

**ПОЗДНЕМЕЛОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ МАЙНИЦКОГО ТЕРРЕЙНА
(ВОСТОЧНАЯ КОРЯКИЯ): ВОЗРАСТ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ**

**А.В. Моисеев^{1*}, М.В. Лучицкая¹, Т.Н. Палечек¹,
член-корреспондент РАН С.Д. Соколов¹, А.В. Разумный², С.В. Аксенов²,
А.В. Мальцева²**

Поступило 20.07.2023 г.

После доработки 29.09.2023 г.

Принято к публикации 03.10.2023 г.

¹*Геологический институт Российской Академии наук, Москва, Россия*

²*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия*

**E-mail: moartem@yandex.ru*

Аннотация. Представлены новые U–Pb-геохронологические и геохимические данные для гранитоидов Майницкого террейна Корякской складчатой области. Показано, что гранитоиды прорывают складчато-надвиговые структуры Майницкого террейна, в которых участвуют офиолиты позднего палеозоя–позднего мезозоя и вулканогенно-кремнисто-терригенные отложения средней юры-турона. Гранитоиды относятся к низкощелочным кварцевым диоритам и гранодиоритам I-типа, входят в состав позднемеловой вулканоплутонической ассоциации и формировались в обстановке конвергентной окраины. U–Pb-возрасты цирконов составляют 82–90 млн лет.

Ключевые слова: гранитоиды, U–Th–Pb-возрасты, циркон, поздний мел, Корякия, Циркум-Пацифика, Майницкий террейн, тектонические реконструкции.

DOI:

Корякская складчатая область представляет собой крупное аккреционное покровно-складчатое сооружение Тихоокеанского пояса. В её пределах структурно-формационные комплексы среднего палеозоя—палеогена объединены в покровы, шарьированные в южном направлении. В южной части области нижнее структурное положение занимает Эконайская система покровов. Она включает комплексы Янранайского и Эконайского террейнов. Время становления Эконайских покровов определяется как домаастрихтское, исходя из возраста неовтохтона. Структурно выше расположена Корякская система покровов, которая включает комплексы Майницкого и Алькатваамского террейнов и была сформирована на рубеже мела–палеогена [6, 11].

В пределах складчатой области гранитоиды связаны с: 1) досреднемеловыми (поздний палеозой – баррем) офиолитовыми комплексами надсубдукционного и

океанического генезиса [9]; 2) постааккреционными вулкано-плутоническими комплексами маастрихта – раннего миоцена [15].

