2010).

(а): 1 – Сибирская платформа; 2 – ранние каледониды; 3 – толщи турбидитного бассейна среднего–позднего палеозоя; 4 – поздние каледониды; 5 – герциниды; 6 – вулканоплутонические пояса позднего палеозоя–мезозоя; 7, 8 – фрагменты континентальной коры с раннедокембрийским (7) и неопротерозойским (8) основанием; 9 – главные тектонические границы; 10 – положение Южно-Хангайского метаморфического пояса.

(б): 1 – мезозойские и кайнозойские отложения; 2 – нерасчлененные средне- и верхнепалеозойские отложения; 3, 4 – нерасчлененные метаморфические породы Южно-Хангайского метаморфического пояса: 3 – метаморфические породы повышенного давления, 4 – двуслюдяные, гранат-биотитовые и биотитовые гнейсы с горизонтами мраморизованных известняков; 5 – ульдзитгольский комплекс: филлиты, черные сланцы (неопротерозой); 6 – нерасчлененные байдрагинский и бумбугерский комплексы раннего докембрия; 7 – нерасчлененные палеоокеанические породы Баян-Хонгорской зоны; 8 – нерасчлененные гранитоиды позднего палеозоя; 9 – габброиды (ранний палеозой?); 10 – нерасчлененные гранитоиды венда–раннего палеозоя; 11 – габбро-диорит-гранитовый комплекс Тацаингольского блока; 12 – тектонические границы и зоны разломов; 13 – зона стратиграфического несогласия в основании шельфового ульдзитгольского комплекса; 14 – предполагаемая зона сочленения шельфовых толщ ульдзитгольского комплекса и Южно-Хангайского метаморфического пояса.

дарикским блоком и неопротерозойским офиолитовым комплексом Баян-Хонгорской зоны были выделены метаморфические породы амфиболитовой фации повышенного давления, включенные в состав Южно-Хангайского метаморфического пояса эдиакария, имеющего северо-западное простирание и протяженность около 120 км (Козаков и др., 2012). В Тацаингольском блоке представлены метаморфические породы, рассматриваемые в составе одноименного тацаингольского комплекса эдиакария (рис. 1б). В его составе были выделены две толщи: 1) метатерригенных пород, 2) роговообманковых кристаллических сланцев (Козаков и др., 2015). В породах комплекса было установлено проявление процессов полиметаморфизма,

достигающих уровня амфиболитовой фации повышенного и пониженного давления. Биотитовые, биотит-амфиболовые и гранат-биотитовые гнейсы тацаингольского комплекса характеризуются палеопротерозойскими значениями Nd-модельных возрастов  $t_{Nd(DM)} = 2.3–1.9$  млрд лет (Козаков и др., 2008, 2012). По Nd-изотопно-геохимическим характеристикам гнейсы тацаингольского комплекса не могут сопоставляться с раннедокембрийскими образованиями Байдарикского блока (Козаков и др., 1997, 2005, 2007) и, соответственно, входят в состав “Байдрагского кратонного террейна” – предполагаемого фрагмента раннедокембрийского фундамента микроконтинента (Badarch et al., 2002; Bold et al., 2016; Buriánek et al., 2017).



**Рис. 2.** Схема геологического положения толщи метатерригенных пород тацаингольского комплекса на северном склоне хребта Ушугуин-нуру (Козаков и др., 2012).

1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – кайнозойские базальты; 3–5 – толщи тацаингольского метаморфического комплекса: 3 – биотитовых, гранат-биотитовых и биотит-амфиболовых гнейсов, 4 – переслаивания мраморов, гнейсов, амфиболитов и кварцитов, 5 – гранатовых амфиболитов с пропластками мраморов; 6–8 – магматические породы: 6 – гранодиориты (пермь), 7 – гранодиориты, трондьемиты (ранний–средний палеозой), 8 – метадiorит-трондьемитовый комплекс (венд?); 9 – субвертикальные сдвиговые зоны; 10 – разломы; 11 – положение осевых поверхностей и ориентировка шарниров складок; 12 – положение объектов датирования (млн лет): а – пробы цирконов из гранитоидов, б – проба 8162 детритовых цирконов биотитовых гнейсов.

В толще роговообманковых кристаллических сланцев, представляющих собой метавулканиды островодужной ассоциации (Козаков и др., 2008), признаков проявления более раннего метаморфизма повышенного давления, в отличие от толщи метатерригенных пород, не обнаружено. Нижнюю границу проявленного в них метаморфизма фиксируют габброиды с возрастом  $603 \pm 3$  млн лет, прорывающие метавулканиды, на которые наложен метаморфизм амфиболитовой фации (Козаков и др., 2015). Породы островодужной ассоциации и локализованные среди них метагабброиды характеризуются отрицательными и близкими к нулевым величинами  $\epsilon_{Nd}(t) = -0.1...-2.1$  и мезопротерозойскими значениями Nd-модельных возрастов 1.5–1.2 млрд лет (Козаков и др., 2015). Можно полагать, что исходные расплавы метагаббро и метагаббро формировались в обстановке активной окраины или континентальной островной дуги, породы которой были вовлечены в процессы регионального метаморфизма позднего неопротерозоя.

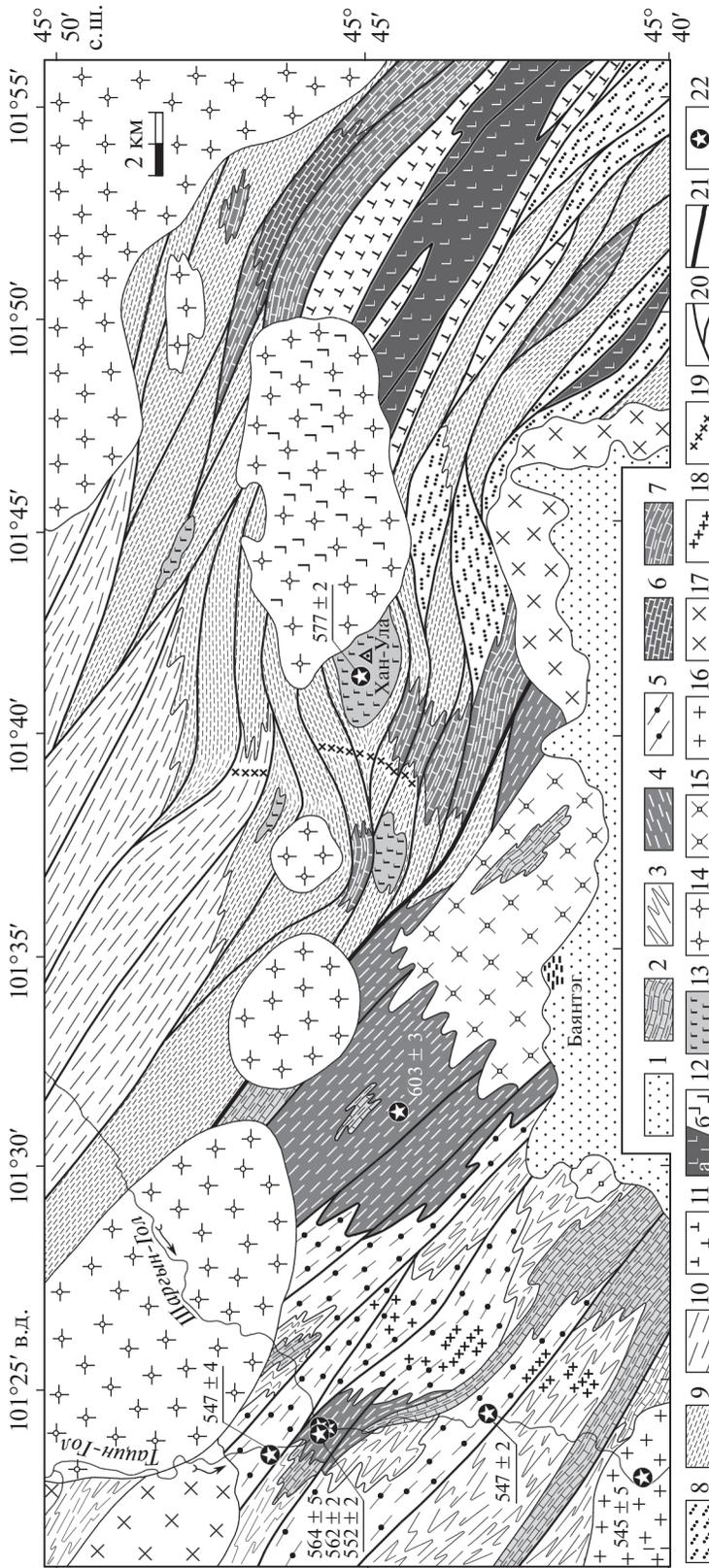
Задачей настоящей работы является определение возраста источников пород метатерригенной толщи тацаингольского комплекса на основе да-

тирования детритовых цирконов из биотитовых гнейсов этой толщи, а также установление возможной обстановки формирования метатерригенной толщи и ее соотношения с породами островодужной ассоциации Тацаингольского блока юго-восточной части Южно-Хангайского метаморфического пояса.

### МЕТАМОРФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ТАЦАИНГОЛЬСКОГО БЛОКА

В составе тацаингольского комплекса выделены две толщи: (1) биотитовых, гранат-биотитовых гнейсов с горизонтами мраморов, амфиболитов и кварцитов (рис. 2); (2) роговообманковых кристаллических сланцев, плагиогнейсов и амфиболитов с телами метагаббро (рис. 3). Последняя толща относится к островодужной вулканоплутонической ассоциации.

