——— ГЕОЛОГИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ——

УДК 553.41/550.93

ВОЗРАСТ И ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУТЫН, ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ

© 2022 г. А. М. Азарян^{1,2,*}, Е. В. Баданина¹, В. М. Саватенков^{1,3}, член-корреспондент РАН А. Б. Кузнецов^{1,3}

> Поступило 22.08.2022 г. После доработки 05.09.2022 г. Принято к публикации 07.09.2022 г.

Впервые определен U–Pb- и Rb–Sr-возраст гранодиоритов Биранджинского массива, с которым пространственно связано золотое оруденение месторождения Кутын в Хабаровском крае. Изотопно-геохронологические данные показывают хорошую сходимость: конкордантный U–Pb-возраст циркона равен 90.7 \pm 1.7 млн лет (SIMS), Rb–Sr-возраст по валовой пробе пород и минералам – 92.7 \pm 0.4 млн лет. Низкие значения єNd(t) (около –0.8) и высокие первичные отношения ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (0.7051–0.7053) относительно параметров деплетированной мантии предполагают, что гранодиориты образовались при участии континентальной коры. Становление Биранджинского массива совпадает со вторым этапом развития Хингано-Охотского вулкано-плутонического пояса. Rb–Sr-возраст золотоносных кварц-карбонат-серицитовых метасоматитов месторождения Кутын равен 79.3 \pm 0.5 млн лет. Полученные изотопно-геохронологические данные указывают на временной разрыв (около 10–12 млн лет) между кристаллизацией гранодиоритов и формированием метасоматитов, что позволяет предполагать аллометасоматическую природу золотого оруденения.

Ключевые слова: циркон, U–Pb-возраст, Rb–Sr-система, Биранджинский массив, гранодиориты, метасоматиты, золоторудное месторождение Кутын

DOI: 10.31857/S2686739722601685

Месторождение Кутын расположено в Тугуро-Чумиканском районе Хабаровского края России, в южной части Тугурского полуострова между Тугурским и Ульбанским заливами Охотского моря. Это месторождение находится в 113 км к северовостоку от Албазинского рудного поля с промышленной добычей золота [1]. Месторождение Кутын было открыто геологами Дальневосточного территориального геологического управления в 1970-е годы как перспективное для разработки на золото. С 2011 г. на месторождении проводились масштабные геологоразведочные работы, которые подтвердили его перспективность [2]. Месторождения Албазинское и Кутын размещены в одной тектонической структуре – Ульбанском террейне Монголо-Охотского орогенного пояса, а золоторудные тела локализованы в серицит-карбонат-кварцевых метасоматитах.

Формирование крупных промышленных месторождений золота, меди, вольфрама, олова в Сихотэ-Алине и сопредельных территориях связано с обстановкой трансформной континентальной окраины в альб-сеноманское время 110-95 млн лет назад [3]. Несмотря на то что месторождение Кутын является важным сырьевым объектом ресурсной базы Хабаровского края, публикации о нем крайне ограничены [4], а попытки оценить его возраст изотопно-геохронологическими методами ранее не предпринимались. В этой работе мы представляем результаты изотопно-геохронологического изучения гранодиоритов Биранджинского массива и карбонат-серициткварцевых метасоматитов, с которыми пространственно связана золоторудная минерализация месторождения Кутын.

Месторождение Кутын находится в северо-западной части Ульбанского террейна, образование которого произошло в юрско-раннемеловое время в результате аккреции юрских окраинно-континентальных шельфовых и турбидитовых комплексов к Северо-Азиатскому кратону и Монголо-Охотскому поясу в условиях сдвиговых перемещений в трансформной обстановке калифорнийского типа юрской континентальной окраины региона [3]. Терригенные отложения

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²АО "Полиметалл Инжиниринг", Санкт-Петербург, Россия

