

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ВОЗРАСТУ ГРАНИТОИДОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ  
ВОЗНЕСЕНСКОГО ТЕРРЕЙНА (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)****И.В. Кемкин, А.В. Гребенников, С.А. Касаткин***ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр. 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022;  
e-mail: kemkin@fegi.ru*

Поступила в редакцию 20 марта 2024 г.

Приводятся новые изотопно-геохимические и геохронологические данные для гранитоидов юго-восточной части Вознесенского террейна Ханкайского блока Амурского палеоконтинента, с которыми связывается золоторудная и вольфрамовая минерализация во вмещающих их позднепалеозойских и раннемезозойских толщах. Ранее эти гранитоиды считались позднемеловыми, однако, согласно полученным данным U-Pb изотопного датирования по цирконам, их возраст определен как среднепермский ( $\sim 267 \pm 3$  млн лет), что не позволяет рассматривать их в качестве рудогенерирующей системы, обусловившей формирование минерализованных зон в ассоциирующих с ними более молодых средне-позднепермских вулканогенно-осадочных и триасовых терригенных образованиях.

**Ключевые слова:** U-Pb изотопное датирование, среднепермский магматизм, рудопроявление Сухое, Ханкайский массив.

**ВВЕДЕНИЕ**

Гранитоидные породы являются неотъемлемой частью континентальной литосферы и именно поэтому рассматриваются многими исследователями в качестве надежных индикаторов времени и стадийности образования складчатых поясов и разрастания континентальной коры. Накопленные к настоящему времени многочисленные петрохимические и изотопно-геохимические данные свидетельствуют о значимых различиях в составе гранитоидов, сформировавшихся в разных геодинамических обстановках (будь-то субдукция, коллизия, трансформное скольжение плит), что подтверждается многочисленными дискриминантными диаграммами, разработанными на основе особенностей вещественного состава тектоно-магматических комплексов современных геодинамических обстановок [напр., 1–3, 14, 16, 21 и др.]. В этой связи, изучение петрогеохимических особенностей гранитоидов, в совокупности с их изотопно-геохронологическими данными, имеет важное значение для реконструкции истории формирования древних складчатых поясов и, соответственно, палеогеодинамической эволюции территорий, представляющих собой горно-складчатые сооружения.

В пределах Сихотэ-Алинской складчатой области (рис. 1, а) гранитоидный магматизм развит

достаточно широко и представлен раннемеловыми, позднемеловыми и палеогеновыми комплексами [напр., 9, 11]. Раннемеловые гранитоиды для разных частей Сихотэ-Алинского орогена интерпретируются как син- и посторогенные (от S- до I-типов), связанные с режимом трансформного скольжения Палео-Азиатской и Палео-Тихоокеанской плит, а позднемеловые как надсубдукционные (I-тип) посторогенные, связанные с режимом субдукции последней [9]. Раннепалеогеновые гранитоиды интерпретируются как А-тип, связанный с трансформным скольжением Тихоокеанской плиты относительно восточной окраины Палео-Азии [напр., 12]. Недавно, на основе прецизионных геохронологических исследований, в центральных районах Сихотэ-Алиня, на значительном удалении от распространения позднемеловых интрузивов кислого состава Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса, интерпретируемого как позднемеловая окраинно-континентальная магматическая дуга [9], были выявлены позднемеловые гранитоидные массивы в поле развития раннемеловых синорогенных плутонов, формирование которых связывается с подъемом астеносферного вещества сквозь разрывы слэба, возникающие при изменении угла конвергенции океанической плиты [6, 13].