Метатерригенные породы исследовались в толще переслаивания мраморов, гнейсов, амфиболитов и кварцитов хребта Ушугуин-нуру (рис. 2). По химическому составу биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы соответствуют алевролитам и сходны с осадочными породами пассивных кон-



**Рис. 3.** Схема геологического строения зоны сочленения Тацаингольского блока и Баянхонгорской зоны. Составлена с использованием (Jian et al., 2010; Козаков и др., 2015).  
 1 — нерасчлененные отложения позднего мезозоя—кайнозоя; 2–5 — тацаингольский комплекс; 2 — толща переслаивания мраморов, амфиболитов и гнейсов; 3 — мигматизированные биотитовые, гранат-биотитовые и биотит-амфиболовые гнейсы тацаингольского комплекса; 4 — метагабброиды, амфиболиты, мигматизированные роговообманковые кристаллические сланцы и плагиогнейсы островодужной ассоциации тацаингольского комплекса; 5 — роговообманковые диориты и габброиды Шартыингольского массива (547 ± 2 млн лет); 6–13 — толщи «апобазальтовых» амфиболовых сланцев; 6 — мраморизованные кварциты; 7 — толща переслаивания мраморизованных известняков, кварцитов и «апобазальтовых» амфиболовых сланцев; 8 — толща переслаивания кварцито-сланцев, метапесчаников и метавулканитов среднего и кислого состава; 9 — толща «апобазальтовых» сланцев с линзами кремнистых пород; 10 — кремнистые сланцы (метапесчаники и кислые метавулканы); 11 — метагабро, амфиболиты и метагальты; 12 — серпентиниты, пипербазиты (а) и поля их включений в гранитах (б); 13 — полочатое габбро Ханулинского массива (577 ± 2 млн лет); 14–17 — гранитоиды; 14 — граниты (триас?), 15 — аплитовидные и пегматоидные граниты, 16 — постметаморфические граниты и гранодиориты (545 ± 5 млн лет), 17 — массивные гранодиориты (545 ± 2 млн лет), 18 — жилы пегматоидных гранитов; 19 — жилы субвулканических гранитов; 20 — субвертикально ориентированные сдвиговые зоны, зоны расчленения, тектонические границы; 21 — сдвиговая зона, разделяющая толщу Тацаингольского блока и Баян-Хонгорской зоны; 22 — положение геохронологических проб (возраст в млн лет).

тинентальных окраин (Козаков и др., 2008, 2012). Распределение редкоземельных и несовместимых элементов позволяет предполагать присутствие в источниках этих гнейсов продуктов размыва пород вулканоплутонических ассоциаций, сформированных в субдукционных обстановках (Козаков и др., 2008).

В Тацаингольском блоке устанавливается два эпизода метаморфизма амфиболитовой фации повышенного и пониженного давления около 570–560 и 550–540 млн лет назад соответственно (Козаков и др., 2015). Завершение раннего эпизода метаморфизма фиксируют кианитсодержащие пегматоидные граниты и граносиениты с возрастными  $562 \pm 2$  и  $564 \pm 5$  млн лет и пегматиты хребта Ушугуин-нуру с возрастом  $561 \pm 12$  млн лет (рис. 2). Парагенезисы раннего эпизода метаморфизма устанавливаются только в реликтах. В северо-западном направлении в гранат-биотитовых гнейсах тацаингольского комплекса долины р. Туин-гол верхнюю границу метаморфизма повышенного давления фиксируют граниты с возрастом  $571 \pm 9$  млн лет (Козаков и др., 2015). Время проявления раннего эпизода метаморфизма (~570–565 млн лет) определяет верхнюю границу накопления метатерригенных пород тацаингольского комплекса.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования были выделены цирконы из биотитовых гнейсов (проба 8162; координаты места отбора:  $45.56628^\circ$  с.ш.,  $101.6232^\circ$  в.д.) толщи переслаивания мраморов, кварцитов, гнейсов и амфиболитов. Анализ зерен циркона проводили в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (Москва) методом LA-ICP-MS на масс-спектрометре Element XR с ионизацией в индуктивно-связанной плазме с использованием лазерной установки UP-213 (ГЕОХИ РАН). Были использованы следующие параметры измерений: частота импульса лазерного излучения 4 Гц, диаметр пучка 30 мкм. Измерения проводили при низком разрешении ( $R = 300$ ). Для калибровки и контроля измерений в работе использованы стандарты цирконов GJ и 91500. Подробное описание методики представлено в работе (Костицын, Аносова, 2013). Полученные данные обрабатывали с помощью программы Glitter (Van Achterbergh et al., 1999).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Было исследовано 108 кристаллов циркона из пробы 8162. Результаты U–Pb изотопного датирования представлены в табл. 1 и на рис. 4. Анализ распределения полученных данных по возрастам проводили для точек с дискордантностью <5%. По 53 точкам по программе (Gehrels, 2012)

построен график плотности вероятности распределения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возрастов цирконов. Полученные возрастные значения распределились в интервалах 1781–2061 млн лет ( $n = 29$ ) с пиками 1872 и 1958 млн лет, а также 2461–2558 млн лет ( $n = 4$ ), 2572–2727 млн лет ( $n = 8$ ), 2822–2898 млн лет ( $n = 33$ ) с пиками 2498, 2624, 2693 и 2853 млн лет (рис. 4). Единичные значения более древнего (3.2 млрд лет) и молодого (1.4 и 0.8 млрд лет) возрастов статистически не значимы.

Катодолюминесцентное исследование циркона из пробы 8162 показало, что внутреннее строение кристаллов характеризуется наличием ядра и внешней оболочки мощностью от нескольких до 25 мкм (рис. 5). Ядро более темного цвета, для оболочки характерно яркое катодолюминесцентное свечение. Ядра преимущественно имеют тонкую осцилляционную зональность, характерную для цирконов магматического происхождения. В цирконах с возрастом 1.8–2.1 млрд лет очертания ядер не имеют в большинстве случаев признаков окатанности до начала этапа кристаллизации оболочки, что указывает на отсутствие значительного переноса. В цирконах с возрастными 2.4–2.9 млрд лет границы ядер более сглажены, что позволяет предполагать частичную окатанность.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные оценки возраста детритовых цирконов из биотитовых гнейсов показывают, что в источниках метатерригенных пород тацаингольского комплекса присутствовали продукты размыва пород палеопротерозойского (~1.8–2.1 и 2.46 млрд лет) и неоархейского (~2.5–2.9 млрд лет) возрастов<sup>1</sup>. Учитывая возраст раннего эпизода метаморфизма и завершающих его гранитоидов, верхнюю границу накопления терригенных пород протолита биотитовых гнейсов тацаингольского комплекса можно оценивать около 570–565 млн лет. Нижнюю границу интервала их накопления определяют минимальные значения возраста раннепротерозойских цирконов (1.8–1.75 млрд лет) и близкие к ним оценки Nd-модельного возраста данных гнейсов 1.9–2.0 млрд лет. Это позволяет определить время накопления протолита биотитовых гнейсов тацаингольского комплекса в интервале 1.8–0.57 млрд лет.

В раннекаледонском обрамлении Сибирской платформы раннедокембрийские кристаллические образования установлены в байдарагинском и бумбугерском комплексах Байдарикского террейна, идерском комплексе Тарбагатайского террейна

<sup>1</sup> В биотитовых гнейсах в 2 км к северо-западу от места отбора пробы 8162 установлены детритовые цирконы со сходными интервалами возрастных значений: 2.9–2.5, 2.0–1.8, 1.4–1.2 млрд лет, а также 0.90–0.75 млрд лет (неопубликованные данные авторов).

**Таблица 1.** Результаты U–Pb LA-ICP-MS исследований детритовых цирконов биотитовых гнейсов (метапесчаников) тацаингольского комплекса

