

УДК [550.93:552.4+551.24](517.3)

## НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЙ ВОЗРАСТ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА БОГДОИНГОЛЬСКОГО БЛОКА ДЗАБХАНСКОГО ТЕРРЕЙНА, ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС

© 2020 г. И. К. Козаков<sup>1</sup>\*, Т. И. Кирнозова<sup>2</sup>, В. П. Ковач<sup>1</sup>,  
М. М. Фугзан<sup>2</sup>, Ю. В. Плоткина<sup>1</sup>, Ч. Эрдэнэжаргал<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Институт геологии и минеральных ресурсов Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия

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

Поступила в редакцию 09.12.2019 г.

После доработки 20.03.2020 г.

Принята к публикации 15.05.2020 г.

Дзабханский террейн рассматривался как фрагмент древнего кратона в структуре Центрально-Азиатского складчатого пояса, представляющий собой фундамент карбонатных толщ цаганоломской свиты шельфового чехла эдиакария. Предполагалось, что они фиксируют региональное несогласие между образованиями раннего и позднего докембрия. Залегание пород цаганоломской свиты на высокотемпературных метаморфических породах установлено только в Богдоингольском блоке восточной части Дзабханского террейна, где доломиты с несогласием перекрывают мигматизированные гнейсы и прорывающие их гранитоиды, для которых ранее был определен возраст  $717 \pm 5$  млн лет. В гнейсах и мигматитах Богдоингольского блока установлены синметаморфические кварцевые диориты с возрастом циркона  $847 \pm 3$  млн лет (U–Pb, ID-TIMS). В гнейсах значения  $t_{Nd(DM-2st)} = 1.97$  млрд лет, в кварцевых диоритах  $t_{Nd(DM-2st)} = 2.0$  млрд лет.

**Ключевые слова:** стратиграфия, неопротерозой, U–Pb геохронология, циркон, гранитоиды, Центрально-Азиатский складчатый пояс