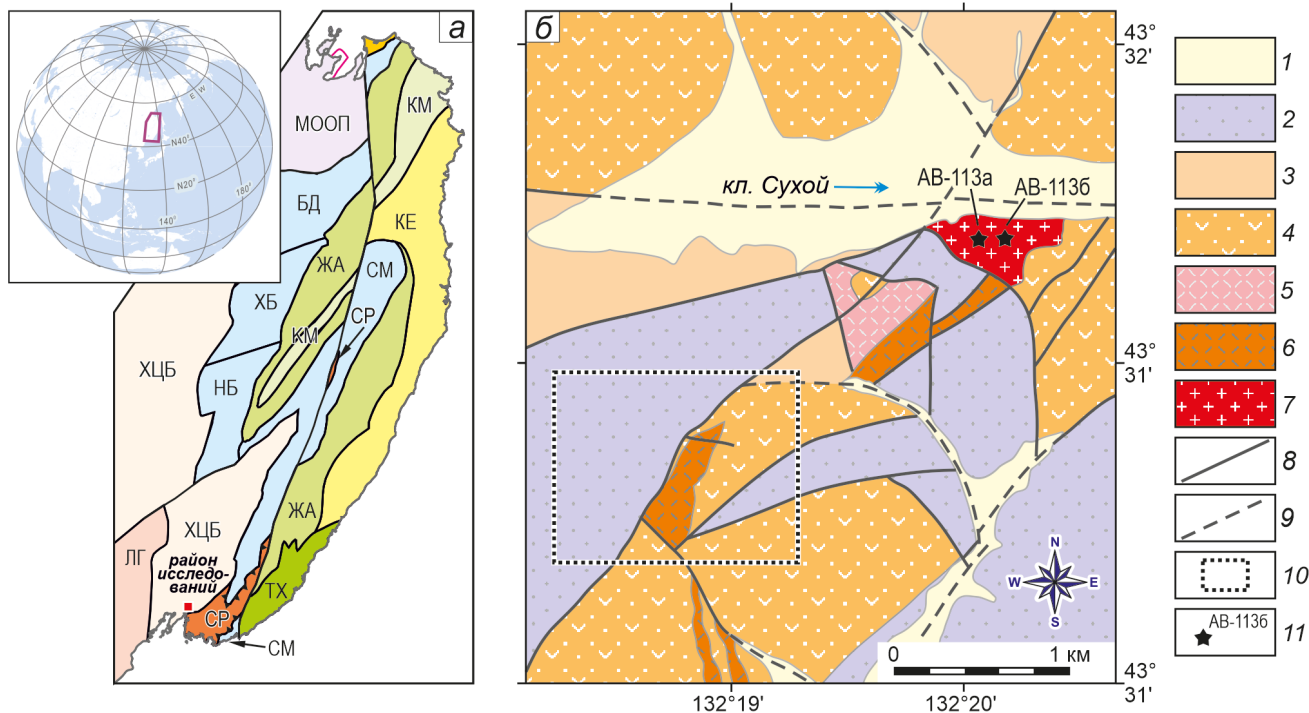


Рис. 1. Тектоническая схема Сихотэ-Алиня (а) и геологическая схема района исследований (б).

(а) Террейны Сихотэ-Алинского орогенного пояса: юрской аккреционной призмы – БД – Баджальский, НБ – Наданьхада-Бикинский, СМ – Самаркинский, ХБ – Хабаровский; позднеитон-готеривской аккреционной призмы: ТХ – Таухинский; готерив-раннеальбской аккреционной призмы: КМ – Киселевско-Маноминский; готерив-раннеальбской островной дуги: КЕ – Кемский; раннемелового турбидитового бассейна: ЖА – Журавлевско-Амурский; СР – Сергеевский терреин – аллохтоны палеозойской континентальной окраины, надвинутые на юрскую аккреционную призму; ХЦБ – Ханкайско-Цзямусы-Буреинский супертерреин – фрагмент раннепалеозойского континентального блока; ЛГ – Лаоелин-Гродековский терреин – фрагмент раннетриасовой аккреционной призмы, МООП – Монголо-Охотский орогенный пояс.

(б) Геологическая схема района рудопроявления «Сухое»: 1 – плиоцен-голоценовые отложения; 2 – терригенные образования нижнего и среднего триаса; 3 – поздней перми; 4–6 – средне-позднепермская владивостокская свита: вулканогенно-осадочный комплекс (4), субвулканические тела (5); туфы риолитов (6); 7 – синегорский гранодиоритовый комплекс; 8–9 – разломы: достоверные (8) и предполагаемые (9); 10 – участок рудопроявления «Сухое»; 11 – точки отбора проб.

Вместе с тем, согласно данным геологического картирования [4, 5], позднемеловые гранитоиды установлены и в юго-восточной части граничащего с Сихотэ-Алинем с запада Ханкайско-Цзямусы-Буреинского супертеррейна (ХЦБС) – фрагмента палеозойско-раннемезозойской окраины Палео-Азиатского континента, вдоль которой в юрско-раннемеловое время формировались породные комплексы Сихотэ-Алинского орогена. Эти интрузивы (Синегорский, Яковлевский, Крыловский и целый ряд небольших массивов), выделенные в синегорский комплекс турон-коньякского возраста, локализуются вдоль Шкотовского и Арсеньевского разломов, являющихся, соответственно, юго-западной и западной границами Сихотэ-Алинского орогена. Примечательно, что в самой юго-восточной части ХЦБС, выделяемой здесь в Вознесенский терреин [9], с этими гранитоидами связывают проявления вольфрамовой и золоторудной минерализации.

Позднемеловой возраст гранитоидов синегорского комплекса обосновывается, главным образом, геологической позицией (они прорывают терригенные отложения альб-сеноманской коркинской серии и туронской достоевской свиты). Единичные радиометрические датировки возраста К-Аг методом колеблются в пределах 109–78 млн лет. Однако отсутствие прецизионных геохронологических и геохимических данных для рассматриваемых пород существенно затрудняет сопоставление их с разновозрастными гранитоидами Сихотэ-Алинского орогена и, соответственно, уточнение этапности проявления магматической активности на восточной окраине Палео-Азии в меловое время, что, в свою очередь, необходимо для разработки непротиворечивых моделей геодинамической эволюции рассматриваемого региона.

В этой связи целью проведенного исследования было уточнение изотопно-геохимических и геохроно-

логических характеристик позднемеловых гранитоидов, локализующихся в непосредственной близости, но все же за пределами Сихотэ-Алинского орогенного пояса, для выяснения геодинамических условий их формирования и корреляции с основными мезозойскими геодинамическими событиями на Палео-Азиатской окраине – с одной стороны, а с другой – выявление конкретных геохимических критериев их потенциальной рудоносности для формирования золоторудных и вольфрамовых проявлений во вмещающих их пермских и триасовых терригенных и вулканогенно-осадочных толщах.

#### ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Объектом исследования выбран небольшой гранитоидный массив (рис. 1, б), относящийся, согласно [5], к синегорскому комплексу, расположенный на правом берегу ручья Сухой, правого притока р. Артемовка, в 6 км к северо-востоку от п. Заводской (Приморский край). Выбор данного массива (массив руч. Сухой) обусловлен тем, что с проявлением магматической активности синегорского комплекса связывается золотая и вольфрамовая минерализация во вмещающих эти гранитоиды пермских и триасовых породах (напр., рудопоявление Сухое, расположенное в 1 км юго-западнее объекта исследований). Таким образом, выявление петрогеохимических характеристик и последующая корреляция с одновозрастными гранитоидами в других районах Сихотэ-Алиния открывает перспективы для прогноза и поиска новых аналогичных рудных объектов. Спецификой рудопоявления золота Сухое является то, что рудные тела представлены маломощными (от нескольких до первых десятков метров при протяженности 500–800 м) зонами кварцевого прожилкования и метасоматитов с сульфидной вкрапленностью, при этом все золото концентрируется в сульфидах мышьяка и железа, при практически полном отсутствии самородного [8].

Согласно схеме тектонического районирования [9], позднемеловые гранитоиды руч. Сухой (равно как и большинство других массивов синегорского комплекса) расположены в юго-восточной части Вознесенского террейна ХЦБС, интерпретируемого как фрагмент дораннемезозойской континентальной окраины. В пределах данной части Вознесенского террейна закартированы [5] выходы пород пермского и триасового возраста (рис. 1, б). Пермские образования представлены двумя свитами – средне-позднепермской владивостокской, сложенной лавами и туфами вулканитов кислого и среднего состава, переслаивающимися с маломощными прослоями песчаников, содержащих линзы конгломератов и прослои

алевролитов, и позднепермской чандалазской, которая согласно залегает на владивостокской и включает песчаники, алевролиты, туфопесчаники, туфы кислого и среднего состава, конгломераты и линзы известняков. Триасовые породы, несогласно залегающие на пермских, представлены терригенными отложениями жидковской, каразинской, спутниковской и тракторной свит, характеризующихся многократным переслаиванием алевролитов, песчаных алевролитов, алевропесчаников и тонкозернистых песчаников.

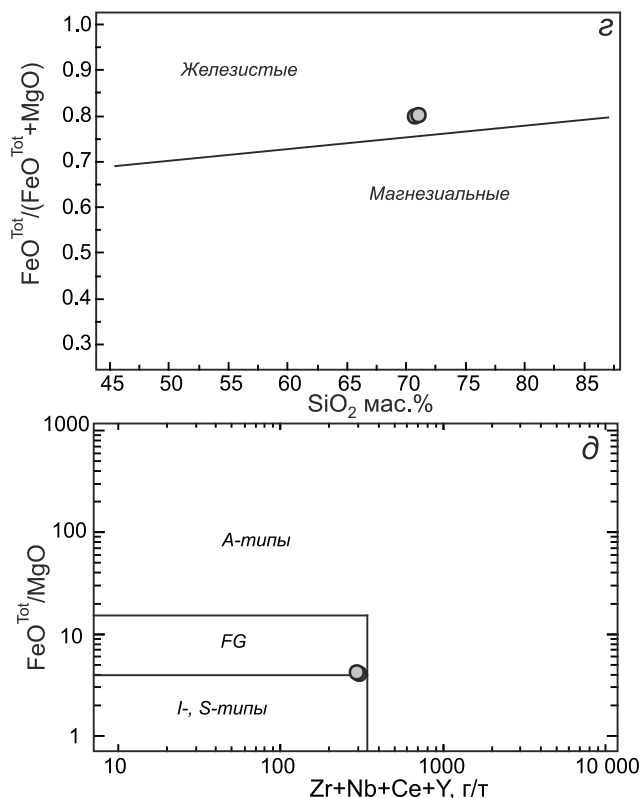
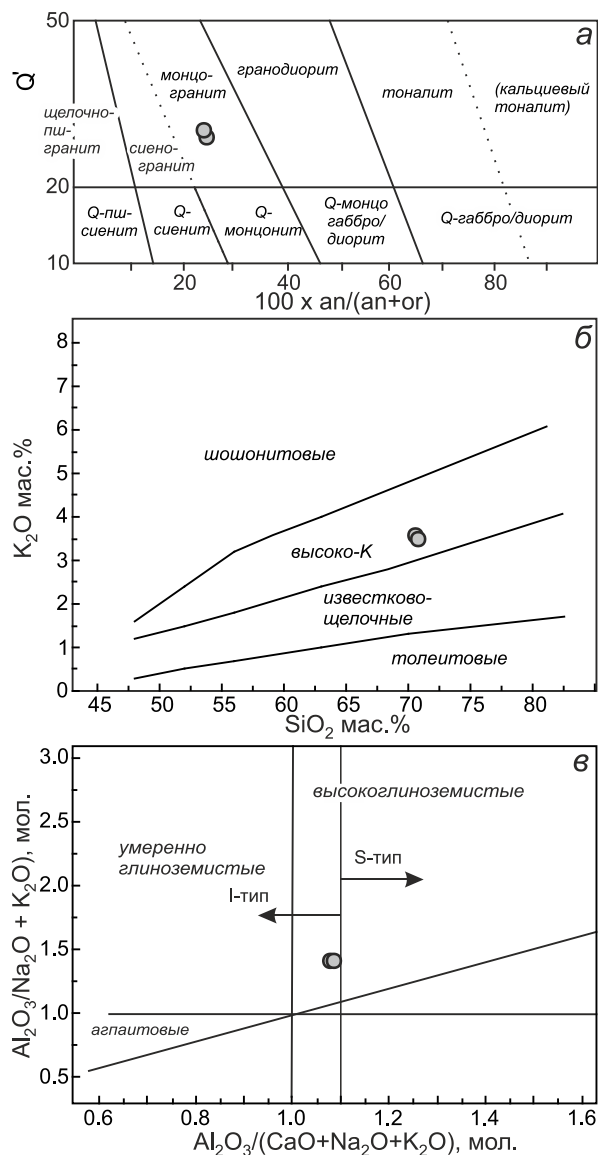
Вулканогенно-осадочные породы владивостокской свиты и триасовые терригенные породы ассоциируют с небольшой интрузией гранодиоритов позднемелового синегорского комплекса [5]. Размер интрузивного тела на поверхности составляет 0.8×0.3 км, а состав пород варьирует от гранодиоритов до монцогранитов. Характер взаимоотношения с вмещающими гранитоиды пермскими и триасовыми образованиями однозначно не установлен, в большинстве обнажений, главным образом на границе с триасовыми породами, он тектонический. В тех немногочисленных обнажениях (главным образом на границе с пермскими туфами андезитов), где предполагается интрузивный контакт, степень контактового метаморфизма вмещающих интрузив пород крайне незначительна.