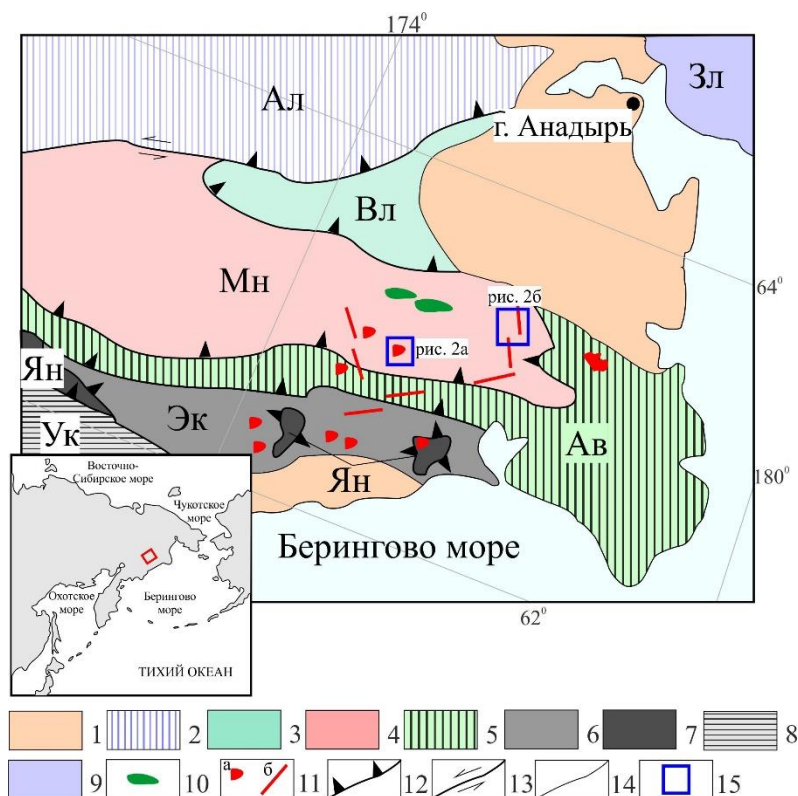


Рис. 1. Тектоническая схема Корякского нагорья (по [12]). 1 – палеоген-четвертичные отложения; 2 – вулканогенно-кремнисто-терригенные отложения средней юры – турона; 3 – терригенные отложения альба–дата; 4 – офиолиты позднего палеозоя–позднего мезозоя; вулканогенно-кремнисто-терригенные и терригенные отложения средней юры – турона; 5 – офиолиты позднего палеозоя – раннего мезозоя; терригенные отложения верхней юры – палеоцена; 6 – офиолиты позднего палеозоя – ранней юры; терригенные отложения верхней юры – палеоцена; 7 – терригенные отложения поздней юры – позднего мела; базальт-кремнистые породы оксфорда–кампана; 8 – терригенные отложения сантона–палеоцена; 9 – вулканиты и туфо-терригенные отложения верхней юры – валанжина. 10, 11 – позднемеловые магматические тела вне масштаба: 10 – вулканиты; 11 – гранитоиды: а – штоки; б – дайки; 12 – надвиги, зубцы по направлению падения; 13 – сдвиги; 14 – стратиграфическое несогласие; 15 – область исследования. Террейны: Западно-Камчатская складчатая область: Зл – Золотогорский; Корякская складчатая область: Ал – Алганский; Вл – Великореченский; Мн – Майницкий; Ав – Алькатваамский; Эк – Эконайский; Ян – Янранайский; Олюторско-Камчатская складчатая область: Ук – Укэляятский.

Для гранитоидов позднемелового (баррем–маастрихтского) времени отсутствуют надёжные геохронологические датировки и данные по составу рассеянных элементов. На картах [3–5] в восточной части Корякского нагорья позднемеловые интрузивные тела представлены габброидами, кварцевыми монцонитами, гранитоидами гранодиорит-гранитовой формации. В Корякско-Курильской серии листов гранитоиды выделяются в качестве варापелинского плутонического комплекса. Породы встречаются в виде поясов

мелких (протяжённость 0.5–2 км) даек и штокообразных тел (диаметр 5–30 км). Описаны единичные дайки субвулканических андезитов. Преобладает северо-западное и северо-восточное простирание тел. Интрузивные тела прорывают складчато-надвиговые комплексы Майницкого, Алякватваамского и Эконайского террейнов, вплоть до отложений маастрихта (рис. 1). В поле развития палеогеновых отложений интрузивные тела не закартированы. К–Аг-радиологические возрасты пород гранодиорит-порфиров составляют 78–88 млн лет [5], вблизи Тамватнейского массива Майницкого террейна возраст пород составляет 85 ± 1 млн лет (К–Аг-метод) [4]. По петрохимическим характеристикам данные породы принадлежат к известково-щелочной серии, типичной для геодинамических обстановок активных окраин и островных дуг [8].

На более поздних картах 1:500 000 масштаба [2] позднемеловые интрузивные тела отсутствуют. Отобравшиеся на более ранних картах позднемеловые гранитоиды, описанные ранее, включены в состав Вилюнейвеемского миоценового plutонического комплекса, который датирован U–Pb-методом в центральной части Корякского нагорья с датами около 15 млн лет [10].

В работах А.А. Александрова [1] была выделена позднемеловая лозовская толща, сложенная покровами базальтов–андезитов–дацитов, их туфами и туфо-терригенными породами, мощностью 400–600 м. В основном, это изолированные небольшие по площади образования. Возраст пород был основан на кайнотипном облике пород и несогласном субгоризонтальном залегании на породах палеозоя – раннего мела. Позже, на основании находок геттанг-синемюрских радиолярий из алевролитов, найденных в районе горы Угрюмой, лозовская толща была отнесена к ранней юре [13].