³Институт геологии и геохронологии докембрия

Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

^{*}E-mail: adel-sagitova@yandex.ru

Ульбанского террейна перекрыты с угловым несогласием верхнемеловыми вулканическими породами Ульбанского, Талимо-Алгатинского и Эвурского полей, представляющих периферию Восточно-Сихотэ-Алинской вулканической провинции [5]. Вулканиты принадлежат андезибазальтовой и риодацитовой подформациям наземно-вулканогенной (субаэральной) порфировой формации и распространены в пределах восточной части Ульбанского террейна [2]. Возраст вулканитов определен К-Аг-методом и составляет 103 млн лет [6]. Юрские терригенные породы и меловые вулканиты в районе месторождения Кутын прорываются интрузивами ульбанского комплекса, который принадлежит к Хингано-Охотскому вулкано-плутоническому поясу [3].

Рудные зоны месторождения Кутын локализованы в эндо- и экзоконтактах трехфазного Биранджинского массива (рис. 1). Первая фаза представлена габбродиоритами, диоритами и диоритовыми порфирами. Вторая фаза – кварцевыми диоритами, гранодиоритами и гранодиорит-порфирами. Третья фаза – гранитами, гранит-порфирами и дайками аплитов. Наибольшее распространение получили гранодиориты второй фазы, которыми на территории месторождения сложен штокообразный массив площадью около 12.5 км². Дайковый комплекс представлен породами основного и кислого состава. Прожилкововкрапленное оруденение локализовано в кварцкарбонат-серицитовых метасоматитах, развивающихся по гранодиоритам и песчаникам и соответствующих березитовой формации. В центральных частях зон метасоматитов размещаются линейные штокверки прожилков кварц-серициткарбонатного состава и брекчии с кварцевым цементом, характеризующиеся высоким содержанием золота [2]. Содержание золота в руде достигает 76 г/т, в среднем составляя 3 г/т. На месторождении Кутын выделено 10 основных рудных зон, расположенных в эндо- и экзоконтактах Биранджинского массива. В серицит-кварцевых метасоматитах, развивающихся по песчаникам, локализованы рудные зоны Седловинная, Итыльская, Юбилейная, Южная, Открытая, Родниковая и Дельинская, а по гранодиоритам – Геофизическая, Джуаты и Перевальная.

На основе изучения петрографии и минералогии рудных зон на месторождении Кутын нами были выделены четыре последовательные рудные парагенетические ассоциации: пирит-арсенопиритовая, золото-тетраэдрит-арсенопиритовая, золото-пиритовая и теллуридная, отвечающие двум стадиям минералообразования — метасоматической и жильной. В зоне окисления развита гетит-арсенатная ассоциация гипергенного этапа. Наиболее распространенными рудными минералами являются пирит и арсенопирит, для которого характерны примеси Sb и Te. Самородное золото характеризуется пробностью 650–780‰, реже – 810–890‰. Значительное количество золота содержится в арсенопирите. Другие минеральные формы благородных металлов представлены Ад-содержащим тетраэдритом, акантитом, теллуридами: гесситом, петцитом и штютцитом. Помимо перечисленных выше теллуридов Au и Ag, в рудах присутствуют алтаит, теллурантимон и колорадоит [7].

Наиболее ранние метасоматические изменения гранодиоритов привели к хлоритизации роговой обманки и биотита с образованием шамозита и реже клинохлора. Температура кристаллизации хлорита, рассчитанная по минеральному геотермометру [8], варьирует в интервале 230-280°С. Рудоносный метасоматический процесс проявляется в карбонатизации роговой обманки и плагиоклаза (№ 40), серицитизации плагиоклаза, биотита, калиевого полевого шпата, хлорита и окварцевании. Слюды представлены тонкочешуйчатым серицитом, в котором отсутствует парагонитовая составляющая, реликтовые слюды отвечают магнезиальным аннитам [7]. Температура гомогенизации двухфазных флюидных включений в кварце березитов предполагает, что серицит образовался в интервале от 240 до 370°С.