Породы, слагающие массив, представляют собой желтовато-серые массивные, от мелко- (в приконтактных частях) до среднезернистых (в центральной), полнокристаллические разновидности, состоящие на 35–40 % из кристаллов плагиоклаза (часто зонального, краевые части сложены олигоклазом, а центральные – андезином), калиевого полевого шпата (микроклин) – 25–30 % и кварца – 20–25 %. В небольших количествах (~5 %) присутствуют роговая обманка и биотит. Структура равномернозернистая и гипидиоморфнозернистая. Акцессорные минералы: сфен, циркон, рудный минерал.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

U-Pb изотопное датирование цирконов проводилось методом LA-ICP-MS в центральной лаборатории региональной геологии и минерализации Хэбэйского университета (Key Laboratory of Regional Geology and Mineralization, Hebei GEO University, China). Для выбора конкретных участков датирования использовали изображения цирконов в проходящем и отраженном свете, в обратно рассеянных электронах (BSE) и катодоллюминесцентные снимки (CL), на которых видны внутренняя структура, зональность, трещиноватость и включения.

Геохимические исследования проводились в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, г. Влади-



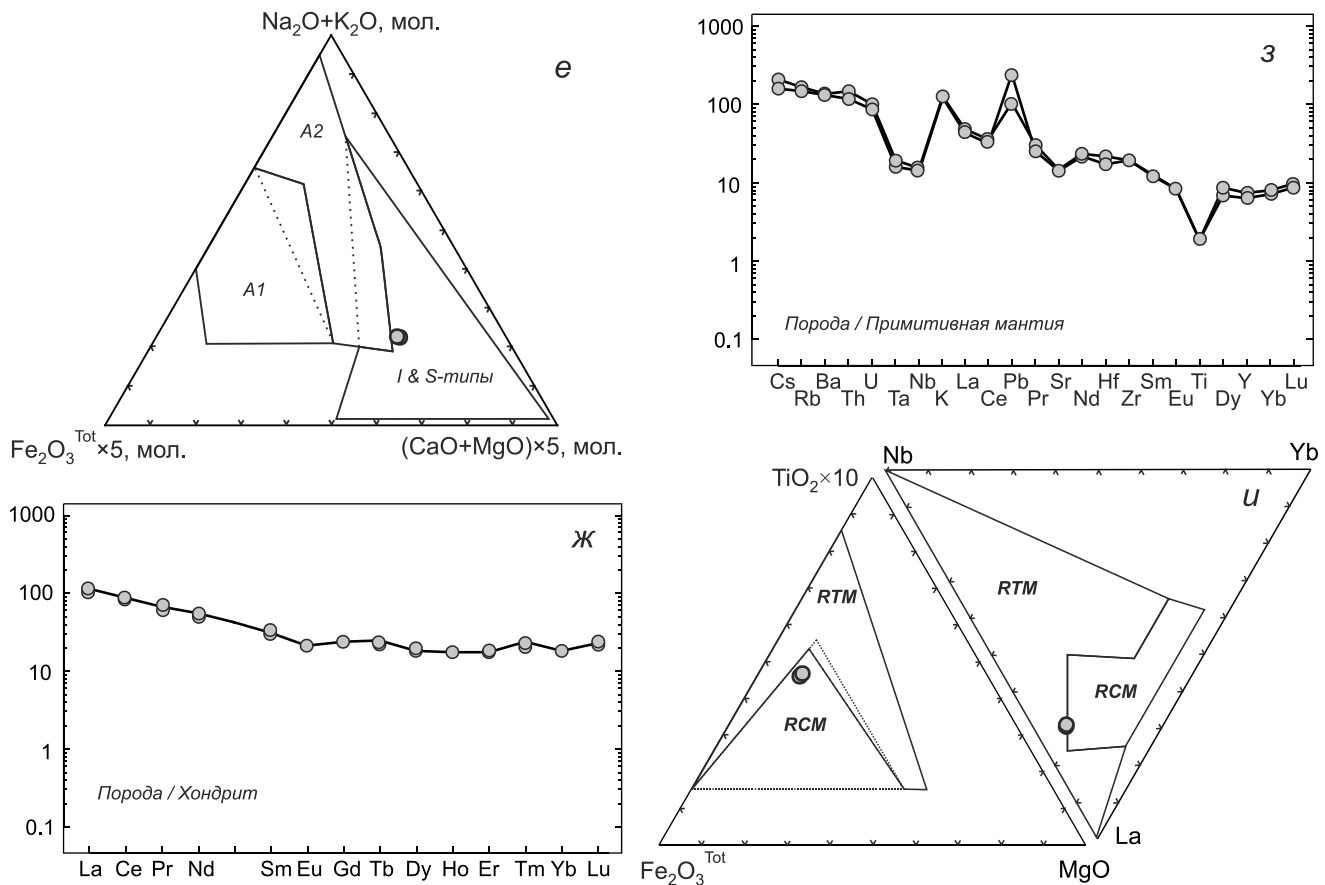
**Рис. 2.** Геохимические дискриминантные диаграммы для гранитоидов руч. Сухой.