| № образца | Изотопные отношения               |               |                                  |               |                                  |               | Rho  | Содержание, мкг/г |      | Th/U | Возраст, млн лет                  |               | D, %  |
|-----------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------------------------|---------------|-------|
|           | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm 1\sigma$ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | $\pm 1\sigma$ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | $\pm 1\sigma$ |      | Th                | U    |      | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm 2\sigma$ |       |
| 8162-104  | 0.1578                            | 0.0024        | 7.8662                           | 0.1272        | 0.3616                           | 0.0043        | 0.65 | 244               | 426  | 0.57 | 2432                              | 52            | -18.2 |
| 8162-107  | 0.0927                            | 0.0014        | 2.7019                           | 0.0432        | 0.2113                           | 0.0025        | 0.64 | 62                | 199  | 0.31 | 1483                              | 58            | -16.6 |
| 8162-110  | 0.2522                            | 0.0033        | 21.8992                          | 0.2957        | 0.6297                           | 0.0069        | 0.65 | 68                | 163  | 0.42 | 3199                              | 41            | -1.6  |
| 8162-114  | 0.1193                            | 0.0017        | 5.8572                           | 0.0875        | 0.3560                           | 0.0042        | 0.65 | 326               | 543  | 0.60 | 1946                              | 51            | 0.9   |
| 8162-122  | 0.1741                            | 0.0023        | 10.9299                          | 0.1502        | 0.4553                           | 0.0051        | 0.66 | 183               | 403  | 0.45 | 2597                              | 44            | -6.9  |
| 8162-124  | 0.2003                            | 0.0026        | 14.8437                          | 0.1928        | 0.5376                           | 0.0058        | 0.65 | 172               | 265  | 0.65 | 2828                              | 42            | -1.9  |
| 8162-128  | 0.1074                            | 0.0014        | 4.2352                           | 0.0573        | 0.2861                           | 0.0032        | 0.65 | 112               | 320  | 0.35 | 1755                              | 48            | -7.6  |
| 8162-139  | 0.1150                            | 0.0015        | 4.6098                           | 0.0630        | 0.2907                           | 0.0033        | 0.66 | 197               | 730  | 0.27 | 1880                              | 46            | -12.5 |
| 8162-144  | 0.1115                            | 0.0016        | 5.3504                           | 0.0793        | 0.3480                           | 0.0040        | 0.65 | 77                | 92   | 0.84 | 1824                              | 52            | 5.5   |
| 8162-145  | 0.0662                            | 0.0013        | 1.3797                           | 0.0284        | 0.1512                           | 0.0019        | 0.62 | 51                | 148  | 0.35 | <b>813</b>                        | 84            | 3.1   |
| 8162-149  | 0.1212                            | 0.0021        | 5.3437                           | 0.0959        | 0.3199                           | 0.0040        | 0.64 | 200               | 424  | 0.47 | 1973                              | 61            | -9.3  |
| 8162-150  | 0.1136                            | 0.0015        | 5.2904                           | 0.0748        | 0.3377                           | 0.0038        | 0.65 | 40                | 96   | 0.41 | 1858                              | 49            | 0.9   |
| 8162-152  | 0.2051                            | 0.0027        | 13.9612                          | 0.1849        | 0.4939                           | 0.0054        | 0.65 | 45                | 138  | 0.32 | 2867                              | 42            | -9.7  |
| 8162-154  | 0.1776                            | 0.0028        | 11.7980                          | 0.1884        | 0.4821                           | 0.0055        | 0.63 | 124               | 217  | 0.57 | 2630                              | 52            | -3.5  |
| 8162-155  | 0.1029                            | 0.0016        | 3.4077                           | 0.0549        | 0.2403                           | 0.0028        | 0.64 | 81                | 364  | 0.22 | 1676                              | 57            | -17.2 |
| 8162-158  | 0.1522                            | 0.0047        | 4.8223                           | 0.1468        | 0.2298                           | 0.0038        | 0.61 | 9                 | 20   | 0.46 | 2371                              | 105           | -43.8 |
| 8162-159  | 0.1713                            | 0.0038        | 10.3504                          | 0.2338        | 0.4382                           | 0.0064        | 0.63 | 17                | 19   | 0.86 | 2570                              | 73            | -8.9  |
| 8162-160  | 0.1057                            | 0.0017        | 2.4833                           | 0.0395        | 0.1702                           | 0.0018        | 0.63 | 210               | 419  | 0.50 | 1728                              | 58            | -41.4 |
| 8162-166  | 0.1486                            | 0.0022        | 4.8782                           | 0.0812        | 0.2382                           | 0.0031        | 0.66 | 267               | 724  | 0.37 | 2329                              | 51            | -40.9 |
| 8162-168  | 0.1156                            | 0.0015        | 5.0224                           | 0.0714        | 0.3151                           | 0.0037        | 0.66 | 126               | 197  | 0.64 | 1890                              | 48            | -6.6  |
| 8162-174  | 0.2858                            | 0.0051        | 17.0991                          | 0.3295        | 0.4339                           | 0.0058        | 0.65 | 67                | 845  | 0.08 | 3395                              | 56            | -31.6 |
| 8162-175  | 0.1659                            | 0.0021        | 4.0414                           | 0.0564        | 0.1767                           | 0.0021        | 0.67 | 447               | 1048 | 0.43 | 2516                              | 42            | -58.3 |
| 8162-178  | 0.1118                            | 0.0017        | 4.9367                           | 0.0789        | 0.3202                           | 0.0039        | 0.66 | 420               | 328  | 1.28 | 1829                              | 54            | -2.1  |
| 8162-179  | 0.1003                            | 0.0014        | 2.8336                           | 0.0421        | 0.2049                           | 0.0025        | 0.66 | 222               | 540  | 0.41 | 1629                              | 51            | -26.2 |
| 8162-180  | 0.1277                            | 0.0016        | 6.3387                           | 0.0851        | 0.3600                           | 0.0040        | 0.66 | 42                | 101  | 0.42 | 2067                              | 45            | -4.1  |
| 8162-181  | 0.1142                            | 0.0015        | 4.9700                           | 0.0706        | 0.3158                           | 0.0038        | 0.67 | 107               | 352  | 0.30 | 1867                              | 47            | -5.2  |
| 8162-182  | 0.1226                            | 0.0015        | 5.9827                           | 0.0808        | 0.3539                           | 0.0040        | 0.66 | 340               | 280  | 1.21 | 1994                              | 45            | -2.1  |
| 8162-183  | 0.1648                            | 0.0021        | 10.5876                          | 0.1467        | 0.4660                           | 0.0054        | 0.66 | 70                | 108  | 0.65 | 2505                              | 43            | -1.6  |
| 8162-184  | 0.1199                            | 0.0016        | 5.3228                           | 0.0759        | 0.3220                           | 0.0038        | 0.67 | 351               | 662  | 0.53 | 1955                              | 47            | -7.9  |
| 8162-185  | 0.1204                            | 0.0015        | 5.3898                           | 0.0685        | 0.3248                           | 0.0035        | 0.65 | 216               | 414  | 0.52 | 1961                              | 44            | -7.5  |
| 8162-186  | 0.1104                            | 0.0017        | 4.2006                           | 0.0687        | 0.2759                           | 0.0033        | 0.65 | 175               | 320  | 0.55 | 1806                              | 56            | -13.0 |
| 8162-187  | 0.0933                            | 0.0014        | 2.1992                           | 0.0312        | 0.1710                           | 0.0018        | 0.63 | 88                | 258  | 0.34 | 1493                              | 55            | -31.8 |
| 8162-187c | 0.1146                            | 0.0016        | 5.0147                           | 0.0756        | 0.3175                           | 0.0037        | 0.65 | 97                | 88   | 1.10 | 1873                              | 52            | -5.1  |
| 8162-196  | 0.1145                            | 0.0015        | 4.4227                           | 0.0586        | 0.2803                           | 0.0031        | 0.66 | 58                | 564  | 0.10 | 1871                              | 46            | -14.9 |
| 8162-197  | 0.1618                            | 0.0023        | 7.7595                           | 0.1161        | 0.3484                           | 0.0040        | 0.65 | 36                | 326  | 0.11 | 2472                              | 49            | -22.0 |
| 8162-198  | 0.1474                            | 0.0020        | 4.6345                           | 0.0637        | 0.2283                           | 0.0025        | 0.65 | 542               | 909  | 0.60 | 2314                              | 46            | -42.7 |
| 8162-199  | 0.1114                            | 0.0015        | 5.0493                           | 0.0696        | 0.3290                           | 0.0036        | 0.64 | 487               | 272  | 1.79 | 1821                              | 49            | 0.7   |
| 8162-200  | 0.0995                            | 0.0014        | 1.9861                           | 0.0280        | 0.1450                           | 0.0016        | 0.64 | 432               | 1331 | 0.32 | 1611                              | 53            | -21.4 |
| 8162-202  | 0.0591                            | 0.0010        | 0.6706                           | 0.0108        | 0.0823                           | 0.0008        | 0.60 | 2                 | 323  | 0.01 | 570                               | 75            | -2.1  |