В тематических исследованиях [7, 9] в пределах Эконайского и Янранайского террейнов были выделены среднемеловые аккреционные плагиограниты. Их возраст определён по рвущим контактам с комплексами Эконайской системы покровов, Янранайской аккреционной призмы и несогласному налеганию базальных горизонтов перекрывающего неавтохтона (от сантон-кампана до позднего маастрихта). Формирование подобных гранитов отражает крупные фазы аккреции океанических комплексов и происходит непосредственно за покровообразованием.

В данной статье впервые приведены U–Pb-геохронологические и геохимические данные для гранитоидов Майницкого террейна Корякской складчатой области с целью уточнения возраста, выявления геохимической типизации гранитоидов, геодинамической обстановки их формирования и детализации палеотектонических реконструкций для окраины Азиатского континента в позднемеловое время.

Майницкий террейн имеет покровное строение. Комплексы Майницкого террейна на северо-западе надвинуты в северном направлении на альб-датские терригенные отложения Великореченского террейна; на востоке и юго-востоке – в южном направлении на верхнеюрские–палеоценовые терригенные и вулканогенно-осадочные отложения Алькатваамского террейна (рис. 1) [12]. Граница Майницкого и Алганского террейнов имеет сдвиговый характер.

Майницкий террейн сложен офиолитами позднего палеозоя–раннего мела, серпентинитовыми меланжами, среднеюрскими–раннемеловыми вулканогенно-кремнисто-терригенными отложениями [12]. Выше с несогласием залегают флишеидные толщи альба–верхнего мела, которые рассматриваются как постамальгамационный слабодеформированный чехол [12]. Последние перекрываются палеоцен-миоценовыми вулканогенно-осадочной и терригенной толщами континентального генезиса.

Гранитоидные тела были изучены в юго-восточной (рис. 2 а, р. Северная) и восточной (рис. 2 б, оз. Майниц) частях Майницкого террейна (табл. 1).

Таблица 1. Привязка точек опробования с координатами

Номер образца	Район	Порода	Координаты		U–Pb-возраст
			С	В	
590/9	р. Северная	гранодиорит-порфир	62°59'38.7"	175°37'03.1"	84.7 +/- 0.5
69/4		гранодиорит-порфир	62°57'30.1"	175°38'47.7"	82.8 +/- 0.5
672	оз. Майниц	порфировидные-гранодиориты	63°15'57.2"	176°35'20.5"	83.3 +/- 0.4
548	г. Угрюмая	андезиты	63°18'25.6"	175°51'23.8"	85 +/- 0.5

В левобережье р. Северной (рис. 2 а) гранодиориты обнажены в виде штокообразного тела диаметром около 4 км. Гранодиориты прорывают альб-туронские терригенные отложения куйбисеевской серии. Вблизи штока развиты дайки кварцевых диорит-порфиров, габбродолериты, плагиогранитов северо-восточного и северного простирания.

На западном берегу оз. Майниц (см. рис. 2 б) плагиограниты и гранодиорит-порфиры образуют дайки и штокообразные тела, вытянутые в север-северо-западном направлении. Размер тел редко превышает 1–2 км. Гранитоиды прорывают вулканогенно-терригенные отложения тополевской толщи келловей-готерива.

U–Pb-датирование цирконов осуществлялось на вторично-ионном микрозонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований (ЦИИ) ФГУП “ВСЕГЕИ”. Измерения изотопных отношений U и Pb проводились по традиционной методике, принятой в ЦИИ и

изложенной в [21]. Диаграммы с конкордией представлены на рис. 3, соответствующие аналитические данные сведены в приложении 1.