Для определения возраста Биранджинского массива из биотит-роговообманковых гранодиоритов (обр. К-348) был выделен циркон, а также биотит и калиевый полевой шпат. Для определения возраста рудной минерализации из карбонатсерицит-кварцевого с сульфидной вкрапленностью метасоматизированного гранодиорита (обр. К-558/5, рудная зона Джуаты, содержание Au 4.8 г/т) были выделены альбитизированный калиевый полевой шпат с низким содержанием рубидия (125 г/т Rb) и серицит.

Циркон из гранодиоритов Биранджинского массива представляет собой бесцветные или слабоокрашенные призматические, реже игольчатые идиоморфные кристаллы размером 120–250 мкм, отвечающие морфотипу G1 [9]. Коэффициент удлинения меняется от 2 до 7. Примесь Нf варьирует от 0.7 до 1.5 мас. %, составляя в среднем 1.1 мас. %. На CL-изображениях зерен циркона наблюдается тонкая ритмичная, реже грубая магматическая зональность, иногда секториальность (рис. 2). В некоторых цирконах присутствуют унаследованные ядра. Минеральные включения в цирконе не обнаружены.

U–Pb-возраст циркона из гранодиоритов II фазы Биранджинского массива был определен на вторично-ионном масс-спектрометре SHRIMP II (ЦИС ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург) по методике [10]. Rb–Sr- и Sm–Nd-изотопные исследования проводились в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (Санкт-Петербург). Выделение Rb, Sr, Sm и Nd из пород и минералов для



Рис. 1. Схематическая карта месторождения Кутын (по [2], с дополнениями авторов). 1 - аллювиальные отложения Qal, <math>2 - пролювиальные отложения Qpr, 3 - андезиты K_2 , 4 - терригенные образования J_1 , 5 - терригенные образования D_2 ; 6 - 9 - интрузивные образования K_2 : 6 - диориты и габбродиориты, 7 - гранодиориты и гранодиорит-порфиры, 8 - граниты, 9 - дайки андезитов, 10 - разломы: крупные (а) и менее крупные (б); 11 - рудные зоны; 12 - ореолы околорудных березитовых изменений. Звездочками указаны места отбора проб.

изотопных исследований проводилось согласно методике [11]. Изотопный состав Nd и Sr определялся на многоколлекторном твердофазном масс-спектрометре Triton TI. Определение концентраций Rb, Sr, Sm и Nd и отношений ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr и ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd проводились методом изотопного разбавления. Воспроизводимость определения концентраций Rb. Sr. Sm и Nd. вычисленная на основании многократных анализов стандарта BCR-1, соответствует $\pm 0.5\%$. Величина холостого опыта составляла: 0.05 нг для Rb, 0.2 нг для Sr, 0.3 нг для Sm, 0.5 нг для Nd. В период измерений среднее значение ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr в стандарте SRM-987 соответствовало 0.710241 ± 15 (2σ, 10 измерений), а величина ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd в стандарте JNdi-1 – 0.512098 ± 8 (2 σ , 12 измерений). Погрешность измерения отношения 87 Sr/ 86 Sr составляла $\pm 0.007\%$ $(2\sigma), {}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr} - \pm 1\%$ (2 σ). При расчете возраста использовано значение λ^{87} Rb = 1.3972 × 10⁻¹¹ год⁻¹ [12]. Расчет проведен в программе Isoplot R.

U–Pb-конкордантный возраст циркона из гранодиоритов Биранджинского массива равен 90.7 ± 1.7 млн лет (9 точек, CKBO = 0.26) (рис. 3).

Полученный U–Pb-возраст древнее опубликованных К–Ar-датировок пород ульбанского комплекса, к которому относится Биранджинский массив (70–84 млн лет [13]).

189

Одно зерно циркона с тонкой ритмичной зональностью имеет возраст 335.9 ± 4.6 млн лет (ранний карбон). Вероятно, это зерно является захваченным из вмещающих пород, что согласуется с возрастом детритового циркона из алевролитов раннеюрской соруканской свиты и из песчаников среднеюрской налдындинской свиты Ульбанского террейна [14].