Таблица 1. Продолжение

| № образца | Изотопные отношения                  |        |                                     |        |                                     |        | Rho  | Содержание, мкг/г |     | Th/U | Возраст, млн лет                     |     | D, %  |
|-----------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|------|-------------------|-----|------|--------------------------------------|-----|-------|
|           | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb | ±1σ    | <sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U | ±1σ    | <sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U | ±1σ    |      | Th                | U   |      | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb | ±2σ |       |
| 8162-204  | 0.2043                               | 0.0024 | 15.4731                             | 0.1783 | 0.5497                              | 0.0055 | 0.65 | 137               | 143 | 0.96 | 2860                                 | 38  | -1.3  |
| 8162-205  | 0.1669                               | 0.0022 | 10.0027                             | 0.1331 | 0.4350                              | 0.0046 | 0.64 | 221               | 296 | 0.75 | 2526                                 | 45  | -7.8  |
| 8162-206  | 0.1708                               | 0.0025 | 8.9975                              | 0.1336 | 0.3823                              | 0.0043 | 0.64 | 155               | 246 | 0.63 | 2564                                 | 49  | -18.6 |
| 8162-207  | 0.1655                               | 0.0022 | 10.5289                             | 0.1378 | 0.4617                              | 0.0047 | 0.64 | 278               | 498 | 0.56 | 2512                                 | 45  | -2.6  |
| 8162-208  | 0.1211                               | 0.0017 | 6.0314                              | 0.0850 | 0.3615                              | 0.0038 | 0.64 | 251               | 558 | 0.45 | 1971                                 | 51  | 0.9   |
| 8162-210  | 0.1625                               | 0.0021 | 10.8865                             | 0.1346 | 0.4859                              | 0.0049 | 0.64 | 180               | 250 | 0.72 | 2482                                 | 43  | 2.9   |
| 8162-212  | 0.1196                               | 0.0019 | 6.0184                              | 0.0971 | 0.3649                              | 0.0041 | 0.63 | 238               | 659 | 0.36 | 1951                                 | 57  | 2.8   |
| 8162-213  | 0.1088                               | 0.0013 | 3.5452                              | 0.0446 | 0.2362                              | 0.0025 | 0.65 | 158               | 489 | 0.32 | 1780                                 | 45  | -23.2 |
| 8162-213c | 0.1181                               | 0.0016 | 5.8880                              | 0.0774 | 0.3616                              | 0.0037 | 0.64 | 279               | 706 | 0.40 | 1927                                 | 48  | 3.2   |
| 8162-214  | 0.1701                               | 0.0019 | 11.6322                             | 0.1313 | 0.4961                              | 0.0050 | 0.65 | 195               | 301 | 0.65 | 2558                                 | 38  | 1.5   |
| 8162-215  | 0.1706                               | 0.0021 | 9.8987                              | 0.1247 | 0.4208                              | 0.0046 | 0.66 | 162               | 385 | 0.42 | 2564                                 | 40  | -11.7 |
| 8162-220  | 0.1210                               | 0.0015 | 6.0733                              | 0.0726 | 0.3641                              | 0.0035 | 0.63 | 194               | 160 | 1.22 | 1971                                 | 45  | 1.6   |
| 8162-221  | 0.1583                               | 0.0022 | 8.3296                              | 0.1159 | 0.3816                              | 0.0042 | 0.65 | 161               | 586 | 0.27 | 2438                                 | 46  | -14.5 |
| 8162-221c | 0.1642                               | 0.0022 | 9.0014                              | 0.1210 | 0.3975                              | 0.0043 | 0.65 | 141               | 463 | 0.30 | 2500                                 | 44  | -13.7 |
| 8162-224  | 0.1121                               | 0.0016 | 5.1419                              | 0.0749 | 0.3328                              | 0.0038 | 0.65 | 150               | 122 | 1.23 | 1833                                 | 51  | 1.1   |
| 8162-226  | 0.1785                               | 0.0037 | 12.1682                             | 0.2537 | 0.4942                              | 0.0069 | 0.63 | 0                 | 8   | 0.03 | 2640                                 | 68  | -1.9  |
| 8162-227  | 0.1108                               | 0.0014 | 4.5616                              | 0.0561 | 0.2985                              | 0.0031 | 0.65 | 96                | 685 | 0.14 | 1813                                 | 45  | -7.1  |
| 8162-231  | 0.1177                               | 0.0015 | 5.4142                              | 0.0675 | 0.3336                              | 0.0034 | 0.64 | 111               | 504 | 0.22 | 1922                                 | 45  | -3.4  |
| 8162-233  | 0.1216                               | 0.0021 | 5.6093                              | 0.0969 | 0.3347                              | 0.0040 | 0.63 | 32                | 166 | 0.19 | 1979                                 | 61  | -6.0  |
| 8162-234  | 0.1216                               | 0.0016 | 5.7057                              | 0.0727 | 0.3403                              | 0.0034 | 0.64 | 89                | 168 | 0.53 | 1980                                 | 47  | -4.6  |
| 8162-235  | 0.1207                               | 0.0016 | 5.7113                              | 0.0721 | 0.3433                              | 0.0033 | 0.62 | 159               | 119 | 1.34 | 1966                                 | 48  | -3.2  |
| 8162-236  | 0.1723                               | 0.0024 | 10.4043                             | 0.1400 | 0.4379                              | 0.0045 | 0.63 | 105               | 253 | 0.41 | 2580                                 | 46  | -9.3  |
| 8162-238  | 0.0915                               | 0.0014 | 2.2074                              | 0.0352 | 0.1749                              | 0.0020 | 0.64 | 26                | 250 | 0.11 | 1458                                 | 59  | -28.7 |
| 8162-239  | 0.1166                               | 0.0016 | 5.3032                              | 0.0743 | 0.3296                              | 0.0036 | 0.64 | 82                | 110 | 0.75 | 1906                                 | 49  | -3.6  |
| 8162-240  | 0.1176                               | 0.0015 | 5.4020                              | 0.0726 | 0.3331                              | 0.0037 | 0.65 | 114               | 227 | 0.50 | 1920                                 | 47  | -3.5  |
| 8162-241  | 0.1203                               | 0.0017 | 5.6997                              | 0.0778 | 0.3435                              | 0.0036 | 0.63 | 72                | 56  | 1.30 | 1962                                 | 50  | -3.0  |
| 8162-242  | 0.1148                               | 0.0019 | 5.3357                              | 0.0897 | 0.3370                              | 0.0040 | 0.64 | 87                | 138 | 0.63 | 1877                                 | 59  | -0.3  |
| 8162-244  | 0.1183                               | 0.0017 | 5.6678                              | 0.0818 | 0.3475                              | 0.0039 | 0.65 | 135               | 104 | 1.29 | 1931                                 | 50  | -0.4  |
| 8162-245  | 0.2099                               | 0.0034 | 15.0493                             | 0.2555 | 0.5201                              | 0.0063 | 0.64 | 184               | 323 | 0.57 | 2904                                 | 53  | -7.0  |
| 8162-246  | 0.1195                               | 0.0017 | 4.6626                              | 0.0691 | 0.2829                              | 0.0032 | 0.65 | 242               | 550 | 0.44 | 1950                                 | 51  | -17.6 |
| 8162-247  | 0.1204                               | 0.0020 | 6.0068                              | 0.1040 | 0.3617                              | 0.0043 | 0.63 | 59                | 70  | 0.84 | 1963                                 | 60  | 1.4   |
| 8162-267  | 0.1145                               | 0.0015 | 5.1956                              | 0.0714 | 0.3293                              | 0.0038 | 0.66 | 164               | 580 | 0.28 | 1871                                 | 46  | -1.9  |
| 8162-268  | 0.1211                               | 0.0017 | 5.8264                              | 0.0900 | 0.3491                              | 0.0044 | 0.67 | 85                | 186 | 0.45 | 1972                                 | 50  | -2.1  |
| 8162-270  | 0.1158                               | 0.0016 | 5.1291                              | 0.0751 | 0.3213                              | 0.0038 | 0.66 | 448               | 586 | 0.76 | 1892                                 | 49  | -5.1  |
| 8162-271  | 0.1072                               | 0.0018 | 3.5416                              | 0.0612 | 0.2397                              | 0.0028 | 0.63 | 22                | 52  | 0.43 | 1752                                 | 63  | -20.9 |
| 8162-272  | 0.1012                               | 0.0015 | 2.6116                              | 0.0433 | 0.1871                              | 0.0024 | 0.67 | 418               | 872 | 0.48 | 1647                                 | 55  | -32.8 |
| 8162-273  | 0.1198                               | 0.0019 | 5.4904                              | 0.0942 | 0.3323                              | 0.0044 | 0.66 | 90                | 263 | 0.34 | 1954                                 | 55  | -5.3  |
| 8162-279  | 0.1759                               | 0.0021 | 11.9958                             | 0.1668 | 0.4949                              | 0.0061 | 0.68 | 149               | 257 | 0.58 | 2614                                 | 40  | -0.8  |
| 8162-287  | 0.1838                               | 0.0022 | 13.0059                             | 0.1731 | 0.5135                              | 0.0061 | 0.68 | 115               | 235 | 0.49 | 2687                                 | 39  | -0.6  |
| 8162-295  | 0.1204                               | 0.0014 | 6.0632                              | 0.0790 | 0.3653                              | 0.0043 | 0.68 | 281               | 337 | 0.83 | 1962                                 | 42  | 2.3   |