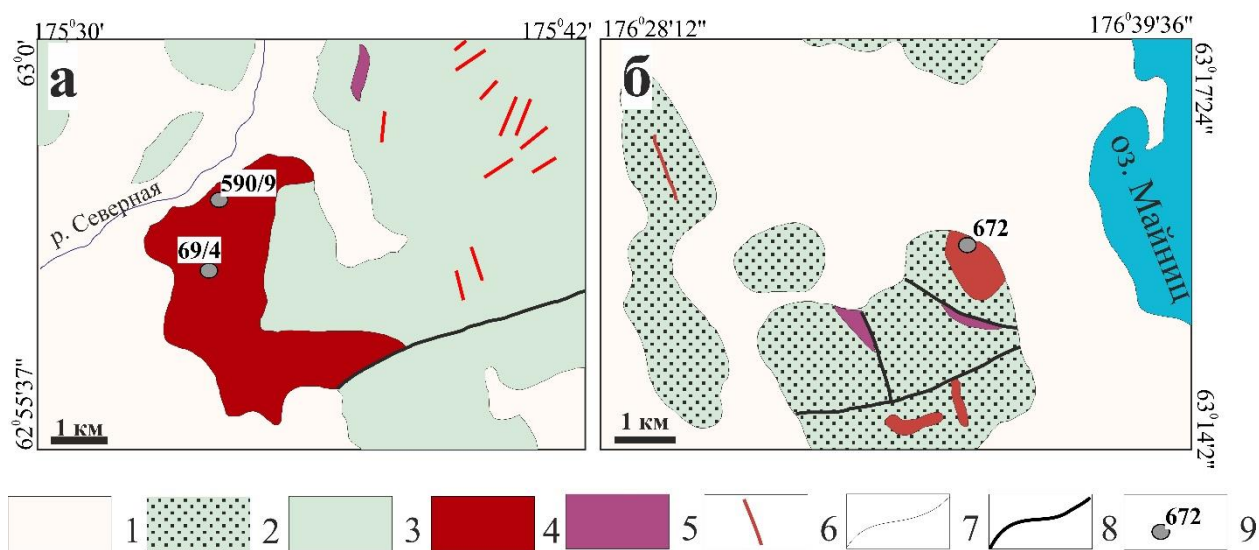


Рис. 2. Схемы геологического строения районов р.Северная (а), оз. Майниц (б) Майницкого террейна, по [1, 3–5] с изменениями. 1 – четвертичные отложения; 2, 3 – терригенные и вулканогенно-терригенные отложения: 2 – келловей-готерив, тополеватская толща; 3 – альб-турон, куйбисевская серия; 4 – штоки плагиогранитов и гранодиоритов; 5 – диоритовые порфиры; 6 – дайки гранитоидов; 7 – геологические границы; 8 – разломы; 9 – места отбора геохронологических проб и их номера.

Для индивидуальных зёрен акцессорного циркона из гранодиоритов (обр. 590/9; 69/4; 672) получены близкие значения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -возраста от 82.3 ± 0.7 до 86.5 ± 2.2 млн лет. Одно значение из обр. 69/4 более высокое (100.7 ± 0.5 млн лет), но оно было исключено из расчёта возраста породы, поскольку измеряемое зерно циркона носит следы метамиктного распада и характеризуется высокими содержаниями радиогенного ^{206}Pb (до 20.4%) и U (1510 г/т). На диаграммах с конкордией изотопные отношения в цирконе формируют дискордии, которые пересекают конкордию в точках 84.7 ± 0.5 млн лет (обр. 590/9), 82.8 ± 0.5 млн лет (обр. 69/4) и 83.3 ± 0.4 млн лет (обр. 672) (см. рис. 3). Оценки возраста соответствуют сантонскому и кампанскому векам.

Гранитоиды р. Северная и оз. Майниц характеризуются содержаниями SiO_2 62.23–64.50 и суммы щелочей $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 4.36–5.88 мас. %. По соотношению SiO_2 и суммы щелочей $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ все гранитоиды относятся к породам низкой и нормальной щёлочности – низкощелочным кварцевым диоритам и гранодиоритам; а по соотношению нормативных Ab, An, Or – к тоналитам. Ковариации K_2O и SiO_2 указывают, что они являются умереннокалиевыми породами, отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (1.66–3.29) и характеризует натриевый тип щёлочности. Согласно классификации Б.Р. Фроста с соавторами [17] гранитоиды относятся к магнезиальным ($\text{Fe}^* = 0.50–0.68$), известковым и

метаглинозёмистым образованиям ($ASI=0.98-1.05$). Подобные характеристики соответствуют гранитам I-типа.