(а) Q'(F')-ANOR диаграмма [18]; (б) K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> диаграмма, с полями низко-К, умеренно-К, высоко-К и шошонитовых известково-щелочных серий (мас. %; по [17]); (в) A/NK [=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)] – A/CNK [=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)] с полями высокоглиноземистых и умеренноглиноземистых магматических пород, мол. %; [14]; (з) FeO<sup>tot</sup>/(FeO<sup>tot</sup>+MgO) – SiO<sub>2</sub> с границей между железистыми и магнезиальными кремнекислыми породами, мас. %; [10]; (д) Zr+Nb+Ce+Y – FeO<sup>tot</sup>/MgO с полями геохимических типов гранитоидов [20];

восток, и выполнены методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС), масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) по стандартным методикам. Петрогенные элементы исследуемых образцов в пересчете на оксиды определены методом ИСП-АЭС на спектрометре iCAP 6500 Duo (Thermo Scientific, USA) с добавлением в качестве внутреннего стандарта раствора кадмия (концентрация 10 г/т). Определения H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> и SiO<sub>2</sub> выполнены методом гравиметрии, содержания железа закисного (FeO) – с помощью метода титриметрии. Определение примесных элементов выполнено методом ИСП-МС на спектрометре Agilent 7500c (Agilent Technologies, USA) с использованием в качестве внутренних стандартов <sup>115</sup>In и <sup>209</sup>Bi при конечной концентрации их в растворе 10 мг/т.

#### ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РУЧ. СУХОЙ

Согласно данным геохимического изучения, интрузивные образования на правом берегу руч. Сухой соответствуют по составу монцогранитам при SiO<sub>2</sub> = 69.7–69.9 мас. % (табл. 1, рис. 2, а). Им свойственны нормальная щелочность натриево-калиевого ряда, высококалиевый (рис. 2, б) и умеренно-высокоглиноземистый состав (A/NK = 1.4, A/CNK = 1.1) (рис. 2, в). Монцограниты имеют повышенный коэффициент железистости ~0.8 (рис. 2, з), подобно железистым (ferroan) гранитоидам, по [10], и, в то же время, характеризуются повышенными для железистых гранитоидов содержаниями (мас. %) MnO (0.07), MgO (0.77–0.79), CaO (1.65–1.72), TiO<sub>2</sub> (0.36–0.37) и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.08–0.1). Им свойственны значительные концентрации щелочных



(e)  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{Tot}} \times 5 - (\text{CaO}+\text{MgO}) \times 5$ , с полями геохимических типов магматических пород, A1 – поле кремнекислых пород внутриплитных геодинамических обстановок: океанических островов и континентальных рифтов; A2 – кислые магматические ассоциации, проявленные в геодинамических условиях внутри- и окраинно-континентального типов; S- и I-типы – прочие типы гранитоидов: синколлизионные, граниты вулканических дуг и континентальных окраин и др., мол. %; [2]; (ж) составы пород, нормированные по хондриту [19]; (з) составы пород, нормированные по примитивной мантии [15]; (u)  $\text{TiO}_2 \times 10 - \text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{Tot}} - \text{MgO}$  и Nb–La–Yb с полями магматических пород зон надсубдукционного островодужного и окраинно-континентального типов (конвергентных окраин) – RCM, и магматических пород границ скольжения литосферных плит (трансформных окраин континентов, островных дуг) – RTM [3].