Таблица 1. Окончание

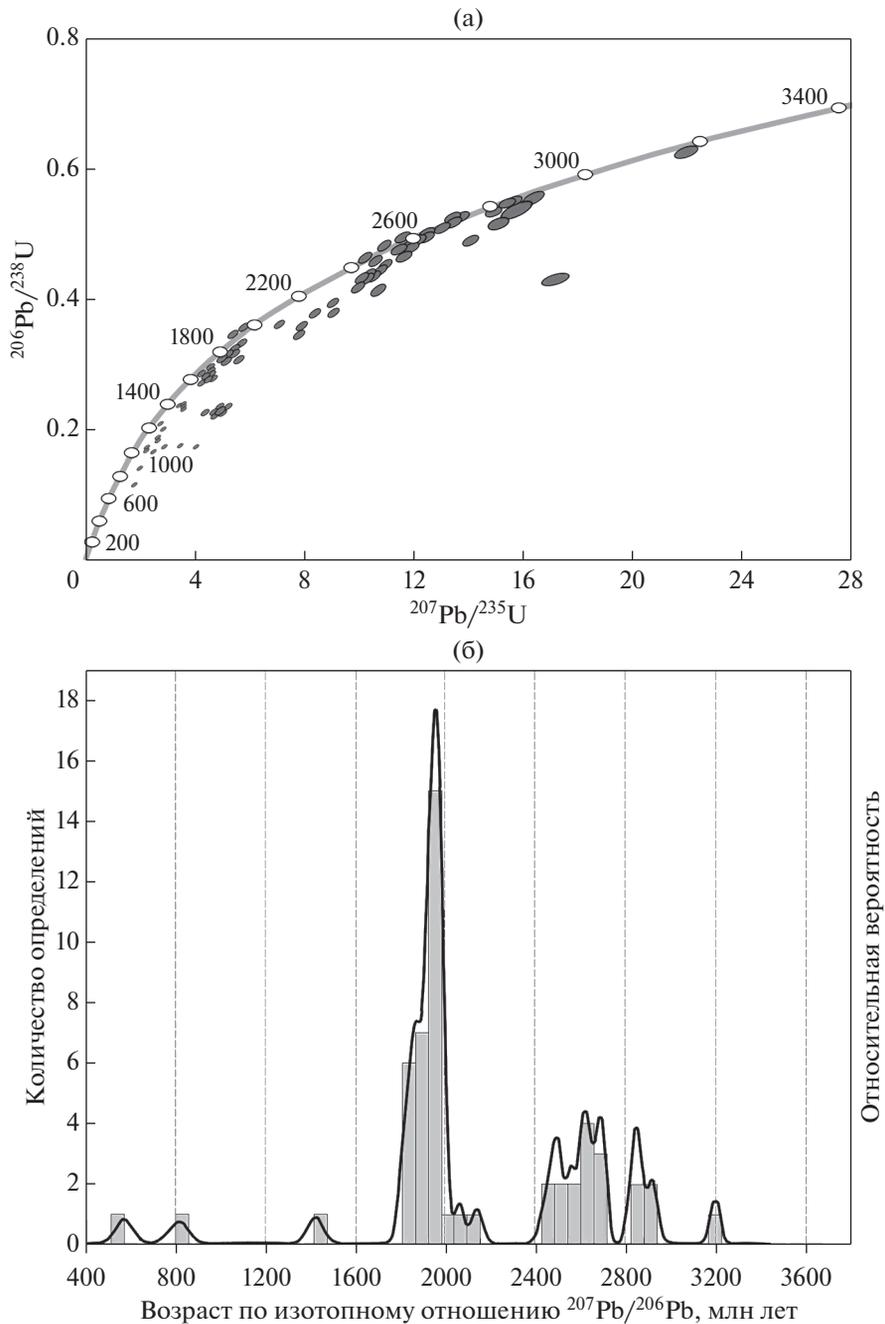
| № образца | Изотопные отношения               |               |                                  |               |                                  |               | Rho  | Содержание, мкг/г |      | Th/U | Возраст, млн лет                  |               | D, %  |
|-----------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|------|-------------------|------|------|-----------------------------------|---------------|-------|
|           | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm 1\sigma$ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | $\pm 1\sigma$ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | $\pm 1\sigma$ |      | Th                | U    |      | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm 2\sigma$ |       |
| 8162-297  | 0.1181                            | 0.0014        | 5.7698                           | 0.0744        | 0.3544                           | 0.0041        | 0.68 | 232               | 428  | 0.54 | 1927                              | 42            | 1.5   |
| 8162-298  | 0.1592                            | 0.0024        | 10.1579                          | 0.1699        | 0.4629                           | 0.0061        | 0.67 | 115               | 354  | 0.32 | 2447                              | 51            | 0.2   |
| 8162-299  | 0.1848                            | 0.0027        | 10.6061                          | 0.1717        | 0.4163                           | 0.0054        | 0.67 | 88                | 161  | 0.55 | 2696                              | 48            | -16.8 |
| 8162-300  | 0.1785                            | 0.0024        | 11.5316                          | 0.1739        | 0.4685                           | 0.0060        | 0.68 | 202               | 472  | 0.43 | 2639                              | 44            | -6.1  |
| 8162-301  | 0.1334                            | 0.0020        | 7.2465                           | 0.1182        | 0.3941                           | 0.0051        | 0.67 | 140               | 149  | 0.94 | 2143                              | 52            | -0.1  |
| 8162-302  | 0.0898                            | 0.0016        | 3.1225                           | 0.0616        | 0.2522                           | 0.0035        | 0.65 | 110               | 258  | 0.43 | 1421                              | 69            | 2.0   |
| 8162-303  | 0.1199                            | 0.0016        | 5.6516                           | 0.0846        | 0.3419                           | 0.0043        | 0.68 | 228               | 299  | 0.76 | 1955                              | 47            | -3.0  |
| 8162-304  | 0.1080                            | 0.0014        | 1.7518                           | 0.0257        | 0.1177                           | 0.0015        | 0.68 | 528               | 1021 | 0.52 | 1765                              | 47            | -30.2 |
| 8162-305  | 0.1844                            | 0.0024        | 13.2422                          | 0.2003        | 0.5209                           | 0.0068        | 0.68 | 51                | 107  | 0.48 | 2693                              | 43            | 0.4   |
| 8162-306  | 0.1142                            | 0.0014        | 5.2177                           | 0.0704        | 0.3314                           | 0.0040        | 0.68 | 93                | 228  | 0.41 | 1867                              | 43            | -1.2  |
| 8162-307  | 0.0982                            | 0.0013        | 1.9347                           | 0.0287        | 0.1430                           | 0.0018        | 0.68 | 554               | 1104 | 0.50 | 1589                              | 48            | -21.2 |
| 8162-312  | 0.1863                            | 0.0022        | 13.5060                          | 0.1822        | 0.5258                           | 0.0064        | 0.69 | 116               | 144  | 0.80 | 2710                              | 39            | 0.5   |
| 8162-320  | 0.1199                            | 0.0014        | 5.8027                           | 0.0745        | 0.3510                           | 0.0041        | 0.68 | 86                | 269  | 0.32 | 1954                              | 41            | -0.8  |
| 8162-323  | 0.1147                            | 0.0016        | 5.0746                           | 0.0785        | 0.3209                           | 0.0041        | 0.67 | 153               | 87   | 1.76 | 1875                              | 50            | -4.3  |
| 8162-324  | 0.2126                            | 0.0028        | 16.2659                          | 0.2542        | 0.5550                           | 0.0075        | 0.68 | 66                | 119  | 0.55 | 2925                              | 43            | -2.7  |
| 8162-328  | 0.1204                            | 0.0024        | 5.1055                           | 0.1116        | 0.3075                           | 0.0044        | 0.64 | 21                | 136  | 0.16 | 1962                              | 72            | -11.9 |
| 8162-330  | 0.1728                            | 0.0029        | 11.4433                          | 0.2169        | 0.4805                           | 0.0067        | 0.66 | 83                | 91   | 0.92 | 2584                              | 57            | -2.1  |
| 8162-334  | 0.1296                            | 0.0023        | 5.5522                           | 0.1085        | 0.3107                           | 0.0043        | 0.65 | 69                | 202  | 0.34 | 2092                              | 62            | -16.6 |
| 8162-336  | 0.1203                            | 0.0020        | 5.5998                           | 0.1022        | 0.3375                           | 0.0045        | 0.65 | 44                | 111  | 0.40 | 1961                              | 60            | -4.4  |
| 8162-337  | 0.1572                            | 0.0025        | 5.1670                           | 0.0916        | 0.2384                           | 0.0032        | 0.66 | 208               | 409  | 0.51 | 2426                              | 54            | -43.2 |
| 8162-337с | 0.1399                            | 0.0023        | 3.4530                           | 0.0623        | 0.1790                           | 0.0024        | 0.66 | 195               | 656  | 0.30 | 2226                              | 57            | -52.3 |
| 8162-338  | 0.1789                            | 0.0025        | 12.3064                          | 0.1945        | 0.4989                           | 0.0064        | 0.67 | 67                | 129  | 0.52 | 2643                              | 47            | -1.3  |
| 8162-339  | 0.1367                            | 0.0031        | 4.3310                           | 0.1041        | 0.2298                           | 0.0035        | 0.63 | 46                | 95   | 0.48 | 2186                              | 79            | -39.0 |
| 8162-340  | 0.1132                            | 0.0014        | 4.8637                           | 0.0622        | 0.3115                           | 0.0034        | 0.66 | 227               | 192  | 1.18 | 1852                              | 45            | -5.6  |
| 8162-341  | 0.1400                            | 0.0019        | 7.0319                           | 0.1030        | 0.3642                           | 0.0044        | 0.67 | 43                | 100  | 0.43 | 2227                              | 47            | -10.1 |
| 8162-342  | 0.2092                            | 0.0037        | 15.5668                          | 0.3091        | 0.5398                           | 0.0078        | 0.66 | 27                | 90   | 0.30 | 2899                              | 58            | -4.0  |
| 8162-343  | 0.1171                            | 0.0016        | 2.8582                           | 0.0454        | 0.1771                           | 0.0023        | 0.67 | 28                | 332  | 0.08 | 1912                              | 50            | -45.0 |
| 8162-343с | 0.2031                            | 0.0025        | 15.2411                          | 0.2140        | 0.5444                           | 0.0068        | 0.68 | 64                | 82   | 0.78 | 2851                              | 40            | -1.7  |
| 8162-348  | 0.1211                            | 0.0018        | 5.6339                           | 0.0938        | 0.3374                           | 0.0045        | 0.67 | 109               | 197  | 0.55 | 1973                              | 52            | -5.0  |

Примечание. Rho – коэффициент корреляции  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; D – степень дискордантности.

(Козаков и др., 1997, 2005, 2011; Kröner et al., 2015), а также в Гарганской глыбе (Kovach et al., 2004; Анисимова и др., 2009). При этом надо отметить незначительную площадь блоков, сложенных породами раннего докембрия (палеопротерозойских и, в меньшей степени, позднерхейских). В большей степени представлены комплексы пород неопротерозойского возраста. Представления о существовании раннедокембрийского фундамента в основании фанерозойских поясов Центральной Азии не подтверждаются изотопно-геохимически-

ми исследованиями (Коваленко и др., 1996а, 1996б; Kovalenko et al., 2004; Ярмолюк и др., 1999; Козаков и др., 2013, 2014, 2017б).