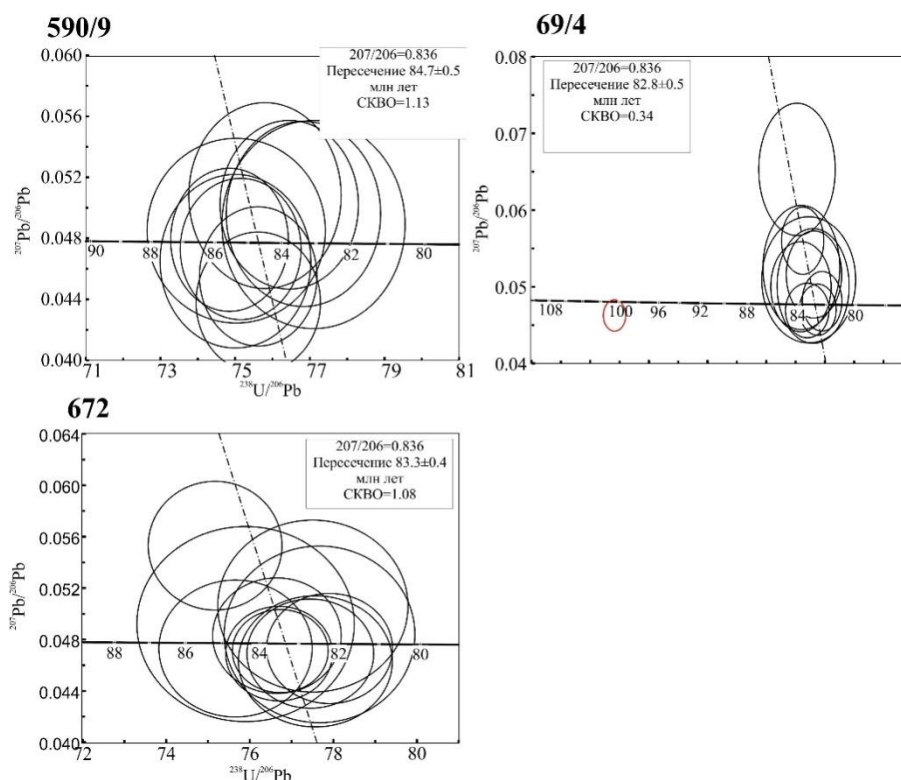


Рис. 3. Диаграммы с конкордией для циркона из позднемеловых гранитоидов Майницкого террейна Корякской складчатой области. Значения возраста приведены в млн лет, указанная погрешность и размер эллипсов соответствуют величине 2σ . Красным эллипсом показан результат, исключенный из расчёта.

Концентрации примесных элементов в гранитоидах характеризуются пониженными содержаниями Zr (82–112 г/т), низкими Nb (2.56–5.00 г/т), Rb (26.35–61.72 г/т), повышенными Sr (323–461 г/т) и Ba (373–589 г/т), Cr (28–79 г/т), V (93–101 г/т), Ni (11–39 г/т), низкими Y (9.8–11.3 г/т) и низкими суммарными содержаниями редкоземельных элементов (РЗЭ) (47–73 г/т) (приложение 2).

Гранитоиды имеют сходные фракционированные графики распределения РЗЭ с обогащением ЛРЗЭ, деплетированием ТРЗЭ, ($La_N/Yb_N=5.91-7.58$) и небольшой отрицательной ($Eu/Eu^*=0.72-0.96$) или положительной ($Eu/Eu^*=1.03; 1.11$) Eu-аномалией (рис. 4 а).

Спайдерграммы примесных элементов, нормированных на состав примитивной мантии для гранитоидов р. Северной и оз. Майниц, характеризуются обогащением крупноионными литофильными элементами относительно высокозарядных и минимумами Nb, Ta, P, Ti (рис. 4 б). Спайдерграммы сходны с таковыми для меловых вулканитов кислого

состава Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП), в том числе альбского возраста, и среднего состава гранитов I-типа (рис. 4 б).

