

УДК 552.32:550.93:550.42

## ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРМСКИХ ГРАНИТОИДАХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ (КОНИ-ТАЙГОНОССКАЯ ДУГА)

© 2022 г. Член-корреспондент РАН В. В. Акинин<sup>1,\*</sup>, Г. О. Ползуненков<sup>1</sup>

Поступило 13.04.2022 г.  
После доработки 05.05.2022 г.  
Принято к публикации 06.05.2022 г.

На Северо-Востоке Азии впервые выявлены интрузии пермских монцонитов и гранитоидов, которые обнажаются в Кони-Тайгоносской дуге, слагающей фундамент Удско-Мургальской магматической дуги. На п-ве Тайгонос небольшой Айчанский массив монцонитоидов раннепермского возраста (от 297 до  $290 \pm 2$  млн лет по циркону, SHRIMP-II) прорывает пермские осадочные отложения, а на п-ве Кони-Пьягина две интрузии лейкократовых гранитов и гранит-порфиров с возрастом 275 и  $257 \pm 2$  млн лет (циркон, LA-ICP-MS) вскрыты в блоках фундамента и прорываются ранне-меловыми гранитоидами. Первичные изотопные отношения Sr и Nd в пермских гранитоидах демонстрируют близкие к мантийным характеристики ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.07030\text{--}0.07038$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.51245\text{--}0.51270$ ,  $\epsilon\text{Nd} = \text{от } +2 \text{ до } +7.7$ ), а по геохимическим особенностям исследованные породы относятся к I типу глиноземистых гранитов вулканических дуг шошонитовой и высоко-К известково-щелочной серии. Обнаруженные пермские гранитоиды сопоставляются с таковыми, обнаженными в Японии (пояс Маизуру) и Приморье (Гродековский батолит в массиве Ханка) и отражают, по-видимому, начало наиболее древних субдукционных процессов на континентальной окраине Палеоокеана.