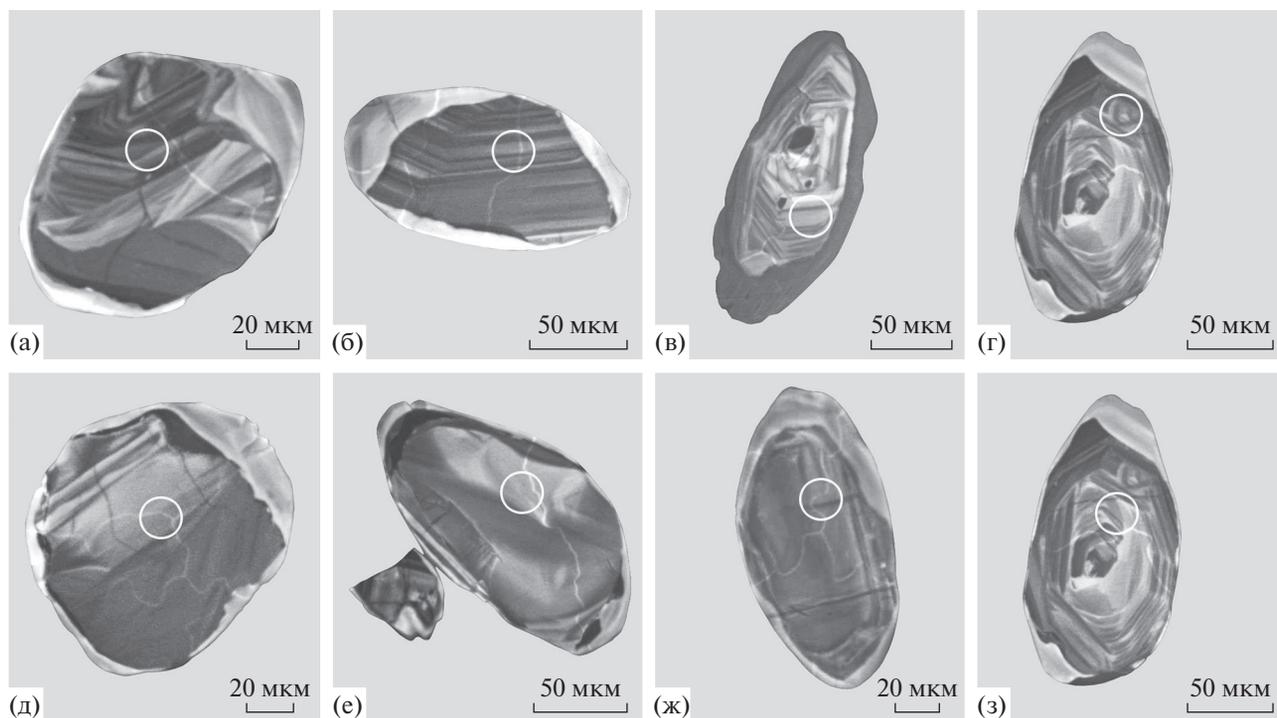
О возможной связи источников метатерригенных пород тацаингольского комплекса с раннедокембрийскими породами Байдаринского и Тарбагатайского террейнов может косвенно свидетельствовать пространственное положение Южно-Хангайского метаморфического пояса. В современной структуре он расположен между этими блоками, и до начала формирования палеоокеанического бас-



**Рис. 4.** (а) Диаграмма с конкордией для детритовых цирконов из биотитовых гнейсов (проба 8162) и (б) график плотности вероятности распределения возрастов по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  для этих цирконов.

сейна Баян-Хонгорской зоны (660–670 млн лет) среди источников терригенных пород тацаингольского комплекса могли быть продукты размыва раннедокембрийских блоков этих террейнов и/или толщ их пассивной окраины. Цирконы из двупроксеновых кристаллических сланцев байдарагинского комплекса Байдарикского террейна имеют значения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраста около 2.8–2.9, 2.6–2.7 и 2.55–2.50 млрд лет, а цирконы из тоналитовых гнейсов – 2.65 млрд лет; в бумбугерском ком-

плексе ядра детритовых цирконов имеют оценки возраста в интервале 2.6–2.5 млрд лет; для палеопротерозойских син- и постметаморфических гранитоидов Байдарикского террейна установлены значения возрастов  $2364 \pm 6$ ,  $2308 \pm 4$ ,  $1854 \pm 5$ – $1851 \pm 7$  и  $1825 \pm 5$  млн лет (Козаков и др., 2005, 2007; Kröner et al., 2017). Значения Nd-модельных возрастов пород байдарагинского и бумбугерского комплексов составляют 3.1–3.3 млрд лет при  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -2.4 \dots -3.2$  (Козаков и др., 1997). В раннедокембрийских по-



**Рис. 5.** Катодолуминесцентные изображения кристаллов циркона из пробы 8162. (а)–(г) – возрастной интервал 1.8–2.0 млрд лет; (д)–(ж) – возрастной интервал 2.4–2.9 млрд лет.

родах идерского комплекса Тарбагатайского террейна значения  $t_{Nd(DM)}$  равны 3.0–2.9 млрд лет при  $\epsilon_{Nd}(t) = -2.1...+1.2$  (Козаков и др., 2011; Kröner et al., 2015). В гнейсах же тацаингольского комплекса преобладают палеопротерозойские значения Nd-модельных возрастов в интервале 2.0–2.3 млрд лет при  $\epsilon_{Nd}(t) = -2.8...-1.0$ . Следовательно, раннедокембрийские кристаллические комплексы не могут рассматриваться как основные источники метатерригенных пород тацаингольского комплекса. Sm–Nd изотопные и геохимические данные дают основание полагать, что в источниках присутствовали как продукты размыва пород древних кратонов, так и фрагменты неопротерозойской континентальной коры переходного типа, формирование которой, в свою очередь, также связано с источниками раннедокембрийского и неопротерозойского возрастов (Козаков и др., 2013, 2014, 2015; Ковач и др., 2013, 2019а). Таким образом, источниками протолита метатерригенных пород тацаингольского комплекса являлись комплексы ранне- и позднедокембрийского возраста.

В этот период источниками неопротерозойского возраста могли быть породы континентальной коры Дзабханского, Сонгинского и Тарбагатайского террейнов и/или их аналоги. Так, в Эрдене-Хаирханском блоке Дзабханского террейна возрасты детритовых цирконов из гравелитов находятся в интервалах 1.0–0.9, 1.45–1.4, 2.0–2.10, 2.20–2.22, 2.39–2.54, 2.57–2.63 и 2.71–2.78 млрд лет;

в Сонгинском террейне конкордантные возрасты детритовых цирконов установлены в интервалах 0.80–0.90 млрд лет с максимумом на кривой плотности вероятности 0.83 и 2.10–2.50 млрд лет (Ковач и др., 2019а, 2019б). В Дзабханском террейне также представлены комплексы пород островодужной вулканоплутонической ассоциации Хараулинского блока раннего неопротерозоя с возрастными интервалами 0.96–0.93 млн лет (U–Pb SIMS; Козаков и др., 2016, 2017а). Со смещением раннедокембрийских и раннеопротерозойских (коровых и ювенильных) источников при формировании протолитов метатерригенных пород тацаингольского комплекса могут быть связаны промежуточные значения (2.0–2.3 млрд лет) Nd-модельного возраста последних.

Масштабное присутствие новообразованной континентальной коры раннего неопротерозоя, как одного из источников терригенных пород Центральной Азии, находит подтверждение в многочисленных данных о возрасте детритовых цирконов (Козаков и др., 2005; Демонтерова и др., 2011; Kovach et al., 2013; Ковач и др., 2019б; Rojas-Agramonte et al., 2014; Резницкий и др., 2015, 2018; Летникова и др., 2016, 2017; Школьник и др., 2016).

Следует подчеркнуть, что в породах раннедокембрийского фундамента Байдарикского блока, расположенного (в современной структуре) вдоль южного обрамления Южно-Хангайского метаморфического пояса, не проявлены процессы наложен-

ного метаморфизма, синколлизийного и/или надсубдукционного магматизма эдиакария. Исходя из этого, можно предположить, что накопление терригенных пород тацаингольского комплекса происходило на пассивной окраине в условиях глубокого шельфа раннедокембрийского блока Байдарикского террейна (или его аналога), который был расположен за пределами области развития процессов конвергенции. При этом в палеоокеанической области можно предполагать присутствие блоков континентальной и/или ювенильной коры раннего неопротерозоя, с чем связано формирование протолитов терригенных пород с более молодыми значениями Nd-модельного возраста (~2.2–1.9 млрд лет), которые не характерны для пород раннедокембрийских блоков Центральной Азии.

Во время позднего эпизода метаморфизма (550–540 млн лет) породы островодужной вулканоплутонической ассоциации и метатерригенной толщи были сочленены. Наложенный метаморфизм в юго-восточной части Южно-Хангайского метаморфического пояса в этом интервале коррелируется с внедрением Шаргынгольского габбро-диорит-плагиигранитового массива ( $547 \pm 2$  млн лет). Его геохимические и Nd-изотопные характеристики свидетельствуют о формировании магм в обстановке энсиалической вулканической дуги (Козаков и др., 2012). Нижнюю возрастную границу проявления метаморфизма, с которым связана переработка пород островодужной ассоциации тацаингольского комплекса, определяют габброиды с возрастом  $603 \pm 3$  млн лет (Козаков и др., 2015).

Источниками ювенильного материала позднего неопротерозоя могли быть породы океанических лавовых плато или островов Баян-Хонгорской зоны ( $665 \pm 15$  млн лет; Ковач и др., 2005) и зон спрединга, сформированных в интервале 655–636 млн лет; последние представлены габбро и плагиигранитами с возрастными  $647 \pm 7$  и  $636 \pm 6$  млн лет соответственно (SIMS; Jian et al., 2010). Верхняя граница проявления островодужного магматизма в офиолитовом комплексе Баян-Хонгорской зоны определяется возрастом расслоенного габбро Ханулинского массива —  $577 \pm 2$  млн лет (Терентьева и др., 2010).

Островодужная вулканоплутоническая ассоциация тацаингольского комплекса по геохимическим и Sm–Nd изотопным характеристикам может рассматриваться как фрагмент вулканической дуги (Козаков и др., 2015), породы которой были вовлечены в процессы регионального метаморфизма только позднего эпизода в интервале 550–540 млн лет.