**DOI:** 10.31857/S0869592X2006006X

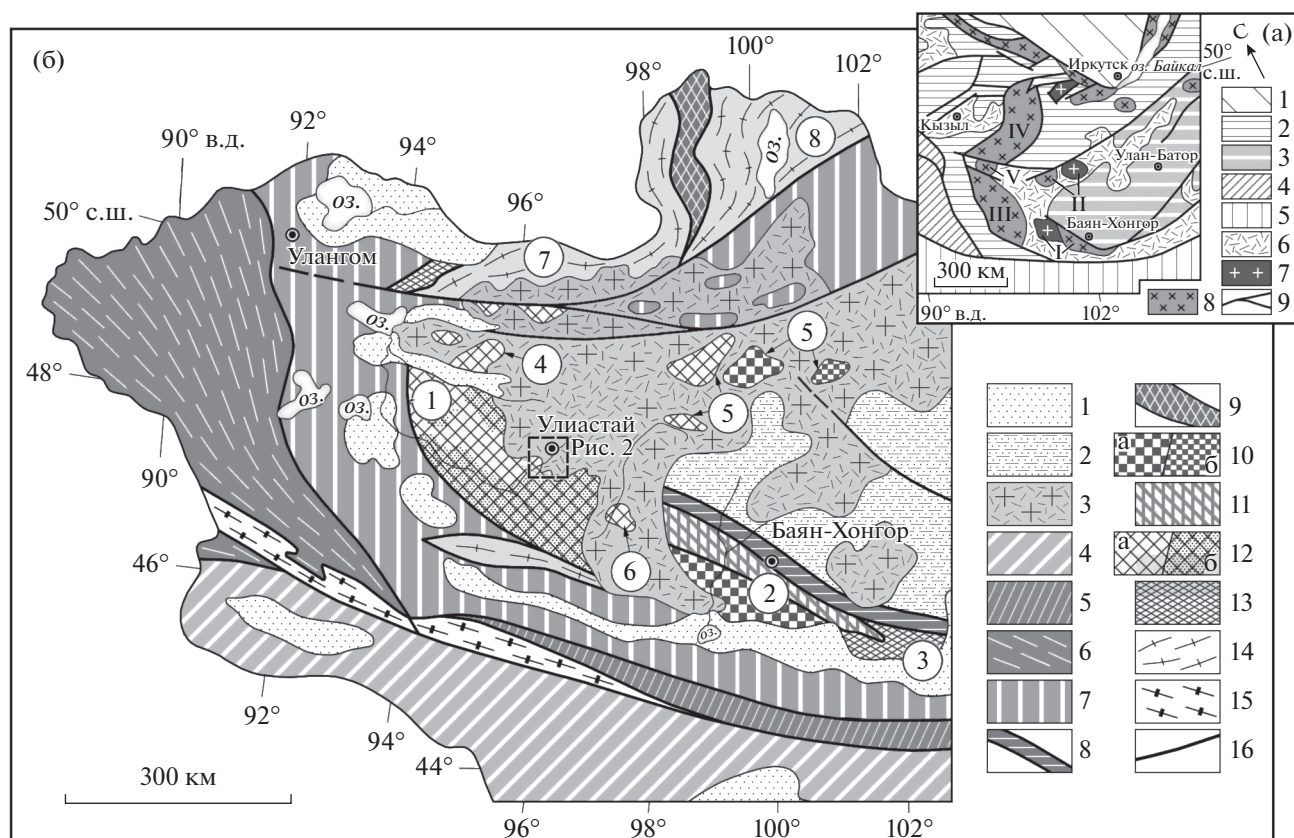
### ВВЕДЕНИЕ

Строение раннепалеозойской складчатой области центрального сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) определяется сочетанием раннепротерозойских и эдиакаро-кембрийских палеоокеанических и островодужных комплексов и блоков с докембрийским фундаментом (Моссаковский и др., 1993; Диденко и др., 1994). Дзабханский блок рассматривался как выступ раннедокембрийского фундамента микроконтинента в составе центрального сегмента ЦАСП, включающий Байдарикский, Тарбагатайский, Сонгинский и Дзабханский блоки (Зайцев, 1990; Моссаковский и др., 1993). Полученные к настоящему времени геологические, геохронологические и Sm–Nd изотопные данные позволяют сделать вывод о том, что Дзабханский и Сонгинский блоки (террейны) представляют собой гетерогенные структуры, сочетающие фрагменты островодужных и окраинно-континентальных ком-

плексов раннего неопротерозоя (Козаков и др., 2013, 2017, 2019б).

В северо-западной части Дзабханского террейна породы высокометаморфизованных комплексов Дзабхан-Мандалской и Ургамалской зон ранее рассматривались как типовые образования раннедокембрийского фундамента микроконтинента (Геологическая..., 1982а, 1982б; Карта..., 1989; Зайцев, 1990). Однако геохронологические и Sm–Nd изотопные данные свидетельствуют об их формировании в позднем докембрии в интервале 1.3–0.86 млрд лет (Козаков и др., 2014).

Залегание карбонатных пород цаганоломской свиты на высокометаморфизованных породах установлено только в Богдоингольском блоке юго-восточной части Дзабханского террейна (рис. 1). Здесь толща доломитов с несогласием залегает на мигматизированных гнейсах и прорывающих их гранитоидах тоналит-трондьемит-гранодиоритового ряда позднего протерозоя (Геологическая..., 1982в). Впоследствии высоко-



**Рис. 1.** Схема геологического положения фрагментов докембрийской континентальной коры в структурах центрального сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (а) и высокометаморфизованных комплексов в структурах Западной Монголии (б). Составлены с использованием материалов (Геологическая..., 1982a, 1982б; Карта..., 1989; Козаков и др., 2015, 2017).

(а): 1 – Сибирская платформа; 2–8 – структуры Центрально-Азиатского складчатого пояса: 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. Римскими цифрами обозначены: I – Байдарикский террейн, II – Тарбагатайский террейн, III – Дзабханский террейн, IV – Тувино-Монгольский террейн, V – Сонгинский террейн.

(б): 1 – четвертичные отложения; 2 – турбидитные отложения девона–карбона; 3 – нерасчлененные вулканоплутонические комплексы палеозоя–раннего мезозоя; 4 – палеоокеанические и островодужные комплексы герцинид Южно-Алтайской зоны; 5 – отложения континентального склона и пассивной окраины; 6 – поздние каледониды Монголо-Алтайской зоны; 7 – палеоокеанические и островодужные комплексы эдиакария–кембрия Озерной зоны; 8 – поздненеопротерозойские офиолиты Байанхонгорской зоны; 9 – ранненеопротерозойские палеоокеанические и островодужные комплексы; 10–15 – блоки кристаллических пород: 10 – раннего докембрия (а – установленные, б – предполагаемые), 11 – нерасчлененные шельфовые и вулканические толщи Байанхонгорской зоны и метаморфические породы Южно-Хангайского метаморфического пояса (поздний неопротерозой); 12 – комплексы раннего неопротерозоя (а – обнаженные, б – предполагаемые под чехлом); 13 – метаморфические комплексы позднего неопротерозоя; 14 – метаморфические комплексы раннего палеозоя; 15 – метаморфические комплексы позднего палеозоя; 16 – тектонические границы, разломы.

Цифры в кружках: 1 – Дзабханский террейн; 2, 3 – блоки Байдарикского террейна: 2 – раннедокембрийский Байдарикский блок, 3 – поздненеопротерозойский Тацаингольский блок; 4 – Сонгинский террейн; 5 – Тарбагатайский террейн; 6 – Отгонский террейн; 7 – Тувино-Монгольский массив; 8 – Хамардабанский террейн.