и щелочноземельных элементов (K, Rb, Cs, Sr и Ba) и умеренные содержания высокозарядных (Zr, Nb, Ga и Y < 350 г/т) и редкоземельных элементов (за исключением Eu). Форма спектров распределения РЗЭ изученных образцов сходна, фиксируется незначительное обогащение LREE/HREE (6.4–6.5) и невысокие значения  $(\text{La}/\text{Yb})_N = 5.9\text{--}6.1$ , при отсутствии Eu аномалии ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.74\text{--}0.78$ ) (рис. 2, ж). Общее содержание REE варьирует от 140 до 155 г/т (табл. 1). На спайдер-диаграмме (рис. 2, з) нормализованные к примитивной мантии значения имеют отрицательные аномалии Ta, Nb и Ti и положительные K, и Pb, т.е. характеризуются высокодифференцированными составами магматических пород I-геохимического типа. Об этом же свидетельствует их положение на дискриминантных диаграммах [2, 20], (рис. 2, д, e). На диаграммах, апробированных для интерпретации геодинамических обстановок [3], составы монцогранитов руч.

Сухой попадают в поля пород, характерных для надсубдукционного островодужного и континентально-окаинного типа (конвергентных окраин) (рис. 2, u).

Для U-Pb изотопного датирования был отобран не измененный вторичными процессами образец монцогранита, из которого после дробления и измельчения были выделены цирконы с использованием стандартной методики. Из выделенной совокупности цирконов (более 100 экземпляров) для анализа было отобрано 20 наиболее представительных зерен, не содержащих видимых включений. Практически все отобранные кристаллы цирконов характеризуются четко выраженной осцилляторной зональностью, а отношения Th/U всех зерен колеблются от 0.36 до 0.79, что свидетельствует об их магматическом происхождении. Полученные изотопные данные и средневзвешенные значения U-Pb возраста на основе

Таблица 1. Химический (мас. %) и микроэлементный (г/т) состав интрузива руч. Сухой.

Компонент	АВ-113а	АВ-113б	Компонент	АВ-113а	АВ-113б	Компонент	АВ-113а	АВ-113б
SiO <sub>2</sub>	69.68	69.85	Cr	98.48	91.63	Pr	7.67	6.46
TiO <sub>2</sub>	0.36	0.37	Co	4.42	3.81	Nd	28.72	26.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.83	14.67	Ni	1.51	1.98	Sm	5.18	4.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.15	1.45	Cu	5.27	8.10	Eu	1.26	1.25
FeO	2.09	1.81	Zn	45.61	43.16	Gd	5.25	4.89
MnO	0.07	0.07	Ga	17.23	15.27	Tb	0.83	0.94
MgO	0.79	0.77	Rb	100.7	87.18	Dy	5.72	4.66
CaO	1.72	1.65	Sr	296.1	276.2	Ho	1.02	0.99
Na <sub>2</sub> O	4.13	4.11	Y	31.67	27.25	Er	3.27	2.96
K <sub>2</sub> O	3.54	3.45	Zr	204.8	204.2	Tm	0.53	0.63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.10	Nb	10.22	9.18	Yb	3.46	3.14
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.25	0.26	Mo	7.79	6.53	Lu	0.66	0.59
LOI	1.03	1.06	Sn	1.46	1.49	Hf	6.16	4.94
Σ	99.71	99.61	Cs	1.30	1.26	Ta	0.70	0.60
Be	2.03	1.65	Ba	888.8	863.1	W	6.00	5.23
Sc	9.11	8.69	La	31.12	27.39	Pb	15.68	36.43
V	28.97	25.17	Ce	60.50	53.95	Th	11.59	9.32
						U	2.04	1.75

Таблица 2. LA-ICP-MS U-Pb изотопные данные по цирконам гранитоидов руч. Сухой.

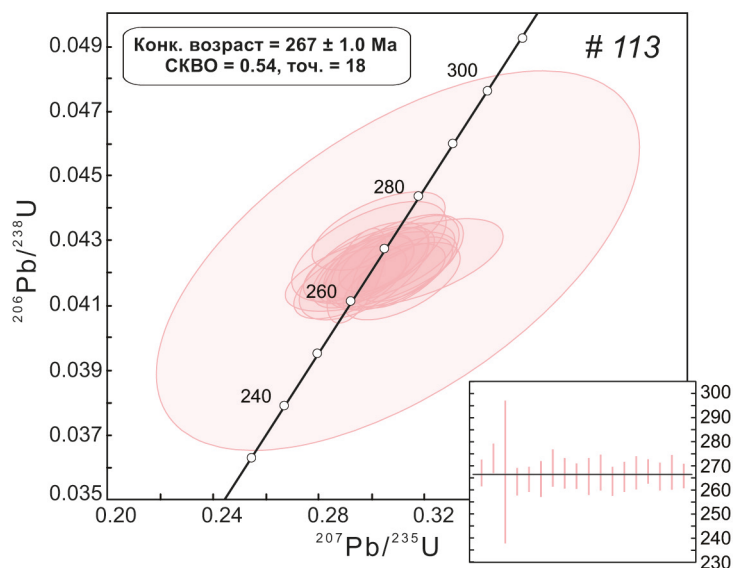
Образец	Pb	Th	U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (возраст, млн лет)
АВ-113-01	11	133	218	0.3017±80	0.0423±4	0.0333±57	267±3
АВ-113-02	17	56	148	0.7689±277	0.0931±11	0.0598±77	574±6
АВ-113-03	6	46	112	0.3027±102	0.0433±5	0.0239±75	273±3
АВ-113-04	10	93	194	0.3100±374	0.0424±24	0.0328±256	268±15
АВ-113-05	8	68	155	0.2919±86	0.0417±5	0.0239±70	264±3
АВ-113-06	8	67	156	0.3068±85	0.0419±4	0.0346±65	265±3
АВ-113-07	21	197	387	0.2943±44	0.0419±6	0.0228±21	265±4
АВ-113-08	7	63	138	0.2990±119	0.0427±6	0.0220±89	269±4
АВ-113-09	9	77	171	0.3029±117	0.0423±5	0.0287±99	267±3
АВ-113-10	10	105	196	0.2977±74	0.0421±4	0.0257±62	266±3
АВ-113-11	11	124	217	0.2971±100	0.0421±6	0.0250±80	266±4
АВ-113-12	6	44	122	0.3086±106	0.0423±6	0.0332±80	267±4
АВ-113-13	7	53	134	0.3115±90	0.0418±5	0.0387±65	264±3
АВ-113-14	11	139	201	0.2999±133	0.0420±5	0.0265±98	266±3
АВ-113-15	6	52	123	0.3158±138	0.0423±5	0.0369±94	267±3
АВ-113-16	11	101	204	0.3056±73	0.0424±4	0.0300±52	268±2
АВ-113-17	13	182	229	0.2967±78	0.0421±5	0.0250±59	266±3
АВ-113-18	9	83	177	0.3128±83	0.0423±6	0.0354±59	267±4
АВ-113-19	16	201	297	0.3127±73	0.0421±4	0.0361±52	266±3
АВ-113-20	11	124	217	0.2971±100	0.0421±6	0.0250±80	266±4