Характерной особенностью развития Южно-Хангайского метаморфического пояса, как отмечалось, является проявление двух эпизодов регионального метаморфизма только в Тацаингольском блоке юго-восточной части пояса (Козаков и др., 2012, 2015). В северо-западном направлении

на продолжении пояса в гранат-кианит-ставролит-биотитовых гнейсах долины рек Туин-гол и Ульдзит-гол наложенный метаморфизм не проявлен. Завершение метаморфизма повышенного давления и связанных с ним деформаций в метатерригенной толще фиксируют граниты с возрастом  $571 \pm 9$  млн лет (Козаков и др., 2015).

В период завершения процессов раннего эпизода метаморфизма Южно-Хангайского метаморфического пояса происходило образование эдиакаро-раннепалеозойских палеоокеанических бассейнов, вулканических островов, островных дуг эдиакария, которые представлены в Агардаг-Эрзинской, Озерной, Дарибской и Хантайширской зонах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные к настоящему времени результаты геохронологических, Sm–Nd изотопных и геохимических исследований показывают, что в Тацаингольском блоке юго-восточной части Южно-Хангайского метаморфического пояса представлены породные ассоциации различного возраста и происхождения.

Преобладающие значения возраста детритовых цирконов метатерригенных пород тацаингольского комплекса распределились в интервалах 1.8–2.1 и 2.4–2.9 млрд лет. Следовательно, для исследованных биотитовых гнейсов основным источником могли быть породы раннего докембрия. Однако установленные значения Nd-модельного возраста (2.0–2.3 млрд лет) значительно отличаются от известных в раннедокембрийских породах раннекаледонского обрамления Сибирской платформы: 3.1–3.0 и 3.0–2.9 млрд лет в Байдарикском и Тарбагатайском террейнах соответственно. Это позволило сделать заключение, что в источниках метатерригенных пород тацаингольского комплекса в разных пропорциях присутствуют продукты размыва пород как древних кратонов, так и позднедокембрийской континентальной коры (Козаков и др., 2013, 2014, 2015; Ковач и др., 2013), а также ювенильного материала палеоокеанических и островодужных комплексов. Надо также отметить, что в раннедокембрийском блоке Байдарикского террейна в архейском байдарагинском комплексе наиболее древние цирконы имеют возраст не более 2700 млн лет (Козаков и др., 2007), в идерском комплексе Тарбагатайского террейна — 2500 млн лет (Kröner et al., 2015). Исходя из этого, рассмотрение раннедокембрийских пород именно этих террейнов как источников протолитов метатерригенных пород, несмотря на их относительно близкое положение в современной структуре, остается под вопросом.

Породы островодужной ассоциации тацаингольского комплекса и прорывающие их габброиды с возрастом  $603 \pm 3$  млн лет, по-видимому, были

сформированы в Баянхонгорском палеоокеаническом бассейне, затем в интервале около 575–555 млн лет были сочленены с уже метаморфизованными породами Южно-Хангайского метаморфического пояса и затем повторно совместно с ними метаморфизованы в интервале 550–540 млн лет.

Метаморфизм позднего эпизода не был проявлен в северо-западной части Южно-Хангайского метаморфического пояса, что указывает на пространственное разобщение этой части пояса и Тацаингольского блока в этот период. Южно-Хангайский метаморфический пояс расположен в зоне сочленения раннедокембрийского блока Байдарикского террейна и офиолитов Баян-Хонгорской зоны (Козаков и др., 2012, 2015). При этом как в кристаллических породах раннедокембрийского блока, так и в офиолитах не фиксируется проявления наложенных структурно-метаморфических преобразований и/или коллизионного гранитоидного магматизма. Можно полагать, что их положение в современной структуре обусловлено более поздними сдвиговыми деформациями, как это показано для обрамления Сибирской платформы (Метелкин, 2012). С ними может быть связано сочленение пород различного возраста и происхождения – формирование меланжа (Jian et al., 2010), происшедшее после завершения процессов регионального метаморфизма и, соответственно, не сопровождавшееся структурной переработкой более древних пород.

**Источники финансирования.** Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-05-00297), РНФ (проект № 18-17-00229) и в рамках темы НИР FMNU-2019-0005.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимова И.В., Левицкий И.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Ефремов С.В., Великославинский С.Д., Бараш И.Г., Федосеенко А.М. Возраст фундамента Гарганской глыбы (Восточный Саян): результаты U–Pb геохронологических исследований // Изотопные системы и время геологических процессов (Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии, 2–4 июня 2009 г., Санкт-Петербург), Т. 1. СПб: ИП Каталкина, 2009. С. 34–35.
- Вишневская И.А., Летникова Е.Ф., Школьник С.И., Резницкий Л.З., Летников Ф.А., Прошенкин А.И., Караковский Е.А., Костицын Б.А., Иванов Ал.В. Основные этапы тектоно-магматической активности Тувино-Монгольского микроконтинента в докембрии: данные U–Pb-датирования цирконов // Докл. АН. 2017. Т. 474. № 5. С. 599–604.
- Демонтерова Е.И., Иванов А.В., Резницкий Л.З., Беличенко В.Г., Хунг Ц-Х., С-Л. Чунг, Иизука Йо., Ванг К-Л. История формирования Тувино-Монгольского массива по данным U–Pb-датирования методом LA-ICP-MS детритовых цирконов из песчаника дархатской серии (Западное Прихубсугулье, Северная Монголия) // Докл. АН. 2011. Т. 441. № 3. С. 358–362.
- Ковач В.П., Джен П., Ярмолюк В.В., Козаков И.К., Лю Д., Терентьева Л.Б., Лебедев В.И., Коваленко В.И. Магматизм и геодинамика ранних стадий формирования Палеоазиатского океана: результаты геохронологических и геохимических исследований офиолитов Баянхонгорской зоны // Докл. АН. 2005. Т. 404. № 2. С. 229–234.
- Ковач В.П., Козаков И.К., Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Терентьева Л.Б. Этапы формирования континентальной коры Сонгинского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии: II. Геохимические и Nd изотопные данные // Петрология. 2013. Т. 21. № 3. С. 451–469.
- Ковач В.П., Козаков И.К., Ван К.Л., Плоткина Ю.В., Ли Х.Я., Чун С.Л. Возраст и источники терригенных пород базальной пачки цаганоломской свиты Дзабханского террейна, Центрально-Азиатский складчатый пояс: результаты U–Th–Pb геохронологических, Lu–Hf и Sm–Nd изотопных исследований // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019а. Т. 27. № 5. С. 63–81.
- Ковач П.П., Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Плоткина Ю.В., Wang K.L., Толмачева Е.В., Chung S.-L., Lee H.-Y. Возраст и источники сноса метатерригенных пород Дзабханского и Сонгинского террейнов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Материалы VI Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия “Этапы формирования и развития протерозойской земной коры: стратиграфия, метаморфизм, магматизм, геодинамика”. СПб.: ИГГД РАН, Свое издательство, 2019б. С. 96–97.
- Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Козаков И.К., Ковач В.П., Котов А.Б. Сальникова Е.Б. Sm–Nd изотопные провинции Центральной Азии // Докл. АН. 1996а. Т. 348. № 2. С. 220–222.
- Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Козаков И.К., Сальникова Е.Б. Источники фанерозойских гранитоидов Центральной Азии: Sm–Nd изотопные данные // Геохимия. 1996б. № 8. С. 699–712.
- Козаков И.К., Котов А.Б., Ковач В.П., Сальникова Е.Б. Корообразующие процессы в геологическом развитии Байдарикского блока Центральной Монголии: Sm–Nd изотопные данные // Петрология. 1997. Т. 5. № 3. С. 240–248.
- Козаков И.К., Натман А., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Котов А.Б., Подковыров В.Н., Плоткина Ю.В. Метатерригенные толщи Тувино-Монгольского массива: возраст, источники, тектоническая позиция // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 1. С. 3–25.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М. Вендский метаморфизм в аккреционно-коллизионной структуре Центральной Азии // Докл. АН. 2006. Т. 407. № 1. С. 68–74.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Вонг Т., Диденко А.Н., Плоткина Ю.В., Подковыров В.Н. Кристаллические комплексы нижнего докембрия Дзабханского микроконтинента Центральной Азии: возраст, источники, тектоническая позиция // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2007. Т. 15. № 2. С. 3–24.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Ярмолюк В.В., Анисимова И.В., Козловский А.М., Плоткина Ю.В., Мыскова Т.А., Федосеенко А.М., Яковлева С.З., Сугора-