метаморфизованные породы и гранитоиды были включены в состав раннедокембрийского фундамента Дзабханского микроконтинента (Карта..., 1989) или “Дзабханского кратонного террейна”, объединены с образованиями фундамента Байдарикского террейна и рассматривались в единой структуре (Badarch et al., 2002).

В статье приведены первые данные о возрасте цирконов (U–Pb метод, ID-TIMS) из синметаморфических кварцевых диоритов гнейсо-мигматитового фундамента Богдоингольского блока, непосредственно перекрытого толщей доломитов цаганоломской свиты шельфового чехла. На основании полученных и опубликованных Sm–Nd

изотопных и геохронологических данных для детритовых цирконов (Козаков и др., 2019а) обсуждаются вопросы корреляции кристаллических комплексов фундамента Байдарикского и Дзабханского террейнов и возможности рассмотрения их как микроконтинентов в структурах центрального сегмента ЦАСП.

### СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ БОГДОИНГОЛЬСКОГО БЛОКА

Непосредственное залегание карбонатных пород цаганоломской свиты на высокометаморфизованных породах и прорывающих их гранитоидах установлено только в Богдоингольском блоке юго-восточной части Дзабханского террейна (рис. 2), расположенном в поле позднепалеозойских гранитоидов Хангайского батолита (Ярмолюк и др., 2016, 2019).

Мигматизированные биотитовые и биотит-роговообманковые плагиогнейсы Богдоингольского блока прорваны постметаморфическими гранитами с возрастом  $717 \pm 5$  млн лет<sup>1</sup> (Козаков и др., 2015). Последние перекрыты полого залегающей толщей доломитов цаганоломской свиты. Контакт прослеживается на ~4 км, и на всем протяжении сохраняется его субгоризонтальное залегание (рис. 2). Между гнейсами и доломитами наблюдается отчетливое структурное и метаморфическое несогласие — толща неметаморфизованных доломитов залегает на субвертикально залегающих мигматизированных гнейсах. Метаморфизм последних происходил в условиях высокотемпературной амфиболитовой фации.

В мигматитах выявлены согласные тела гнейсовидных биотитовых кварцевых диоритов, в которых сланцеватость по биотиту имеет такую же субмеридиональную ориентировку, как и гнейсовидность вмещающих пород. По своему структурному положению кварцевые диориты являются синметаморфическими интрузивными образованиями. Их внедрение происходило после или одновременно с образованием мигматитовой полосчатости и предшествовало формированию субвертикальных структур и соответствующей кристаллизационной сланцеватости. Из этих кварцевых диоритов взята проба для геохронологических исследований. Они имеют следующий состав (мас. %): SiO<sub>2</sub> 61.99, TiO<sub>2</sub> 0.54, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17.39, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.07, MnO 0.07, MgO 2.14, CaO 4.08, Na<sub>2</sub>O 4.75, K<sub>2</sub>O 1.53, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.14, п.п.п. 1.97, сумма 97.70.

<sup>1</sup> Приводимые далее в тексте возрастные значения определены U–Pb методом по циркону (ID-TIMS); возрастные данные, полученные другими методами, оговариваются в тексте.