**Ключевые слова:** гранитоиды, пермь, геохимия, U–Pb-датирование, циркон, Северо-Восток России, Удско-Мургальская дуга

**DOI:** 10.31857/S2686739722080035

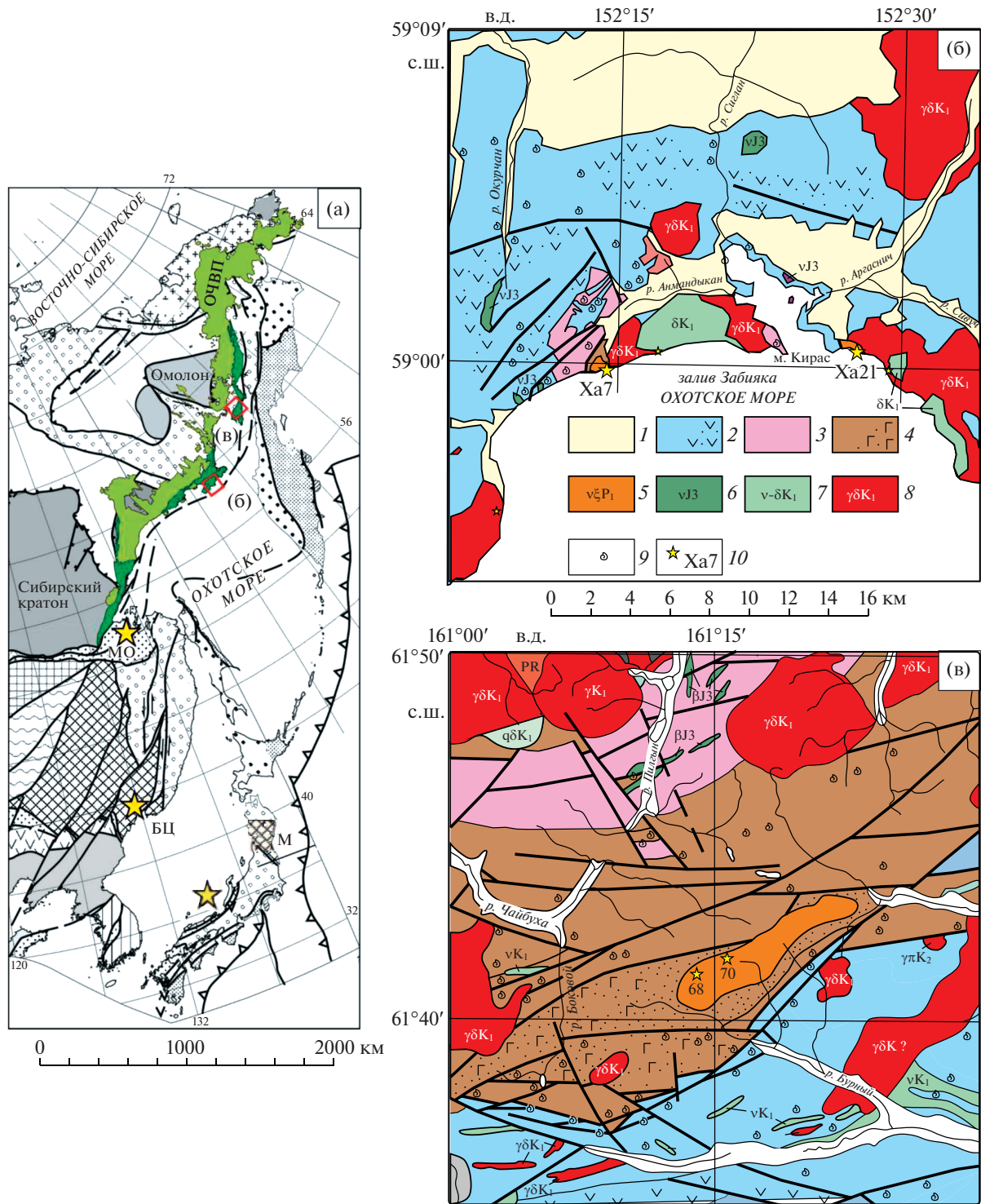
На континентальной окраине Дальнего Востока Азии известно небольшое количество выходов пермских гранитоидов (рис. 1 а), одно из них – в Буреинско-Цзямусинском орогенном поясе Приморья, в составе сложного палеозойского Гродековского батолита [2, 3], другое – в поясе Маизуру, в юго-западной Японии [4], и третье – в восточной части Монголо-Охотского орогена (Селемджинский и Токурский террейны, [5]). Главным образом это надсубдукционные известково-щелочные гранитоиды нормального I типа, низко- и умереннокалиевые, с положительными значениями  $\epsilon\text{Nd}$  (устное сообщение Н.Н. Крука). На крайнем Северо-Востоке Азии гранитов такого возраста до последнего времени известно не было. В процессе наших полевых работ 2016–2018 гг. интрузии пермских гранитоидов были обнаружены на п-ве Тайгонос и п-ве Кони-Пьягина, в фундаменте Удско-Мургальской магматической дуги.

Кони-Тайгоносский сегмент этой дуги рассматривался как фрагмент энсиматической островной дуги [1] и окраинно-континентальной дуги [6]. Значение нашей находки состоит в том, что позволяет расширить знания о проявлениях позднепалеозойского магматизма на континентальной окраине Востока Азии, предположить существование протяженной пермской магматической дуги. В настоящем сообщении мы приводим первые данные о возрасте и составе таких пермских интрузий.