- кова А.М. Вендский этап в формировании раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16. № 4. С. 14–39.
- Козаков И.К., Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Бибилова Е.В., Кирнозова Т.И., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Фугзан М.М., Эрдэнэжаргал Ч., Лебедев В.И., Энжин Г. Кристаллические комплексы Тарбагатайского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии // Петрология. 2011. Т. 19. № 4. С. 445–464.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Ковач В.П., Азимов П.Я., Анисимова И.В., Лебедев В.И., Энжин Г., Эрдэнэжаргал Ч., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М., Яковлева С.З. Конвергентные границы и связанные с ними магматические и метаморфические комплексы в структуре каледонид Центральной Азии // Геотектоника. 2012. № 1. С. 19–41.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Ковач В.П., Анисимова И.В., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М., Яковлева С.З., Эрдэнэжаргал Ч. Этапы формирования континентальной коры Сонгинского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии: I. Геологические и геохронологические данные // Петрология. 2013. Т. 21. № 3. С. 227–246.
- Козаков И.К., Ковач В.П., Бибилова Е.В., Кирнозова Т.И., Лыхин Д.А., Плоткина Ю.В., Толмачева Е.В., Фугзан М.М., Эрдэнэжаргал Ч. Позднерифейский этап формирования кристаллических комплексов Дзабханского микроконтинента: геологические, геохронологические и Nd изотопно-геохимические данные // Петрология. 2014. Т. 22. № 5. С. 516–545.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Яковлева С.З., Анисимова И.В., Козловский А.М., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М., Эрдэнэжаргал Ч. Основные этапы развития и геодинамическая обстановка формирования Южно-Хангайского метаморфического пояса Центральной Азии // Петрология. 2015. Т. 23 № 4. С. 339–362.
- Козаков И.К., Крёнер А., Ковач В.П. Раннепротерозойский этап в формировании фундамента Дзабханского террейна восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: IX Косыгинские чтения. Материалы Всероссийской конференции. Хабаровск: ИТ и Г ДВО РАН, 2016. С. 35–38.
- Козаков И.К., Крёнер А., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Анисимова И.В. Неопротерозойский этап (~960–930 млн лет) в формировании островодужного комплекса фундамента Дзабханского террейна восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию акад. Ю.М. Пущаровского. М.: ГЕОС, 2017а. С. 181–184.
- Козаков И.К., Кузнецов, А.Б. Эрдэнэжаргал Ч., Сальникова Е.Б., Анисимова И.В., Плоткина Ю.В. Федосеенко А.М. Неопротерозойские комплексы фундамента шельфового чехла Дзабханского террейна восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017б. Т. 25. № 5. С. 3–16.
- Костицын Ю.А., Аносова М.О. U–Pb возраст экзривных пород кальдеры Уксичан в Срединном хребте Камчатки – применение лазерной абляции к датированию молодых цирконов // Геохимия. 2013. № 2. С. 171–179.
- Летникова Е.Ф., Вишневская И.А., Летников Ф.А., Ветрова Н.И., Школьник С.И., Костицын Ю.А., Караковский Е.А., Резницкий Л.З., Каныгина Н.А. Осадочные комплексы чехла Дзабханского микроконтинента: различные бассейны седиментации и источники сноса // Докл. АН. 2016. Т. 470. № 5. С. 570–574.
- Метелкин Д.В. Эволюция структур Центральной Азии и роль сдвиговой тектоники по палеомагнитным данным. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2012. 460 с.
- Резницкий Л.З., Демонтёрова Е.И., Бараш И.Г., Хунг Ц.-Х., Чунг С.-Л. Нижний возрастной предел и источники метатерригенных пород аллохтона Тункинских гольцов (Восточный Саян) // Докл. АН. 2015. Т. 461. № 6. С. 691–695.
- Резницкий Л.З., Ковач В.П., Бараш И.Г., Плоткина Ю.В., Ван К., Чун С.-Л. Возраст и источники терригенных пород Джидинского террейна: результаты U–Th–Pb (LA-ICP-MS) геохронологических исследований детритовых цирконов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 5. С. 3–29.
- Терентьева Л.Б., Козаков И.К., Ярмолюк В.В., Анисимова И.В., Ковач В.П., Козловский А.М., Кудряшова Е.А., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Федосеенко А.М., Плоткина Ю.В. Конвергентные процессы в развитии Баянхонгорской зоны ранних каледонид Центральной Азии (по результатам геологических и геохронологических исследований габброидов Ханулинского массива) // Докл. АН. 2010. Т. 433. № 2. С. 237–243.
- Школьник С.И., Станевич А.М., Резницкий Л.З., Савельева В.Б. Новые данные о строении и временном диапазоне формирования Хамардабанского террейна: свидетельства U–Pb LA-ICP-MS датирования цирконов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 1. С. 23–43.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П. и др. Nd-изотопная систематика коровых магматических протолитов Западного Забайкалья и проблема рифейского корообразования в Центральной Азии // Геотектоника. 1999. № 4. С. 3–20.
- Badarch G., Cunningham W.D., Windley B.F. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for Phanerozoic crustal growth of Central Asia // J. Asian Earth Sci. 2002. V. 21. P. 87–110.
- Bold U., James L. Crowley Ja.L., Smith E.F., Sambuu O., Macdonald F.A. Neoproterozoic to early Paleozoic tectonic evolution of the Zavkhan terrane of Mongolia: implications for continental growth in the Central Asian Orogenic Belt // Lithosphere. 2016. V. 8(6). P. 729–750.
- Buriánek D., Schulmann K., Hrdličková K., Hanžl P., Janoušek V., Gerdes A., Lexa O. Geochemical and geochronological constraints on distinct Early Neoproterozoic and Cambrian accretionary events along southern margin of the Baydrag Continent in western Mongolia // Gondwana Res. 2017. V. 47. P. 200–227.
- Gehrels G. Detrital zircon U–Pb geochronology: current methods and new opportunities // Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances. Eds. Busby C., Azor A. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2012. P. 47–62.

Jian P., Kröner A., Wyndley B.F., Shi Yu., Zhang F., Miao L., Tomurhuu D., Zhang W., Liu D. Zircon age of the Bayankhongor ophiolite melange and associated rocks: time constraints on Neoproterozoic to Cambrian accretionary and collisional orogenesis in Central Mongolia // *Precambrian Res.* 2010. V. 177. P. 162–180.

Kovach V.P., Matukov D.L., Berezhnaya N.G., Kotov A.B., Levitsky V.I., Reznitsky L.Z., Barash I.G., Kozakov I.K., Sergeev S.A. SHRIMP zircon age of the Gargan block tonalites – find early precambrian basement of the Tuvino-Mongolian microcontinent, Central Asia mobile belt // 32th IGC – Florence. Session: “T31.01 – Tectonics of Precambrian mobile belts”. Abstract. 2004.

Kovach V., Salnikova E., Wang K.-L., Jahn B.-M., Chiu H.Y., Reznitskiy L., Kotov A., Izuka Y., Chung S.-L. Zircon ages and Hf isotopic constraints on sources of clastic metasediments of the Slyudyansky high-grade complex, southeastern Siberia: implication for continental growth and evolution of the Central Asian Orogenic Belt // *J. Asian Earth Sci.* 2013. V. 62. P. 18–36.

Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Kozakov I.K., Salnikova E.B., Larin A.M. Isotope provinces, mechanisms of generation and sources of continental crust

in the Central Asian mobile belt: geological and isotopic evidence // *J. Asian Earth Sci.* 2004. V. 23. P. 605–627.

Kröner A., Kovach V.P., Kozakov I.K., Kirnozova T.I., Azimov P.Ya., Wong J., Geng H.Y. Zircon ages and Nd–Hf isotopes in UHT granulites of the Ider Complex: a cratonic terrane within the Central Asian Orogenic Belt in NW Mongolia // *Gondwana Res.* 2015. V. 27. P. 1392–1406.

Kröner A., Kovach V., Kozakov I., Aranovich L., Xie H., Kirnozova T., Fugzan M., Serebryakov N., Wang K.-L., Lee H.-Ya. Granulites and Palaeoproterozoic lower crust of the Baidarik Block, Central Asian Orogenic Belt of NW Mongolia // *J. Asian Earth Sci.* 2017. V. 145. Pt. B. P. 393–407.

Rojas-Agramonte Ya., Kröner A., Alexeiev D., Jeffreys T., Khudoley A.K., Wong J., Hongyan G., Shu L., Semileitkin S.A., Mikolaichuk A.V., Kiselev V.V., Yang J., Seltmann R. Detrital and igneous zircon ages for supracrustal rocks of the Kyrgyz Tianshan and palaeogeographic implications // *Gondwana Res.* 2014. V. 26. P. 957–974.

Van Achterbergh E., Ryan C.G., Griffin W.L. GLITTER: On-line interactive data reduction for the laser ablation ICP-MS microprobe // *Proc. 9th V.M. Goldschmidt Conference.* Cambridge, Massachusetts, 1999. P. 305.

Рецензенты В.П. Ковач, Н.Б. Кузнецов, А.Б. Котов

## Crystal Complexes Formation of the Tatsaingol Block of the Neoproterozoic South Khangai Metamorphic Belt, Central Asian Orogenic Belt

I. K. Kozakov<sup>a, #</sup>, M. O. Anosova<sup>b</sup>, T. I. Kirnozova<sup>b</sup>, and Yu. V. Plotkina<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

<sup>b</sup>*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

#e-mail: ivan-kozakov@yandex.ru

The results of geochronological studies of detritus zircons (LA-ICP-MS) of the Tatsaingol block in the southeastern part of the Neoproterozoic South Khangai metamorphic belt are presented. Two strata are distinguished as a part of Tatsain complex of this block: metaterrigenous rocks and schists (metavulcanites). The manifestation of polymetamorphism processes was established in metaterrigenous rocks. The end of the early metamorphism episode in these rocks is determined by pegmatoid granites with ages of  $561 \pm 12$  and  $562 \pm 2$  Ma and granite dikes with an age of  $571 \pm 9$  Ma; the time of manifestation of the late metamorphism episode is estimated in the range of 550–540 Ma. In metavulcanites of the island arc association, the lower limit of metamorphism is recorded by gabbroids with an age of  $603 \pm 3$  Ma, but an early episode of high pressure metamorphism was not established. The late episode (550–540 Ma) is shown in both strata. The results of studies of detritus zircons of biotite gneiss indicate the predominance of Paleoproterozoic and Neoproterozoic rocks in their sources (1.8–2.1 and 2.4–2.9 Ga, respectively). The rocks of the island arc association of Tatsain complex can be viewed as a fragment Bayan-Khongor ophiolite belt, which became a part of the South Khangai metamorphic belt during accretion-collision process. The metamorphism of the late episode was not shown in the central and north-western parts of the South-Khangai metamorphic belt, which indicates the spatial separation of this part of the belt and the Tatsaingol block in this period.

**Keywords:** Central Asian orogenic belt, South Khangai metamorphic belt, geochronology, detritus zircons, Neoproterozoic, Paleoproterozoic, Archean