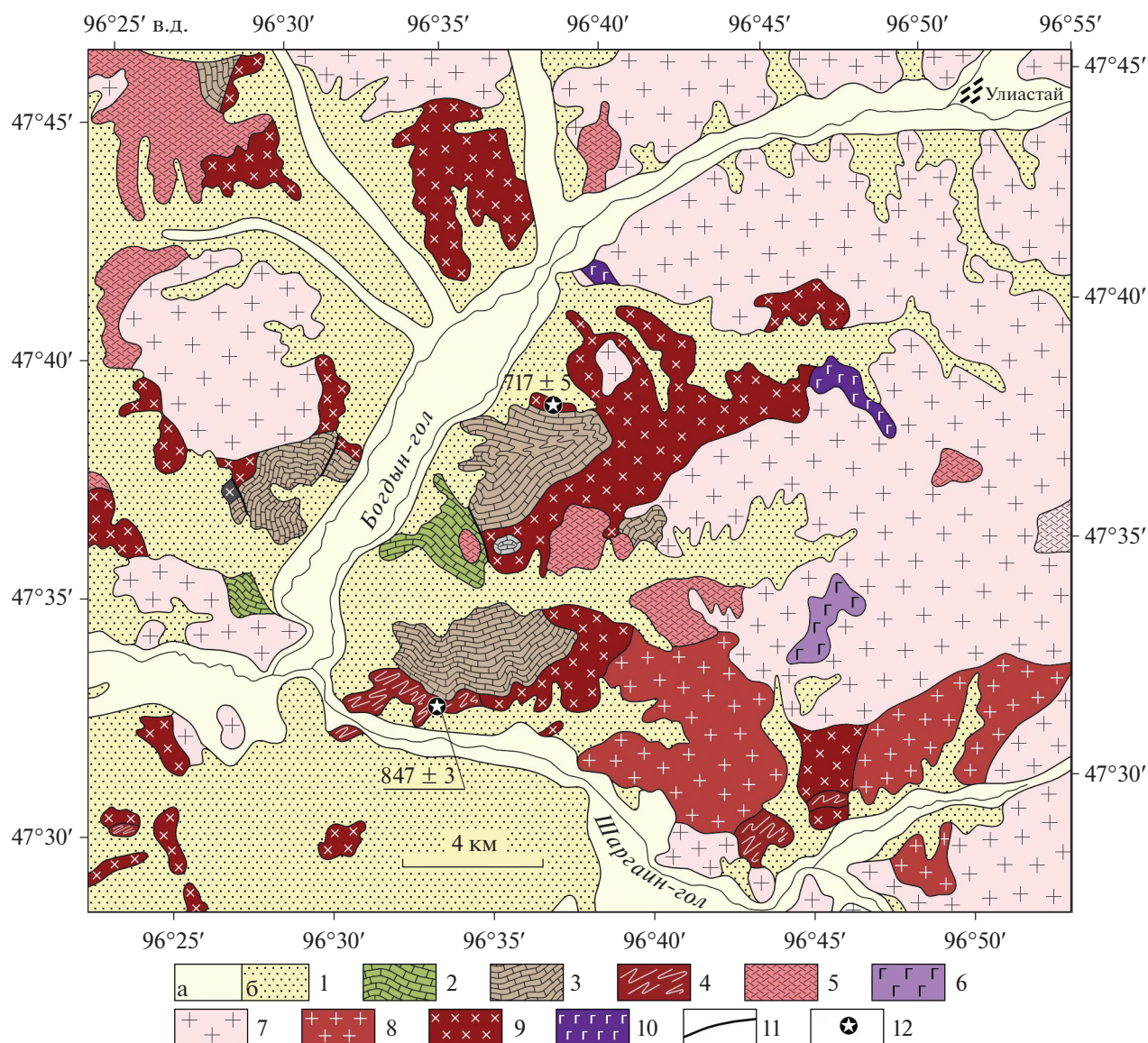
В зоне контакта толщи доломитов чехла и мигматитов фундамента в правом борту долины р. Шаргаин-гол устанавливается следующая последовательность пород (рис. 3). В основании разреза представлены выходы субвертикально ориентированных полосчатых и теневых мигматитов (рис. 4а) с согласными телами гнейсовидных кварцевых диоритов и диоритов (рис. 4б), которые сменяются конгломератами с гальками и валунами мигматитов. Выше по разрезу представлены гравелиты, песчаники и аргиллиты. В основании толщи доломитов субгоризонтально залегает пачка песчаников мощностью около 1.5–2.0 м. Выше по разрезу идет толща темно-серых доломитов цаганоломской свиты (рис. 4в), которые сменяются белыми доломитами. Следует отметить, что в основании разреза цаганоломской свиты Богдоингольского блока отсутствуют тиллиты (майханулская пачка), которые известны в строении хребта Хасагт-Хайрхан и примыкающего бассейна р. Дзабхан-гол (Овчинникова и др., 2012).

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

U–Pb (ID-TIMS) геохронологические исследования выполнены в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва. Отобранные монофракции циркона подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в соляной и азотной кислотах. Химическое разложение циркона и выделение U и Pb выполняли по модифицированной методике Т.Е. Кроу (Krogh, 1973). Для изотопных исследований использовался изотопный индикатор <sup>208</sup>Pb–<sup>235</sup>U. Точность определения U–Pb отношений и содержаний U и Pb составила  $\pm 0.5\%$ . Холостое загрязнение не превышало 0.1 нг Pb и 0.05 нг U. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ PbDAT (Ludwig, 1991) и ISOPLOT (Ludwig, 2003). При расчете возрастов использованы общепринятые значения констант распада урана (Steiger, Jager, 1976). Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами (Stacey, Kramers, 1975). Все ошибки приведены на уровне 2σ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Циркон из пробы 8134 биотитовых кварцевых диоритов представлен идиоморфными и субидиоморфными кристаллами призматического и длиннопризматического габитуса размером от 100 до 200 мкм ( $K_{удл} = 4.0–6.0$ ). Ограничение определяется различными комбинациями призм {100}, {110} и дипирамид {101}, {111}. В режиме ка-



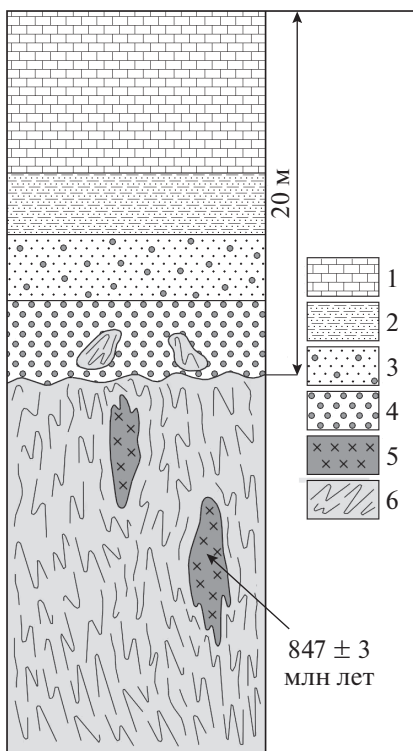
**Рис. 2.** Схема геологического строения Богдоингольского блока. Составлена на основе (Геологическая..., 1982в; Козаков и др., 2015).