Rb—Sr-изотопные данные для породы в целом и минералов (КПШ, K-Na полевой шпат и биотит) из образца K-348 образуют эрохронную зависимость, отвечающую возрасту 93 ± 1 млн лет (рис. 4 а), который хорошо согласуется с возрастом, определенным по циркону из этих же пород — 90.7 ± 1.7 млн лет.

Минералы (серицит и альбитизированный калиевый полевой шпат) и валовая проба образца K-558/5 из метасоматита, развитого по гранодиориту, образуют изохронную зависимость с возрастом 79.3 \pm 0.5 млн лет (рис. 4 б, табл. 2).



Рис. 2. Катодолюминесцентные изображения кристаллов циркона из гранодиоритов Биранджинского массива. Окружностями обозначены области изотопного датирования, номера точек соответствуют таковым в табл. 1.

Величина $\varepsilon_{Nd}(t)$ и первичное отношение ${}^{87}Sr/{}^{86}Sr$ в образцах гранодиорита и метасоматита показывают близкие значения, соответственно: -0.77 и 0.70514, -0.81 и 0.70532 (табл. 2). Эти зна-



Рис. 3. Диаграмма с конкордией для зерен циркона из гранодиоритов Биранджинского массива в координатах $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} - ^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Эллипсы – погрешность каждого анализа на уровне 1 σ . Погрешности вычисленных значений возраста – 2σ .

чения существенно отличаются от параметров деплетированной мантии. Такое различие предполагает, что расплав гранодиоритов формировался при участии вещества континентальной коры. Сходство первичных изотопных характеристик Sr и Nd в образцах гранодиоритов и метасоматитов может свидетельствовать об отсутствии сколь-либо значительного привноса стронция и неодима флюидом в зону рудоотложения и подтверждает материнскую природу гранодиорита.

N⁰	Содержание				²³² Th/ ²³⁸ U	Измеренные отношения				Rho	Возраст, млн лет	
	²⁰⁶ Pb _c , %	U, ppm	Th, ppm	²⁰⁶ Pb*		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1 σ , %	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±1 0 ,%		²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±
5	4.35	102	75	1.26	0.76	0.01375	3.6	0.077	55	0.066	88.0	3.2
6	4.33	102	111	1.27	1.12	0.01384	3.6	0.081	52	0.069	88.6	3.2
8	1.62	265	156	3.21	0.61	0.01391	2.0	0.078	20	0.097	89.0	1.8
2	1.66	255	151	3.13	0.61	0.01405	2.0	0.081	19	0.106	90.0	1.8
10	1.92	102	103	1.26	1.04	0.01411	3.0	0.089	24	0.125	90.3	2.7
3	2.21	80	70	1.00	0.90	0.01419	3.0	0.135	18	0.162	90.8	2.7
7	2.37	85	94	1.08	1.14	0.01441	3.3	0.102	26	0.125	92.2	3.0
1	5.41	63	44	0.845	0.72	0.01476	4.7	0.082	71	0.067	94.4	4.4
4	2.43	156	95	2.07	0.63	0.01507	2.5	0.091	28	0.088	96.4	2.4
9	0.27	250	121	11.5	0.50	0.05349	1.4	0.387	5.2	0.268	335.9	4.6

Таблица 1. Результаты локального U—Pb-анализа циркона из гранодиорита Биранджинского массива (проба К-348)

Примечание. Pb и Pb* — нерадиогенный и радиогенный Pb соответственно. Rho — коэффициент корреляции 207 Pb*/ 235 U и 206 Pb/ 238 U.



Рис. 4. Породно-минеральная эрохрона (а) по биотиту, КПШ и породе в целом для гранодиорита (К-348) и породно-минеральная изохрона (б) по мусковиту (серициту), КПШ и валу для карбонат-серицит-кварцевого метасоматита (К-558/5).

Таким образом, первые данные о возрасте гранодиоритов Биранджинского массива, полученные разными изотопными методами (U–Pb по циркону и Rb–Sr по минералам и породе), находятся в хорошем согласии – 90.7 и 92.7 млн лет. Время кристаллизации пород Биранджинского массива соответствуют второму этапу магматизма Хингано-Охотского вулкано-плутонического пояса 110–80 млн лет назад [15].