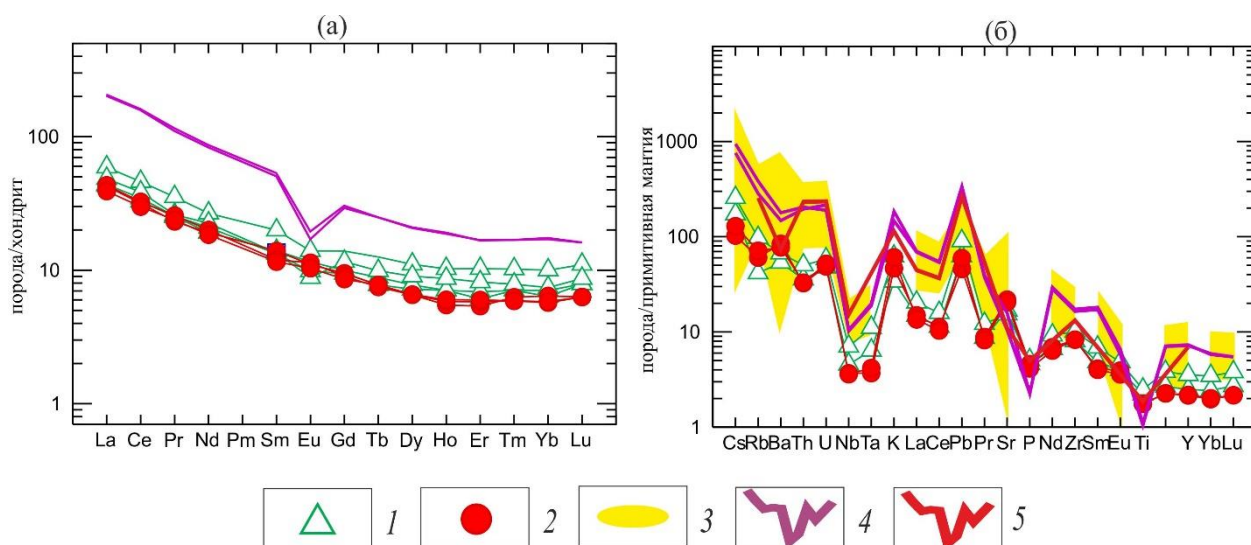


Рис. 4. Хондрит-нормализованные распределения РЗЭ (а) и спайдерграммы редких элементов, нормированных на состав примитивной мантии (б) гранитоидов р. Северной и оз. Майниц, Корякия. 1, 2 – гранитоиды: 1 – р. Северная, 2 – оз. Майниц; 3 – меловые вулканы кислого состава ОЧВП [14]; 4 – альбские вулканы ОЧВП [14]; 5 – средний состав гранита I-типа [16].

На диаграммах, разделяющих граниты разных петро-геохимических типов, точки составов гранитоидов располагаются в полях в различной степени дифференцированных гранитов I- и S-типов и чётко отличаются от гранитов A-типа.

Точки составов интрузивных тел на диаграммах, разделяющих гранитоиды в связи с геодинамической обстановкой формирования (рис. 5), указывают на их формирование в обстановке конвергентной окраины или островодужной.

Полученные U–Pb-датировки подтверждают позднемеловой (82–90 млн лет) возраст гранитоидного магматизма развитого в пределах Корякской складчатой области. По нашим наблюдениям, позднемеловые интрузивные тела секут складчато-надвиговые структуры Майницкого террейна и являются близкими по возрасту с гранитоидными интрузиями, рвущими до-сантон-кампанские и до-позднемаастрихтские покровные комплексы Алякватваамского, Эконайского и Янранайского террейнов [3–5, 9].

Таким образом, геологическое положение и возраст пород не противоречат их аккреционной природе [9] и формированию вслед за покровообразованием. В данном случае структурное несогласие на уровне позднего альба для комплексов Алганского и Майницкого террейнов [12] может отражать процесс их амальгамации, тогда как позднемеловые события связаны с аккрецией террейнов к Азиатскому континенту.