1 – четвертичные отложения (а – межгорных впадин, б – речных долин); 2 – известняки, карбонатные сланцы, алевролиты баянгольской свиты (нижний кембрий); 3 – доломиты цаганоломской свиты эдиакария; 4 – биотитовые и биотит-амфиболовые плагиогнейсы и мигматиты (ранний неопротерозой); 5–7 – позднепалеозойские магматические породы: 5 – нерасчлененные кислые вулканы, 6 – диориты, габбро; 7 – граниты, гранодиориты, граносиениты; 8–10 – неопротерозойские магматические породы: 8 – гранодиориты, граниты, 9 – тоналиты, трондьемиты, гранодиориты, 10 – габбро-амфиболиты; 11 – разломы; 12 – места отбора геохронологических проб.

тодолюминесценции видно, что циркон имеет тонкую зональность и секториальность (рис. 5).

Для U–Pb изотопных исследований были использованы три навески наиболее “чистых” зерен циркона из размерных фракций +100, +75 и –75 мкм (№ 1–3, табл. 1). Точки изотопного состава циркона располагаются на дискордии, верхнее пересечение которой с конкордией отве-

чает возрасту  $847 \pm 3$  млн лет, а нижнее соответствует  $-20 \pm 74$  млн лет (СКВО = 1.6) (рис. 6). Особенности строения циркона указывают на его кристаллизацию из расплава. Полученное значение возраста  $847 \pm 3$  млн лет можно рассматривать как время образования данных гранитоидов и, соответственно, проявления регионального метаморфизма и складчатости в породах фунда-



**Рис. 3.** Принципиальная стратиграфическая схема, иллюстрирующая характер соотношения комплексов фундамента и чехла Богдоингольского блока Дзабханского террейна.

1–4 – криогений-эдиакарий-кембрийская цаганоломская свита чехла: 1 – доломиты; 2 – песчаники базальной пачки; 3 – песчаники и гравелиты; 4 – гравелиты с глыбами мигматитов; 5, 6 – раннепротерозойские гнейсо-мигматитовые образования фундамента: 5 – синметаморфические гнейсовидные кварцевые диориты ( $847 \pm 3$  лет млн); 6 – мигматизированные биотитовые и роговообманковые гнейсы и амфиболиты.

мента Богдоингольского блока Дзабханского террейна.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные геохронологические и опубликованные ранее (Козаков и др., 2014, 2019а, 2019б) Sm–Nd изотопные данные позволяют рассматривать кристаллические образования фундамента Богдоингольского блока как позднекембрийские, переработанные около 850 млн лет назад в условиях регионального метаморфизма амфиболитовой фации. При этом, в отличие от кристаллических образований Дзабхан-Мандалской зоны северной части Дзабханского террейна, в них не фиксируются проявления процессов полиметаморфизма. Для пород Дзабхан-Мандалской зоны получены значения Nd-модельных возрастов  $t_{Nd(DM)} = 1.4–1.2$  млрд лет, тогда как гнейсы и синметаморфические кварцевые диориты



**Рис. 4.** Структурные соотношения пород кристаллического фундамента и чехла Богдоингольского блока (фотографии обнажений).

(а) – мигматизированные гнейсы и амфиболиты фундамента; (б) – контакт мигматизированных гнейсов и кварцевых диоритов; (в) – толща карбонатных пород цаганоломской свиты, полого залегающая на мигматитах фундамента.