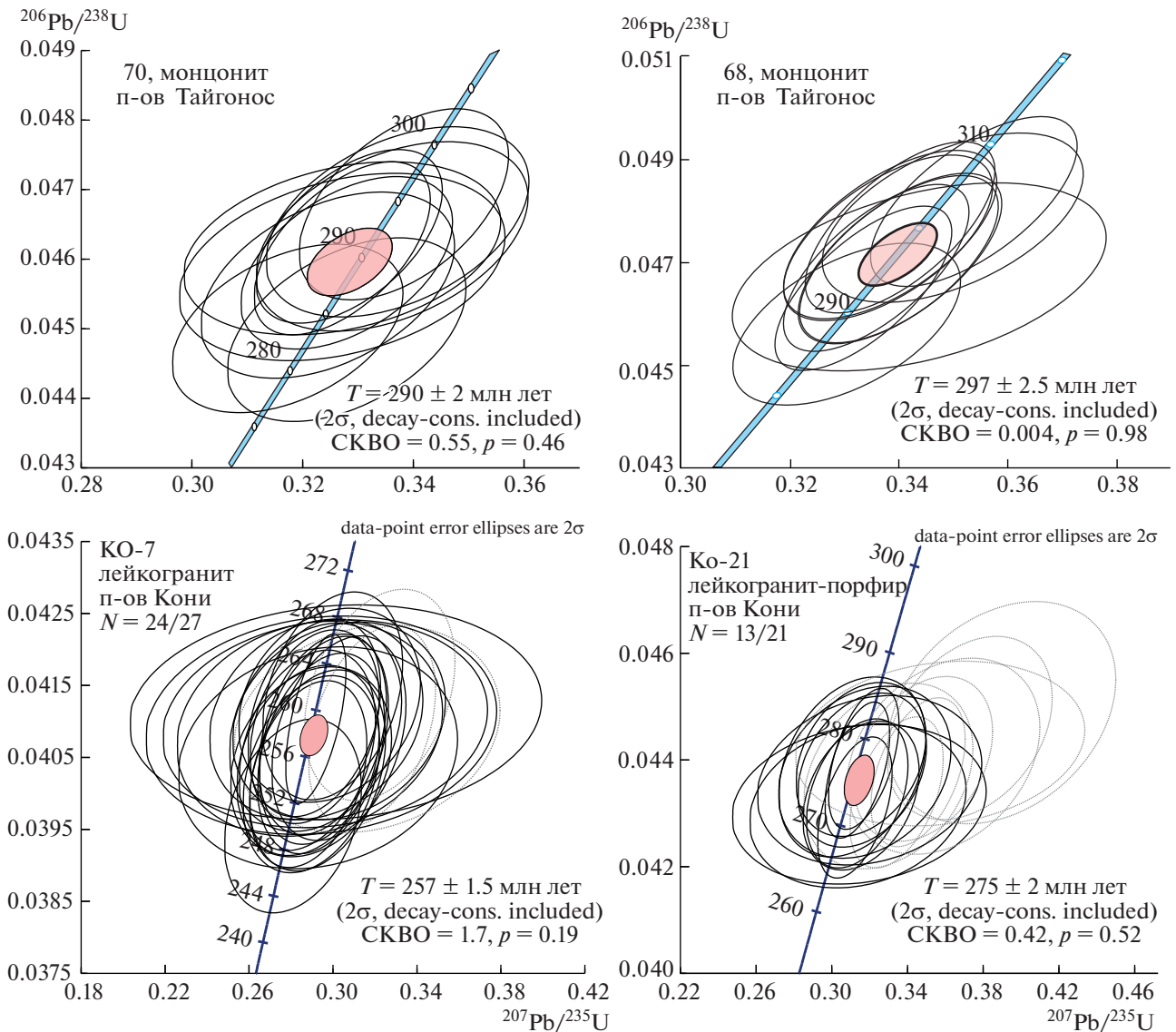
В центральной части п-ва Тайгонос, в истоках рр. Бол. Чайбуха и Кыччаяя, на площади 11.7 км<sup>2</sup> обнажается интрузия Айчан, которая сложена серыми и темно-серыми среднезернистыми амфибол-биотитовыми монцонитами и монцогаббродиоритами. На геологической карте первого поколения масштаба 1:200 000 интрузия показана как раннемеловая, прорывающая и метаморфизирующая юрские и триасовые осадки [7]. В результате более поздних геолого-съёмочных работ 1994 г. [8] эти толщи были отнесены по возрасту к пермским и триасовым, однако в непосредственном окружении Айчанского массива находки фауны не известны (рис. 1в).