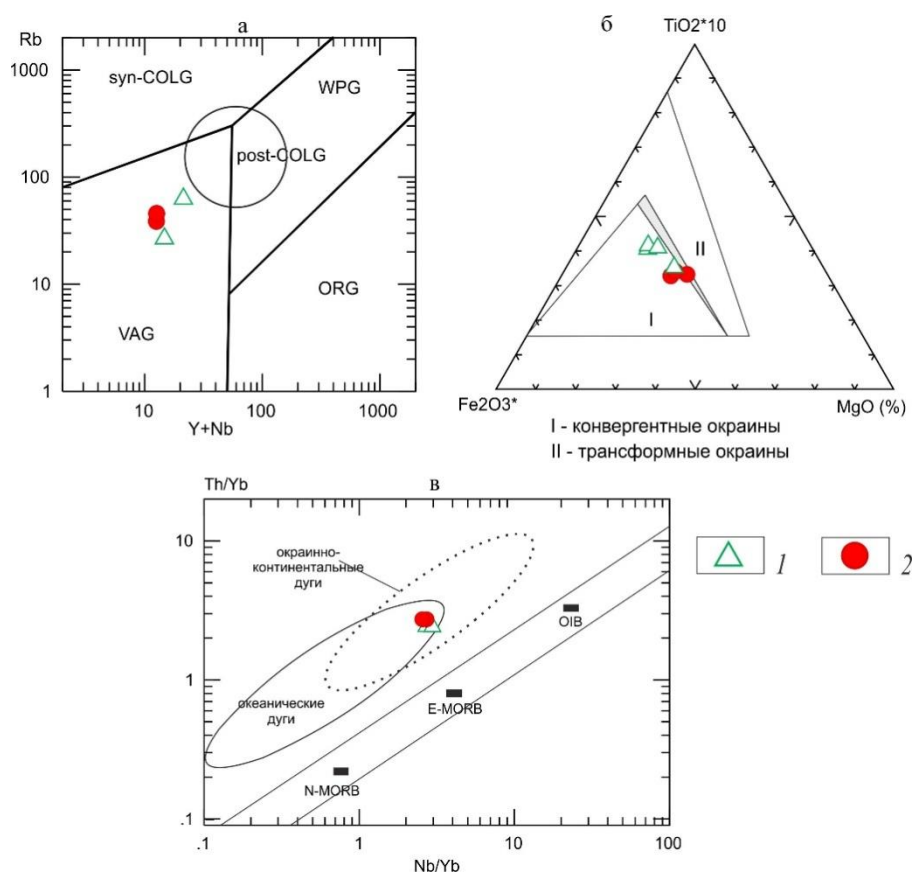


Рис. 5. Диаграммы Rb–(Y+Nb) [20] (а), $\text{Fe}_2\text{O}_3^*-\text{TiO}_2^*10-\text{MgO}$ [18] (б), Th/Yb–Nb/Yb [19] (в) для гранитоидов р. Северной и оз.Майниц, Корякия. 1, 2 – гранитоиды: 1 – р. Северная, 2 – оз.Майниц.

Однако геохимические характеристики гранитоидов указывают на их формирование в обстановке конвергентной окраины. В случае если в будущем подтвердится позднемеловой возраст и надсубдукционная природа вулканитов лозовской толщи [1], то можно будет говорить о позднемеловой вулcano-плутонической ассоциации надсубдукционного генезиса. На данный момент из данной толщи в районе г. Угрюмой U–Pb-датировки андезитов показывают возраст 85 ± 1 млн лет и являются предметом будущих исследований. Фундаментом для позднемеловой надсубдукционной вулканической структуры могли являться амальгамированные террейны Корякской складчатой области.

Источник финансирования. Исследования выполнены за счёт средств Российского научного фонда, проект № 22-27-00665.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.А. Покровные и чешуйчатые структуры в Корякском нагорье. М.: Наука, 1978. 121 с.