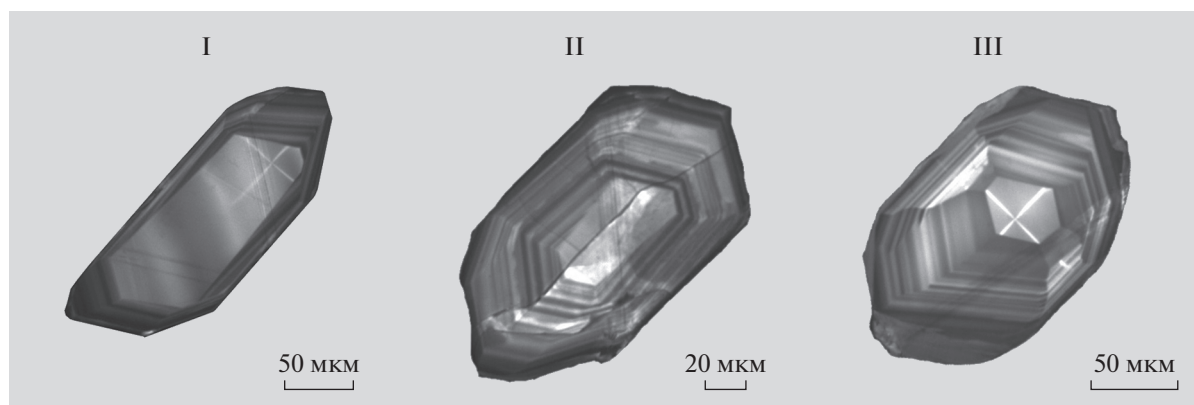


Рис. 5. Микрофотографии кристаллов циркона из пробы 8134 гнейсовидных биотитовых кварцевых диоритов, выполненные на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 в режиме катодолуминесценции.

ты фундамента Богдоингольского блока имеют значения  $t_{Nd(DM)} = 2.0\text{--}1.8$  млрд лет (Козаков и др., 2014, 2019а). Эти данные свидетельствуют о более значимом вкладе раннедокембрийских коровых источников в процессы формирования гранитоидов и протолитов гнейсов Богдоингольского блока по сравнению с породами Дзабхан-Мандалской зоны. В целом по Sm–Nd изотопным и геохимическим характеристикам породные ассоциации Дзабханского террейна имеют смешанную – ювенильную и коровую – природу источников (Ковач и др., 2013).

U–Th–Pb LA-ICP-MS геохронологические исследования детритовых цирконов из песчаника базальной пачки основания цаганоломской свиты Богдоингольского блока свидетельствуют о

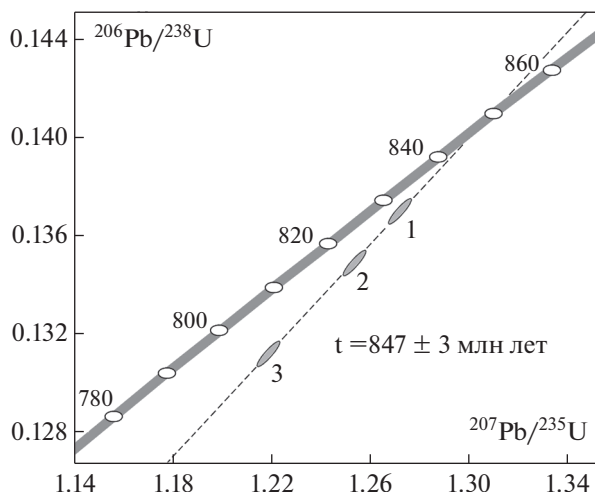
том, что источниками их сноса являлись породы неопротерозойского (около 0.73, 0.85 и 0.95 млрд лет) и палеопротерозойского (1830–2344 млн лет) возраста (Ковач и др., 2019; Козаков и др., 2019а). Таким образом, нижняя возрастная граница накопления песчаников базальной пачки основания цаганоломской свиты Богдоингольского блока составляет около 0.73 млрд лет, а верхняя определяется временем накопления карбонатных отложений цаганоломской свиты  $659 \pm 4$  млн лет (Rooney et al., 2015).

Дзабханский и Байдарикский террейны разделены полем позднепалеозойских вулканитов и гранитоидов Хангайского батолита, среди которых расположен Отгонский блок (рис. 1). Слагающие его высокометаморфизованные породы имеют

Таблица 1. Результаты U–Pb изотопных исследований циркона из гнейсовидных биотитовых кварцевых диоритов (проба 8134, координаты: 47.5415248° с.ш., 96.562706° в.д.)

№ п/п	Размерная фракция, мкм	Навеска, мг	Содержания, мкг/г		Изотопные отношения <sup>а</sup>					Rho	Возраст, млн лет		
			Pb	U	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
1	+100	2.3	29.0	214	4283	$14.165 \pm 1$	$12.547 \pm 1$	$1.2712 \pm 24$	$0.1370 \pm 2$	0.96	$828 \pm 4$	$833 \pm 3$	$847 \pm 1$
2	+75	2.3	26.6	193	1629	$13.096 \pm 1$	$9.815 \pm 1$	$1.2530 \pm 24$	$0.1349 \pm 3$	0.95	$816 \pm 4$	$827 \pm 3$	$857 \pm 1$
3	–75	1.2	25.4	197	8815	$14.514 \pm 1$	$12.926 \pm 1$	$1.2181 \pm 23$	$0.1312 \pm 3$	0.96	$795 \pm 3$	$809 \pm 2$	$848 \pm 1$

Примечание. <sup>а</sup> – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам.