<sup>1</sup> Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

\* E-mail: akinin@neisri.ru



**Рис. 1.** Распространение пермских гранитоидов на Дальнем Востоке РФ. (а) – Схема орогенных поясов востока Азии (по Л.М. Парфенову и др. [1], с изменениями). Звездами показаны места проявлений пермских гранитоидов в Монголо-Охотском орогене (МО), Буреинско-Цзямусинском орогенном поясе (БЦ) и поясе Маизуру (М) по [2, 4, 5]. Темно-серым фоном показаны кратонные блоки, светло-зеленым – Охотско-Чукотский, темно-зеленым – Удско-Мургальский окраинно-континентальные вулканоплутонические пояса. Красным квадратом – расположение геологических карт (б) и (в). (б, в) – Геологические карты участков распространения пермских гранитоидов на п-ве Кони (б) и п-ве Тайгонос (в). При составлении использованы материалы из работ [8, 9]. 1 – неоген-четвертичные образования, 2 – юрские осадочные и вулканогенные образования, 3 – триасовые осадочные и вулканогенно-осадочные образования, 4 – пермские осадочные и вулканогенные образования, 5 – интрузии пермских монцитов и гранитоидов, 6 – интрузии верхнеюрских габброидов и базальтов, 7 – интрузии раннемеловых диоритов и габбро, 8 – интрузии раннемеловых гранитоидов, 9 – местонахождения фауны, 10 – месторасположение датированных образцов пермских гранитоидов.



**Рис. 2.** Результаты изотопного U–Pb-датирования циркона из пермских монцонитов и гранитоидов Северо-Востока Азии на диаграммах с конкордией. Эллипсы – погрешности изотопных отношений индивидуальных измерений, 2-сигма. Точечным пунктиром показаны анализы, исключенные из расчета средневзвешенного.

Наши U–Pb SHRIMP-датировки (ЦИИ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург) циркона из двух образцов монцонитов массива Айчан показали раннепермский возраст  $290 \pm 2$  млн лет и  $297 \pm 3$  млн лет (рис. 2, обр. 68, координаты:  $161^{\circ}21.84$  в.д.,  $61^{\circ}69.07$  с.ш.; обр. 70, координаты:  $161^{\circ}22.22$  в.д.,  $61^{\circ}69.21$  с.ш.), при этом унаследованных древних ядер обнаружено не было. Полевые наблюдения показали, что монцониты метаморфизуют вмещающие алевролиты и песчаники и поэтому возраст последних определенно древнее раннепермского, возможно каменноугольный (рис. 1 в).

По химическому составу породы относятся к I типу гранитоидов вулканических дуг шошони-товой серии ( $\text{SiO}_2$  от 58.7 до 59.1 мас. %;  $\text{Na}_2\text{O} +$

$\text{K}_2\text{O} > 7$  мас. %) перглиноземистого ряда ( $\text{ASI} = 1.4\text{--}1.3$ ). Все изученные породы магнезиальные ( $\text{Fe}^* = 0.75\text{--}0.73$ ) с низкими концентрациями Nb (2.1–5.1 г/т), Ta (<0.24 г/т), суммы Zr + Nb + Ce + Y (222–218 г/т) и умеренных Rb (110 г/т). Сумма РЗЭ варьирует от 111 до 120 г/т,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  от 5.7 до 5.8,  $(\text{Eu}/\text{Eu}^*)$  от 0.89 до 0.95, Sr/Y от 22 до 28. В монцонитах плагиоклаз ( $\text{An}_{31\text{--}51}$ ), микроклин и роговая обманка (замещена актинолитом) формируют гипидиоморфнозернистую структуру ранней генерации. Биотит и кварц находятся в интерстициях и отражают позднюю стадию кристаллизации расплава. Первичные изотопные отношения Sr и Nd в айчанских монцонитах характеризуются близкими к мантийным величинам

**Таблица 1.** Изотопный состав Sr и Nd в пермских монцонитах и гранитоидах Кони-Тайгоносского сегмента Удско-Мургальской дуги

№ обр.	Rb	Sr	Sm	Nd	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	±	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	±	Возраст, млн. лет	Sr(i)	Nd(i)	εNd(0)	εNd(t)	T <sub>DM-1</sub>	T <sub>DM-2</sub>
70	111.9	1397.2	5	22.7	0.2315	0.7053	9	0.1328	0.5127	5	290	0.703784	0.512448	1.21	+2.0	850	747
КО-21	54.9	226	1.87	8.2	0.703	0.706090	6	0.137462	0.512924	5	275	0.703339	0.512677	5.59	+7.7	454	421
КО-7	66.5	219	2.22	10.8	0.879	0.706215	8	0.124674	0.512909	5	257	0.703003	0.512699	5.28	+7.6	416	408

Примечание. Концентрации Rb, Sr, Sm, Nd – в г/т. ± – погрешность изотопных отношений в последнем знаке. Sr(i), Nd(i) – первичные изотопные отношения, рассчитанные на U–Pb-возраст.