Примечание. Средневзвешенный возраст <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U рассчитан по точкам 1, 3–10 и 12–20 и составляет 267 млн лет, 1σ – погрешности единичных анализов (отношений, возрастов). Величина погрешности соответствует последним знакам после запятой.

определений в 20 цирконах для исследуемого образца монцогранита приведены в таблице 2.

Анализ полученных изотопных данных позволил установить, что основная масса проанализированных цирконов по изотопным отношениям (табл. 2) дает конкордантное значение возраста (рис. 3), равное 267 ±

3 млн лет (средняя перль). Лишь только по одному кристаллу циркона (табл. 2, АВ-113-02) значение возраста составляет 574 ± 6 млн лет. Учитывая магматическую природу исследованных цирконов, полученную дату (~267 млн лет) можно принять в качестве оценки возраста формирования гранитоидов руч. Сухого.



**Рис. 3.** Диаграмма конкордий и средневзвешенная оценка возраста по результатам LA-ICP-MS датирования цирконов из массива монцогранитов руч. Сухой.

Гранитоиды близкого возраста в пределах южной части Вознесенского террейна (не более 50 км к юго-западу от массива руч. Сухой) изучены на полуострове Муравьева-Амурского и островах Русский, Попова, Шкота [7]. Они представлены поздней ассоциацией Островорусского ( $250 \pm 4$  млн лет) и Седанкинского ( $261 \pm 3$  млн лет) массивов, сложенных преимущественно гранодиоритами и гранитами. По геохимическим характеристикам это умереннокалиевые, железистые, слабо пересыщенные глиноземом породы, по соотношению щелочей и кальция соответствуют щелочно-известковистым разновидностям. Согласно данным [7], гранитоиды южной части Вознесенского террейна по особенностям вещественного состава соотносятся с обстановкой трансформного скольжения.

Средне-позднепермские гранитоиды широко проявлены и на сопредельной территории северо-восточного Китая [21] и локализируются, главным образом, в обрамлении Солонкер-Чхонгиен (Хар Морон) сутуры, маркирующей зону коллизии [9] Северо-Китайского кратона с Амурским палеоконтинентом (Малохинганский, Буреинский, Цзямусы и Ханкайский докембрийско-раннепалеозойские блоки, спаянные воедино в конце кембрия – начале ордовика). Петрогеохимические характеристики этих пород, в отличие от гранитоидов южной части Вознесенского террейна, указывают на аккреционную (надсубдукционную) и коллизионную обстановки их формирования, что согласуется с полученными нами данными по гранитоидами массива руч. Сухой. Вероятно, процесс коллизии Амурского палеоконтинента с северо-восточной окраиной Северо-Китайского кратона сочетал в себе несколько сценариев – на одних участках преобладал режим субдукции (погло-

щение Солонкерского океанического бассейна), а на отдельных взаимоотношение носило трансформный характер.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, учитывая данные U-Pb изотопного датирования, возраст гранитоидов правобережья руч. Сухой установлен как среднепермский и близок возрасту вулканитов владивостокской свиты, на основании чего сопоставление и корреляция их с меловыми гранитоидами Сихотэ-Алинского орогена становятся невозможными. По совокупности геохимических характеристик они относятся к магматическим породам I-типа и соответствуют надсубдукционным магматитам окраинно-континентального или островодужного типа, характеризуя, таким образом, геодинамическую обстановку активной окраины для некоторой части восточного края Палео-Азиатского континента в среднепермское время.