Возраст золотоносных кварц-серицит-карбонатных метасоматитов месторождения Кутын, определенный Rb–Sr-методом, соответствует 79.3 млн лет. Выявленный временной разрыв между формированием гранодиоритов и березитов противоречит представлению о связи метасоматизирующих флюидов с Биранджинским массивом. Золоторудные системы, связанные с интрузивными комплексами, являются одновозрастными с материнским интрузивом: разница в возрасте составляет не более 2 млн лет [16]. Так, на месторождении Дарасун в Восточном Забайкалье золоторудная минерализация в березитах почти синхронна формированию гранодиорит-порфиров, с которыми связана пространственно и парагенетически — 159.6 \pm 1.5 и 160.5 \pm 0.4 млн лет соответственно [17]. В то же время магматогенная приро-

Обр.		Rb, мкг/г	Sr, мкг/г	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr измерен.	$\pm 2\sigma$	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (t*)		
K-348	вал	100.2	287.9	1.007	0.70662	6	0.70532		
K-348	биотит	277.1	41.7	19.28	0.73046	9	_		
K-348	КПШ І	340.1	213.6	4.607	0.71153	10	—		
K-348	КПШ II	302.8	167.6	5.228	0.71171	8	-	-	
K-558/5	вал	240.1	216.0	3.217	0.70930	7	0.70514		
K-558/5	КПШ	125.2	225.0	1.610	0.70756	15	_		
K-558/5	серицит	238.8	32.38	21.38	0.72950	7	—		
		Sm, мкг/г	Nd, мкг/г	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	$\pm 2\sigma$	$\varepsilon_{\rm Nd}(t)$	T _{DM}	
K-348	вал	4.97	50.96	0.0590	0.512515	3	-0.77	628	
K-558/5	вал	4.56	48.85	0.0565	0.512524	3	-0.81	609	

Таблица 2. Rb-Sr- и Sm-Nd-изотопные характеристики минералов и вала пород

Примечание. К-348 — биотит-роговообманковый гранодиорит, К-558/5 — березит (Джуаты). КПШ — калиевый полевой шпат, для пробы К-348: КПШ I — калиевый полевой шпат и КПШ II — К—Na полевой шпат. * — первичные отношения для вала пород рассчитаны на возраст 91 млн. лет, согласно U—Pb-возрасту циркона.

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ том 507 № 2 2022

да оруденения на месторождении Кутын не вызывает сомнения. Такое представление подтверждается целым рядом факторов, в том числе локализацией месторождения в эндо- и экзоконтакте массива, устойчивостью и многообразием минерального состава, распространением турмалина в рудах, ассоциацией золота с As, Sb, Te, Bi, сменой минеральных парагенезисов в процессе метасоматоза, углекислотно-водным составом гидротермального флюида.

Для интерпретации временного разрыва можно прелположить лва сценария. Прежле всего. учитывая сложный эволюционный ряд пород массива: от габбродиоритов до гранитов можно предположить сложный и многоэтапный характер проявления метасоматического процесса, допускающий многообразие минеральных парагенезисов в метасоматитах. С другой стороны, указанный временной разрыв может явиться следствием аллометасоматической природы золотого оруденения, согласно которой рудоносные флюиды продуцируются иным интрузивным источником. Такое представление находится в согласии с полисталийным проявлением метасоматического процесса в этом массиве – этапу золоторудного карбонат-кварц-серицитового метасоматоза предшествует интенсивный процесс ранней хлоритизации – 230–280°С, в то время как рудоносный этап отвечает более высокотемпературному процессу – до 370°С.

Возможно, на изучаемом объекте недооценена роль дайкового комплекса, представленного позднемеловыми андезитами, дацитами и риолитами. Так, генезис расположенного поблизости месторождения Албазино связывают с глубокоэродированной палеокальдерной вулканоструктурой [1].