(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0.070378, <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.512448, εNd = +2.0) (табл. 1).

На п-ве Кони-Пьягина, в береговых обрывах залива Забияка, мы обнаружили еще две интрузии гранитоидов пермского возраста (рис. 1 в). В одной из них лейкократовые граниты насыщены многочисленными блоками и, возможно, дайками? базальтов, так что вместе они образуют магматический минглинг-комплекс. Средневзвешенный <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U-возраст циркона из пермских лейкократовых гранитов (обр. Ко7, координаты: 152°24.43 в.д., 59°00.08 с.ш.) по результатам датирования методом LA–ICP–MS (ЦКП ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ) составил 257 ± 2 млн лет (СКВО = 1.7, p = 0.19; рис. 2). В восточном контакте этот комплекс прорывается меловыми диоритами с возрастом циркона 104 ± 1 млн лет (СКВО = 1.2, p = 0.2). В западном экзоконтакте, за зоной разлома обнажаются триасовые вулканогенно-осадочные отложения с фауной. В 13 км к востоку циркон из еще одного небольшого массива субвулканических гранит-порфиоров (обр. Ко21, координаты: 152°47.11 в.д., 59°00.97 с.ш.) показал средневзвешенный <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U возраст 275 ± 2 млн лет (СКВО = 0.42, p = 0.52; рис. 2). Взаимоотношения с вмещающими вулканогенно-осадочными породами, возраст которых остается открытым, не выяснены в силу закрытости контактов (рис. 1б).

Химический состав лейкогранитов и лейкогранит-порфиоров на п-ве Кони-Пьягина соответствует, также как и для тайгоносских, шошонитовым и высоко-К известково-щелочным сериям (SiO<sub>2</sub> от 73 до 72.5 мас. %, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O = 7.7–4 мас. %), перглиноземистого, магнезиального ряда (ASI = 2.4–1.7; Fe\* = 0.68–0.79), для которых характерны низкие концентрации Nb (5.1–1.5 г/т), Ta (1.4–0.14), суммы Zr + Nb + Ce + Y (170–129 г/т) и Rb (64–53 г/т). Сумма P3Э варьирует от 35 до 56 г/т, (La/Yb)<sub>N</sub> от 4.2 до 5.2, (Eu/Eu\*) от 0.73 до 1.24, Sr/Y от 17 до 35. Такие геохимические харак-

теристики характерны для I типа гранитов вулканических дуг. Первичные изотопные отношения Sr и Nd в гранитах характеризуются близкими к мантийным характеристиками (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0.70300–0.70334, <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.512677–0.512699, εNd = +7.7 и +7.6; табл. 1). Судя по высоким положительным значениям εNd, граниты выплавились из источника, содержащего значимые количества ювенильного мантийного материала без признаков зрелой континентальной коры. Об этом же свидетельствуют и относительно молодые двухстадийные расчетные модельные Nd-возраста отделения протолита, составившие для образцов с п-ва Кони-Пьягина около 420–408 млн лет, а с п-ва Тайгонос – 748 млн лет. Такие характеристики протолита вообще характерны для магматических пород Кони-Тайгоносского сегмента Удско-Мургальской дуги, в частности для гранитов Восточно-Тайгоносского и Прибрежного батолитов на Тайгоносе [10], а также базальтов кытыймской свиты там же [11]. Не исключено, что в основании Кони-Тайгоносского сегмента существенную долю составляют фрагменты океанических пород, плавление которых обеспечило мантийные изотопные характеристики магматических пород Удско-Мургальской дуги. В определенном смысле такие данные могут указывать на энсиматическую природу дуги. На это же указывает широкое распространение в районе морских пермских и триасовых осадочных и вулканогенно-осадочных отложений.