Полученные датировки по среднепермскому возрасту гранитоидов изученного массива не позволяют рассматривать его и в качестве рудогенерирующей системы, обусловившей вольфрамовую и золоторудную минерализацию в более молодых, вмещающих данный интрузив средне-позднепермских и триасовых образованиях. В этой связи вопрос об источнике рудной минерализации в данном районе остается открытым и требует дальнейших исследований.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны рецензенту член-корреспонденту Н.Н. Круку и научному редактору журнала академику А.И. Ханчуку за полезные советы и заме-

чания, позволившие улучшить качество статьи. Работа выполнена по госзаданию ДВГИ ДВО РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенников А.В., Попов В.К., Ханчук А.И. Опыт петрохимической типизации кислых вулканических пород различных геодинамических обстановок // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 3. С. 68–73.
2. Гребенников А.В. Гранитоиды А-типа: проблемы диагностики, формирования и систематики // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 9. С. 1356–1373.
3. Гребенников А.В., Ханчук А.И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа. Основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы // Тихоокеан. геология. 2021. Т. 40, № 1. С. 3–24.
4. Кандауров А.Т. (Ред.). Российской Федерации. 1:200 000. Издание второе, Ханкайская серия. L-53-XXXI (Спасск-Дальний). СПб: ВСЕГЕИ, 2017.
5. Кандауров А.Т. (Ред.). Российской Федерации. 1:200 000. Издание второе, Ханкайская серия. K-53-I (Артем). СПб: ВСЕГЕИ, 2017.
6. Кемкин И.В., Гребенников А.В. Геодинамическая обстановка формирования позднемеловых гранитоидов центрального Сихотэ-Алиня // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 4. С. 20–37.
7. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Киселев В.И., Крук Е.А., Руднев С.Н., Серов П.А., Касаткин С.А., Москаленко Е.Ю. Палеозойские гранитоиды южной части Вознесенского террейна (Южное Приморье): возраст, вещественный состав, источники расплавов и обстановки формирования обстановок // Тихоокеан. геология. 2018. Т. 37, № 3. С. 32–53.
8. Молчанов В.П., Кемкин И.В., Андросов Д.В., Яковенко В.В. «Невидимое» золото минерализованных зон Южного Приморья (рудопоявление Сухое) // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 4. С. 82–91.
9. Ханчук А.И. (Ред.). Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 и 2. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
10. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. A geochemical classification for granitic rocks // J. Petrol. 2001. V. 42, N 11. P. 2033–2048.
11. Grebennikov A.V., Khanchuk A.I., Gonevchuk V.G., Kovalenko S.V. Cretaceous and Paleogene granitoid suites of the Sikhote-Alin area (Far East Russia): Geochemistry and tectonic implications // Lithos. 2016. V. 261. P. 250–261.
12. Grebennikov A.V., Kasatkin, S.A. Paleocene A-type igneous suites in the Sikhote-Alin (the East Asian continental margin): Petrological, geochronological, isotopic, and geodynamic constraints // Geoscience Frontiers. 2023. V. 14, N 6: 101673.
13. Kemkin I.V., Grebennikov A.V., Ma Xing-Hua, Sun Ke-Ke. Late Cretaceous granitoids of the Sikhote-Alin orogenic belt, southeastern Russia: implications for the Mesozoic geodynamic history of the eastern Asian continental margin // J. of the Geological Society. 2022. V. 179, N 4: jgs2021-109.
14. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // GSA Bulletin. 1989. V. 101. P. 635–643.
15. McDonough W.F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. V. 120. P. 223–253.
16. Pearce J.A., Harris, N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // J. of Petrology. 1984. V. 25, N 4. P. 956–983.
17. Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey // Contrib. Miner. Petrol. 1976. V. 58. P. 63–81.
18. Streckeisen A.L., Le Maitre R.W. A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks // Neues Jahrb. Mineral. Abh. 1979. V. 136. P. 169–206.
19. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the ocean basins / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. London Spec. Publ. 1989. V. 42. P. 313–345.
20. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discriminations and petrogenesis // Contrib. Miner. Petrol. 1987. V. 95, N 4. P. 407–419.
21. Wu F.Y., Sun D.Y., Ge W.C. Zhang Y.-B., Matthew L., Grant M.L., Wilde S.A., Jahn B.-M. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China // J. Asian Earth Sci. 2011. V. 41. P. 1–30.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком  
после доработки 28.03.2024 г.  
принята к печати 15.04.2024 г.

*I.V. Kemkin, A.V. Grebennikov, S.A. Kasatkin*

#### **New age data on granitoids of the southeastern Voznesenka terrane in southern Primorye**

The paper presents new isotopic, geochemical and geochronological data on granitoids of the south-eastern Voznesenka terrane of the Khanka block of the Amur paleocontinent. These granitoids are assumed to be a source of gold and tungsten mineralization in the host Late Paleozoic and Early Mesozoic strata. Initially, granitoids were assigned a Late Cretaceous age, however, U-Pb dating on zircons gave a middle Permian age ( $\sim 267 \pm 3$  Ma), which contradicts the idea of their being an ore-generating system that triggered the formation of mineralized zones in the associated younger volcanic-sedimentary and terrigenous formations of the Middle-Late Permian and Triassic age, respectively.

**Key words:** U-Pb isotopic dating, middle Permian magmatism, Sukhoeye ore occurrence, Khanka massif.