**Рис. 6.** Диаграмма с конкордией для циркона из пробы 8134 биотитовых кварцевых диоритов. Номера точек соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

Nd-модельный возраст  $t_{Nd(DM)} = 1.2$  млрд лет (Козаков и др., 2014, 2015). Они фактически фиксируют распространение выходов неопротерозойского фундамента восточной части Дзабханского террейна (рис. 1). Анортозиты Олонхудукского массива с возрастом  $1773 \pm 5$  млн лет в северо-западной части Байдарикского террейна (Козаков и др., 2020) и неопротерозойские кристаллические породы Отгонского блока определяют приблизительное положение границы, разделяющей блоки раннего и позднего докембрия центральной части ЦАСП. Следует подчеркнуть, что в раннедокембрийских блоках южного обрамления Сибирской платформы (рис. 1) неопротерозойские структурно-метаморфические преобразования не проявлены. Это дает основание считать, что в период развития неопротерозойских процессов конвергенции рассматриваемые образования раннего и позднего докембрия были пространственно разобщены (Козаков и др., 2019б). Их положение в современной структуре в большинстве случаев обусловлено более поздними сдвиговыми деформациями, которые широко проявлены в обрамлении Сибирской платформы ЦАСП (Метелкин, 2012).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокометаморфизованные породы фундамента Богдоингольского блока отличаются от метаморфических пород Сонгинского террейна, Дзабхан-Мандалской и Ургамалской зон Дзабханского террейна, в которых проявлен региональный метаморфизм на рубеже около 800 млн лет. Более ранний метаморфизм в Дзабхан-Мандалской зоне происходил около  $860 \pm 3$  млн лет

назад, а его завершение фиксируют граниты с возрастом  $856 \pm 2$  млн лет (Козаков и др., 2014).

Высокометаморфизованные породы только Богдоингольского блока выступают в качестве комплекса основания цаганоломской свиты шельфового чехла. Отнесение кристаллических пород Дзабхан-Мандалской и Ургамалской зон к его фундаменту является достаточно условным.

Карбонатные породы цаганоломской свиты залегают как на мигматизированных гнейсах с возрастом метаморфизма около  $847 \pm 3$  млн лет и неопротерозойских ( $717 \pm 5$  млн лет) гранитоидах фундамента Богдоингольского блока, так и на неметаморфизованных породах терригенной толщи и прорывающих их гранитоидах с возрастом  $862 \pm 3$  млн лет Эрдэнэ-Хаирханского блока северо-восточной части Дзабханского террейна (Козаков и др., 2017). Полученные оценки возраста показывают, что ко времени накопления пород цаганоломской свиты эти блоки, скорее всего, уже были объединены или пространственно сближены.

Установленное по Sr-изотопным данным различие времени формирования карбонатного чехла на относительно небольшой по площади территории (Козаков и др., 2017) косвенно указывает на значительную расчлененность рельефа Дзабханского террейна в позднем докембрии и позволяет предполагать, что композитный фундамент Дзабханского террейна был образован в конце неопротерозоя, когда его поверхность еще не была пенепленизирована.

**Источники финансирования.** U–Pb геохронологические исследования выполнены при поддержке РНФ (проект № 18-17-00229), полевые исследования выполнены в рамках темы НИР № 0153-2019-0005.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геологическая карта Монгольской Народной Республики. Масштаб 1 : 200000, М-46-XXXV. М.: Всесоюзное экспортно-импортное объединение “Техноэкспорт”, 1982а.

Геологическая карта Монгольской Народной Республики. Масштаб 1 : 200000, М-46-XXXVI. М.: Всесоюзное экспортно-импортное объединение “Техноэкспорт”, 1982б.

Геологическая карта Монгольской Народной Республики. Масштаб 1 : 200000, L-47-I. М.: Министерство геологии СССР, Зарубежгеология, 1982в.

Диденко А.Н., Моссаковский А.А., Печерский Д.М. и др. Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 59–75.