Важное значение находки пермских гранитоидов приобретает в свете обсуждения источника детрита для пермских осадочных бассейнов Северо-Востока Азии. В частности, в пермских осадках Омолонского массива, Балыгычано-Сугойского поднятия и Аян-Юрхского антиклинория описаны диамиктиты, в которых выявлена преобладающая популяция детритового циркона с возрастными как раз от 250 до 300 млн лет [12]. Предполагалось, что источник таких цирконов, которые происходят из обломков вулканических пород в диамиктитах, расположен в Удско-Мур-

гальской дуге, однако это никак не было обосновано аналитическими материалами, тем более что на Тайгоносе были описаны только базальты и пикробазальты пермского возраста [13, 14]. Наши находки и датировки пермских гранитов позволяют сейчас предметно обсуждать этот аспект. Выявленные проявления пермских гранитоидов и монзонитов мы предлагаем выделить в качестве нового пермского айчанского магматического комплекса. Ранее эти интрузии гранитоидов в прибрежной части листов О-56 и Р-57 были показаны как раннемеловые.

Судя по средне- и раннепермскому возрасту, обнаруженные гранитоиды могут быть сопоставлены с таковыми, обнаженными в Монголо-Охотском орогенном поясе (МО на рис. 1а), а также в Японии (пояс Маизуру – М на рис. 1а) и Приморье (Гродековский батолит в массиве Ханка – БЦ на рис. 1а). Для двух последних, кроме позднепермских [2], получены датировки циркона с возрастными от 292 до 280 млн лет [4, 15]. Гранитоиды в Монголо-Охотском складчатом поясе преимущественно позднепермские, с возрастными 257–250 млн лет [5] и они распространены, судя по картам, вне пределов Удско-Мургальской дуги. Раннепермские магматические породы, установленные в западной части Ханкайского массива, интерпретированы как сформированные в обстановке растяжения, инициированной амальгамацией кристаллических массивов Ханка и Дзямусы [15]. При этом авторы полагают, что в перми под западную часть Ханкайского массива происходила субдукция хребта Палеоазиатского океана [15]. Судя по положительным величинам  $\epsilon_{\text{Hf}}$  в цирконе из этих монцогранитов и риолитов, они, также как и кони-тайгоносские, формировались из источника с существенной долей ювенильного (океанического?) материала. В нашем случае привлечение комплексов палеоазиатского океана для интерпретаций в силу удаленности наших объектов практически исключено.

В любом случае наши находки позволяют надежно обосновать более широкое распространение пермских гранитоидных комплексов на континентальной окраине Востока Азии, которые, по-видимому, отражают начало самых ранних этапов субдукции океанической коры Палеоазиатика на континентальной окраине Азии.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Н.Н. Крука и анонимных рецензентов за предметные замечания и рекомендации.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования поддержаны грантом РНФ 20-17-00169 (изотопно-геохронологические исследования) и

НОЦ “Север – территория устойчивого развития” (геохимические исследования).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др.* Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
2. *Ханчук А.И., Сахно В.Г., Аленичева А.А.* Первые U–Pb–SHRIMP-датирования по цирконам магматических комплексов юго-западного Приморья // ДАН. 2010. Т. 431. № 4. С. 516–520.
3. *Крук Н.Н., Руднев С.Н., Голозубов В.В., Касаткин С.А., Крук Е.А.* А-граниты Гродековского батолита: возраст, состав, индикаторная роль в раннепалеозойской геологической истории южного Приморья // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 2. С. 5–15.
4. *Tsutsumi Y., Yokoyama K., Kasatkin S.A., Golozubov V.V.* Zircon U–Pb Age of Granitoids in the Maizuru Belt, Southwest Japan and the Southernmost Khanka Massif, Far East Russia // Journal of Mineralogical and Petrological Sciences. 2014. V. 109. № 2. P. 97–102.
5. *Sorokin A.A., Zaika V.A., Kudrayshov N.M.* Timing of Formation and Tectonic Setting of Paleozoic Granitoids in the Eastern Mongol-Okhotsk Belt: Constraints from Geochemical, U–Pb, and Hf Isotope Data // Lithos. 2021. 106086.
6. *Sokolov S.D., Bondarenko G.Ye., Khudoley A.K., Morozov O.L., Luchitskaya M.V., Tuchkova M.I., Layer P.W.* Tectonic Reconstruction of Uda-Murgal Arc and the Late Jurassic and Early Cretaceous Convergent Margin of Northeast Asia–Northwest Pacific // Stephan Mueller Spec. Publ. Ser. 4. 2009. P. 273–288.
7. *Жуланова И.Л., Заборовская Н.Б., Иванов В.А.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Сер. Лист О-57-XXIV. М.: МИНГЕО СССР, 1978.
8. *Жуланова И.Л., Петров А.Н., Бялбужеский С.Г., Ликман В.Б.* К стратиграфии и генезису верхнепермских отложений полуострова Тайгонос // Магматизм и оруденение Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 1997. С. 135–154 с.
9. *Карпичев В.Ф.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Сер. Лист О-56-IX. ВСЕГЕИ, 1964.
10. *Лучицкая М.В.* Гранитоидный магматизм и становление континентальной коры северного обрамления Тихого океана в мезозое-кайнозое // Труды Геологического института. Вып. 607. М.: ГЕОС, 2014. 360 с.
11. *Акинин В.В., Смирнов В.Н., Федоров П.И., Ползуненков Г.О., Алексеев Д.И.* Палеогеновый вулканизм северного Приохотья // Петрология. 2022. Т. 30. № 1. С. 47–68. <https://doi.org/10.31857/S0869590322010034>
12. *Бяков А.С., Ведерников И.Л., Акинин В.В.* Пермские диамиктиты Северо-Востока Азии и их вероятное