Кроме того, следует принять во внимание, что в Сихотэ-Алинской провинции Тихоокеанского золотоносного пояса известны месторождения, в истории которых рудообразующий процесс оторван от магматического этапа. Например, возраст гранитоидов, вмещающих золоторудное месторождение Криничное (Окраинско-Сергеевский комплекс Самаркинского террейна), оценен в 104 ± 1 млн лет (Rb–Sr-метод), тогда как возраст оруденения равен 84.2 ± 2.1 млн лет (K-Ar-метод, [18]). На золоторудном месторождении Малиновское (Журавлевско-Амурский террейн) возраст рудовмещающих монцо-габбро-диоритов составляет 105.3 ± 1 млн лет (U–Pb-метод, циркон, [19], а возраст рудной минерализации отвечает интервалу 100-90 млн лет (Re-Os-метод, [20]).

Подводя итог сказанному, следует отметить, что выполненное исследование представляет собой определенный этап в решении сложной проблемы связи золотого оруденения с гранитоидным магматизмом. Характер этой связи многолик и требует дальнейших исследований, в том числе с применением Ar—Ar-датирования главного минерала березитов — серицита, изучением флюидных включений и изотопии S, C, O.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят АО "Полиметалл Инжиниринг" за предоставленные образцы горных пород. Авторы признательны рецензентам за конструктивные замечания, способствовавшие улучшению рукописи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-35-90102). Исследования проводились с использованием оборудования ресурсного центра "Геомодель" Научного Парка СПбГУ и ЦКП "АИРИЗ" (ИГГД РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Трушин С.И., Кириллов В.Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Регион. геология и металлогения. 2018. № 73. С. 60–67.
- 2. Трушин С.И., Кириллов В.Е., Иванов В.В., Полин В.Ф. Магматогенные рудоносные системы месторождений золота Ульбанского террейна (Хабаровский край, Россия) // Разведка и охрана недр. 2021. № 7. С. 21–35.
- 3. Ханчук А.И., Гребенников А.В., Иванов В.В. Альб-сеноманский окраинно-континентальный орогенный пояс и магматическая провинция Тихоокеанской Азии // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38. № 3. С. 4–29.
- 4. *Малых М.Ю*. Минеральный состав золотоносных кварц-серицитовых метасоматитов месторождений Озерное и Кутын (Хабаровский край) золото-кварцевого убогосульфидного типа // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. № 4. С. 30–34.
- 5. Мартынюк М.В., Рямов С.А., Кондратьева В.А. Объяснительная записка к минерагенической карте Хабаровского края М. 1:500000. Хабаровск, 2000. 206 с.
- Харитонычев Г.И., Вихлянцев В.В. Государственная геологическая карта СССР М. 1:200000. Серия Удская. Лист N-53-XXIX. Объяснительная записка. М., 1978. 70 с.
- 7. Азарян А.М., Баданина Е.В., Анисимов И.С. Минеральный состав руд золотоносных метасоматитов месторождения Кутын (Хабаровский край) // Записки РМО. 2022. Ч. CLI, № 3. С. 1–21.
- Cathelineau M., Nieva D. A Chlorite Solid Solution. Geothermometer the Los Azufres (Mexico) Geothermal System. Contrib. Mineral. Petrol. 1985. V. 91. P. 235–244.
- 9. *Pupin J. P.* Zircon and granite petrology // Contrib. Miner. Petrol. 1980. V. 73. P. 207–220.