- Зайцев Н.С.* Тектоника Монголии // Эволюция геологических процессов и металлогения Монголии. М.: Наука, 1990. С. 15–22.
- Карта геологических формаций Монгольской Народной Республики. Масштаб 1 : 1500000. Ред. Яншин А.Л. М.: ГУГК СССР, 1989.
- Ковач В.П., Козаков И.К., Ярмолюк В.В. и др.* Этапы формирования континентальной коры Сонгинского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии: П. Геохимические и Nd-изотопные данные // Петрология. 2013. Т. 21. № 3. С. 451–469.
- Ковач П.П., Козаков И.К., Сальникова Е.Б. и др.* 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.: Свое издательство, 2019. С. 96–97.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В. и др.* 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., Бибикова Е.В. и др.* 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., Кирилова Т.И., Ковач В.П. и др.* Позднерифейский возраст кристаллического фундамента карбонатного чехла Дзабханского микроконтинента // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 3. С. 3–12.
- Козаков И.К., Кузнецов А.Б., Эрдэнэжаргал Ч. и др.* Неопротерозойские комплексы фундамента шельфового чехла Дзабханского террейна восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017. Т. 25. № 5. С. 3–16.
- Козаков И.К., Ковач В.П., Кирилова Т.И., Фугзан М.М.* Неопротерозойский возраст фундамента Богдоингольского блока Дзабханского террейна раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии // Материалы VI Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия “Этапы формирования и развития протерозойской земной коры: стратиграфия, метаморфизм, магматизм, геодинамика”. СПб.: Свое издательство, 2019а. С. 101–102.
- Козаков И.К., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Диденко А.Н.* Неопротерозойский этап корообразования в формировании раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии // Материалы VI Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия “Этапы формирования и развития протерозойской земной коры: стратиграфия, метаморфизм, магматизм, геодинамика”. СПб.: Свое издательство, 2019б. С. 98–100.
- Козаков И.К., Анисимова И.В., Сальникова Е.Б. и др.* Анортозиты Олонхдукского массива Байдарикского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса: геологическое положение, возраст // Петрология. 2020. Т. 28. № 2. С. 1–11.
- Метелкин Д.В.* Эволюция структур Центральной Азии и роль сдвиговой тектоники по палеомагнитным данным. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2012. 460 с.
- Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н.* Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника. 1993. № 6. С. 3–33.
- Овчинникова Г.В., Кузнецов А.Б., Васильева И.М. и др.* U–Pb возраст и Sr-изотопная характеристика надтиллитовых известняков неопротерозойской цаганоломской свиты, бассейн р. Дзабхан, Западная Монголия // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 6. С. 28–40.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Саватенков В.М. и др.* Состав, источники и геодинамическая природа гигантских батолитов Центральной Азии: по данным геохимических и Nd исследований гранитоидов Хангайского зонального магматического ареала // Петрология. 2016. Т. 24. № 5. С. 468–498.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Травин А.В. и др.* Длительность формирования и геодинамическая природа гигантских батолитов Центральной Азии: данные геологических и геохронологических исследований Хангайского батолита // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. Т. 27. № 1. С. 70–102.
- 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.
- Krogh T.E.* A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // Geochim. Cosmochim. Acta. 1973. V. 37. P. 485–494.
- Ludwig K.R.* PbDat for MS-DOS, version 1.21 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 88-542. 1991. 35 p.
- Ludwig K.R.* Isoplot 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochronology Center Spec. Publ. 2003. V. 4.
- Rooney A.D., Strauss J.V., Brandon A.D., Macdonald F.A.* Cryogenian chronology: two long-lasting synchronous Neoproterozoic glaciations // Geology. 2015. V. 43. P. 459–462.
- Stacey J.S., Kramers I.D.* Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // Earth Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. P. 207–221.
- Steiger R.H., Jager E.* Subcommission of Geochronology: convention of the use of decay constants in geo- and cosmochronology // Earth Planet. Sci. Lett. 1976. V. 36. P. 359–362.

*Рецензенты А.Б. Котов, Н.Б. Кузнецов*



## The Neoproterozoic Age of the Crystalline Basement of Bogdoingol Block of the Dzabkhan Terrane, the Central Asian Orogenic Belt

I. K. Kozakov<sup>a, #</sup>, T. I. Kirnozova<sup>b</sup>, V. P. Kovach<sup>a</sup>, M. M. Fuzgan<sup>b</sup>, Yu. V. Plotkina<sup>a</sup>, and Ch. Erdenejargal<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Geology and Geochronology of the Precambrian Research of the RAS, St. Petersburg, Russia*

<sup>b</sup>*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the RAS, Moscow, Russia*

<sup>c</sup>*Institute of Paleontology and Geology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia*

<sup>#</sup>*e-mail: ivan-kozakov@yandex.ru*

The Dzabkhan terrane was considered as a fragment of an ancient craton in the structure of the Central Asian orogenic belt, which is the basement of the carbonate strata of the Tsaganolom Formation of the Ediacaran shelf cover. They were supposed to record regional unconformity between Early and Late Precambrian formations. The occurrence of the Tsaganolom Formation on the high-temperature metamorphic rocks is determined only in Bogdoingol block of the eastern Dzabkhan terrane, where the dolomites with disconformity overlap migmatized gneisses and granitoids intruding them; the latter were previously dated at  $717 \pm 5$  Ma. Synmetamorphic quartz diorites with a zircon age of  $847 \pm 3$  Ma (U–Pb, ID-TIMS) were found in gneisses and migmatites of the Bogdoingol block. The values of  $t_{Nd(DM-2st)}$  are equal to 1.97 Ga in gneiss and 2.0 Ga in quartz diorites.

*Keywords:* stratigraphy, Neoproterozoic, U–Pb geochronology, zircon, granitoids, Central Asian orogenic belt