- происхождение // Вестник СВНЦ ДВО РАН. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. № 1. С. 14–24.
13. *Заборовская Н.Б.* Внутренняя зона Охотско-Чукотского вулканогенного пояса на Тайгоносе. М.: Наука, 1978. 199 с.
14. *Некрасов Г.Е.* Тектоника и магматизм Тайгоноса и северо-западной Камчатки. М.: Наука, 1976. 159 с.
15. *Chen-Ying Sui, Feng Wang, Wen-Liang Xu, Yi-Ni Wang, Sorokin A.A., Grebennikov A.V., Kemkin I.V.* Geochronology and Sr-Nd-Pb-Hf Isotopic Geochemistry of Middle-late Permian Granitic and Volcanic Rocks within the Eastern Margin of the Khanka Massif: Petrogenesis and Implications for the Tectonic Nature // *International Geology Review*. 2022. <https://doi.org/10.1080/00206814.2022.2042742>

## FIRST DATA ON PERMIAN GRANITOIDES IN THE NORTH-EASTERN ASIA (KONI-TAIGONOS ARC)

Corresponding Member of the RAS V. V. Akinin<sup>a,#</sup> and G. O. Polzunenkov<sup>a</sup>

<sup>#</sup>E-mail: [akinin@neisri.ru](mailto:akinin@neisri.ru)

<sup>a</sup> North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far East Branch of the Russian Academy of Science, Magadan, Russian Federation

Intrusions of Permian monzonites and granitoids, which are exposed in the Koni-Taigonos arc (basement of the Uda-Murgal magmatic arc), have been revealed for the first time in Northeast Asia. On the Taigonos Peninsula, a small Aichan massif of Early Permian monzonitoids (SHRIMP zircon age from 297 to 290 ± 2 Ma) intrudes Permian sedimentary deposits, and on the Koni Peninsula, two intrusions of leucocratic granites and granite-porphyrries with an age of 275 and 257 ± 2 Ma (LA-ICP-MS zircon age) are exposed in basement blocks and intruded by Early Cretaceous granitoids. The primary isotopic ratios of Sr and Nd in Permian granitoids demonstrate characteristics close to those of the mantle ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.07030\text{--}0.07038$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.51245\text{--}0.51270$ ,  $\epsilon\text{Nd} = \text{от } +2 \text{ до } +7.7$ ), and according to geochemical features, they belong to I-type aluminous granites of shoshonitic and high-K volcanic arcs calc-alkaline series. The discovered Permian granitoids are compared with those exposed in Japan (Maizuru belt) and Primorye (Grodekovsky batholith in the Khanka massif) and apparently reflect the beginning of the most ancient subduction processes on the continental margin of the Paleopacific.

*Keywords:* granitoides, Permian, U–Pb dating, zircon, geochemistry, North-East Russia, Uda-Murgal arc