2. *Варламова В.А., Вяткин Б.В., Малышева Г.М.* Информационный отчёт о результатах незавершённых работ по объекту “Создание цифрового комплекта карт геологического содержания. 1:500 000 территории Чукотского автономного округа (мониторинг региональных геологических исследований в м-бе 1:500 000)”. Анадырь: ФГУГП “Георегион”, 2004. 331 с.
3. *Владимирцева Ю.А., Емельянова Е.Н., Мельников Б.Д., Свирина М.А., Степина Т.С., Сурмилова Е.П.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-60 – мыс Наварин. Объяснительная записка. Спб, ВСЕГЕИ, 2001. 162.
4. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист Р-60-I / Сост. А.А. Мануйлов. М., 1981. 75 с.
5. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист Р-60-VII / Сост. Э.Б. Невретдинов. М., 1987. 97 с.
6. *Казимиров А.Д.* Покровы востока Корякского нагорья и их структурно-формационные гомологи. Москва, Наука, 1985. 112 с.
7. *Крылов К.А., Лучицкая М.В.* Кислый магматизм в аккреционных структурах Корякии, Камчатки, Аляски // Геотектоника. 1999. № 5. С. 35–51.
8. *Кузьмин М.И.* Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов. Новосибирск, Наука, 1985. 199 с.
9. *Лучицкая М. В.* Труды ГИН. Москва: Издательство ГЕОС, 2014. Выпуск 607. Гранитоидный магматизм и становление континентальной коры северного обрамления Тихого океана в мезозое-кайнозое. 359 с.
10. *Полин В.Ф., Аксенов С.В., Разумный А.В., Ханчук А.И., Волков Е.В.* Первые данные U–Pb-датирования палеоостроводужного и окраинно-континентального магматизма в центральной части Корякского нагорья; U–Pb-возраст рудоконтролирующих гранитоидов таляйгинского рудного поля // ДАН. 2017. Т. 474. № 6. С. 717–723.
11. *Руженцев С.В., Бялобжеский С.Г., Казимиров А.Д., Соколов С.Д.* Тектонические покровы и палинспастика Корякского хребта // Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979. С. 69–80.
12. *Соколов С.Д., Бялобжеский С.Г.* Террейны Корякского нагорья // Геотектоника. 1996. № 6. С. 68–80.
13. *Ставский А.П., Березнер О.С., Сафонов В.Г., Злобин С.К.* // Тихоокеанская геология. 1989. № 3. С. 72–80.

14. *Тихомиров П.Л.* Меловой окраинно-континентальных магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма. М.: ГЕОС, 2020. 376 с.
15. *Akinin V.A., Miller E.L., Toro J., Prokopiev A.V., Gottlieb E.S., Pearcey S., Polzunenkov G.O., Trunilina V.A.* Episodicity and the dance of late Mesozoic magmatism and deformation along the northern circum-Pacific margin: north-eastern Russia to the Cordillera // *Earth-Science Reviews*. 2020. 208. 103272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103272>
16. *Chappell B.W., White A.J.R.* I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt // *Transactions of the Royal Society of Edinburgh // Earth Sciences*. 1992. V. 83. P. 1–26.
17. *Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., et al.* A geochemical classification for granitic rocks // *J. Petrology*. 2001. V. 42. No 11. P. 2033–2048.
18. *Grebennikov A.V., Khanchuk A.I.* Pacific-type transform and convergent margins: igneous rocks, geochemical contrasts and discriminant diagrams // *International Geology Review*. 2020. <https://doi.org/10.1080/00206814.2020.1848646>
19. *Pearce J.A.* Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // *Lithos*. 2008. V. 100. P. 14–48.
20. *Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G.* Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *J. Petrol.* 1984. V. 25. No 4. P. 956–983.
21. *Williams I.S.* U-Th-Pb Geochronology by ion microprobe / M.A. McKibben, W.C. Shanks III, W.I. Ridley (eds.) *Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes // Rev. Econ. Geol.* 1998. V.7. P. 1–35.

LATE CRETACEOUS GRANITOIDS OF THE MAINITSKY TERREN (EASTERN KORYAK HIGHLANDS): AGE, GEOCHEMICAL FEATURES AND GEODYNAMICS

A.V. Moiseev^{1*}, M.V. Luchitskaya¹, T.N. Palechek¹,

Corresponding Member of the RAS S.D. Sokolov¹, A.V. Razumnyj², S.V. Aksenov²,

A.V. Mal'ceva²

Received July 20, 2023

After revision September 29, 2023

Accepted October 3, 2023

¹*Geological institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

²*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation*

**E-mail: moartem@yandex.ru*

Abstract. New U-Pb geochronological and geochemical data for granitoids of the Mainitsky terrane of the Koryak folded region are presented. It is shown that granitoids cut the folded-thrust structures of the Mainitsky terrane, which include ophiolites of the Late Paleozoic – Late Mesozoic and volcanogenic-siliceous-terrigenous deposits of the Middle Jurassic – the Turonian. Granitoids correspond to low-alkaline quartz diorites and I-type granodiorites, are part of the Late Cretaceous volcanic-plutonic association and indicate their formation in a convergent margin. The U-Pb ages of zircons are 82-90 million years.

Keywords: granitoids, U-Th-Pb ages, zircon, Late Cretaceous, Koryak Highlands, Circum-Pacific belt, Mainitsky terrane, tectonic reconstructions.