- Williams I.S. U–Th–Pb Geochronology by Ion Microprobe // Reviews in Economic Geology. 1998. V. 7. P. 1–35.
- Саватенков В.М., Морозова И.М., Левский Л.К. Поведение изотопных систем (Sm–Nd; Rb–Sr; K–Ar; U–Pb) при щелочном метасоматозе (фениты зоны экзоконтакта щелочно-ультраосновной интрузии) // Геохимия. 2004. № 10. С. 1027–1049.
- Villa I.M., De Bi'evre P., Holden N.E., Renne P.R. IUPAC-IUGS recommendation on the halflife of ⁸⁷Rb // Geochim. Cosmochim. Acta. 2015. V. 164. P. 382– 385.
- Забродин В.Ю., Бородин А.М., Гурьянов В.А., Зелепугин В.Н., Кисляков С.Г., Кременецкая Н.А., Махинин А.В., Фролов Ф.С., Шварев М.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации М. 1:1000000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-53. Шантарские острова. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 448 с.
- 14. Заика В.А., Сорокин А.А. Тектоническая природа Ульбанского террейна Монголо-Охотского складчатого пояса: результаты U-Pb и Lu-Hf-изотопных исследований детритовых цирконов // ДАН. 2020. Т. 492. № 1. С. 12–17.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука. 2006. Кн. 1, 572 с., Кн. 2, 409 с.
- 16. *Hart C.R.J.* Classifying, distinguishing and exploring for intrusion-related gold systems. The Gangue, Geo-

logical Association of Canada, Mineral Deposits Division. 2005. V. 87. P. 4–9.

- Чернышев И.В., Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Чугаев А.В., Гольцман Ю.В., Лебедев В.А., Ларионова Ю.О., Зорина Л.Д. Возраст гранодиорит-порфиров и березитов Дарасунского золоторудного поля (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 2014. Т. 56. № 1. С. 3–18.
- Sayadyan G.R. Geology, magmatism, and gold mineralization of South Primorye (The Askold strike-slip fault zone, Sergeevka terrane / A.I. Khanchuk, G.A. Gonevchuk, R. Seltman (Eds.). Metallogeny of the Pacific Northwest (Russian Far East): Tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Excursion Guidebook. Vladivostok: Dalnauka Publ. House, 2004. P. 137–146.
- 19. Сахно В.Г., Степанов В.А., Гвоздев В.И., Доброшевский К.Н. Малиновская золоторудная магматическая система Центрального Сихотэ-Алиня: геохронология, петрогеохимический состав и изотопная характеристика магматических комплексов (Приморье, Россия) // ДАН. 2013. Т. 452. № 1. С. 1–8.
- 20. Доброшевский К.Н., Горячев Н.А. О возрасте и геодинамических факторах формирования золотого оруденения Малиновского месторождения (Сихотэ-Алиньская золотоносная провинция, Россия) // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 3. С. 28–40.

AGE AND PROBLEM OF THE GENESIS OF THE KUTYN GOLD DEPOSIT, KHABAROVSK REGION

A. M. Azarian^{*a,b,#*}, E. V. Badanina^{*a*}, V. M. Savatenkov^{*a,c*}, and Corresponding Member of the RAS A. B. Kuznetsov^{*a,c*}

^aSaint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russian Federation

^bJCS PolymetalEngineering, Saint-Petersburg, Russian Federation

^cInstitute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

[#]E-mail: adel-sagitova@yandex.ru

For the first time, the U–Pb and Rb–Sr age of the granodiorites of the Birandjinsky massif, with which the gold mineralization of the Kutyn deposit in the Khabarovsk Region is spatially connected, has been determined. Isotope-geochronological data show good convergence: the U–Pb concordant age of zircon is 90.7 \pm 1.7 million years (SIMS), the Rb–Sr age of the rock shaft and minerals is 92.7 \pm 0.4 million years. Low values of ϵ Nd(t) (about –0.8) and the high primary ratios 87 Sr/ 86 Sr (0.7051–0.7053) relative to the parameters of the depleted mantle suggest that granodiorites were formed with the participation of the continental crust. The formation of the Biranjinsky massif coincides with the second stage of the development of the Khingan-Okhotsk volcano-plutonic belt. Rb–Sr age of gold-bearing quartz-carbonate-sericite metasomatites of the Kutyn deposit is 79.3 \pm 0.5 million years. The obtained isotope-geochronological data indicate a time gap (about 10–12 million years) between the crystallization of granodiorites and the formation of metasomatites, which suggests the allometasomatic nature of gold mineralization.

Keywords: zircon, U–Pb-age, Rb–Sr system, Birandjinsky massif, granodiorites, metasomatites, Kutyn gold deposit