

## ОСОБЕННОСТИ РУДООБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ГЛУХАРИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ПРИКОЛЫМСКИЙ ТЕРРЕЙН)

А. А. Бирюков<sup>1</sup>, А. В. Волков<sup>2,\*</sup>, К. Ю. Мурашов<sup>2</sup>, член-корреспондент РАН А. А. Сидоров<sup>2</sup>

Поступило 19.03.2018 г.

Обсуждены новые данные по изотопии  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ , микроэлементам и РЗЭ месторождений золота Глухаринского рудного узла. Выявленные геохимические особенности свидетельствуют о восстановительных условиях рудоотложения; об участии в рудообразовании магматогенного флюида; о вмещающих породах как возможных источниках рудного вещества. По изотопным данным, состав рудообразующего флюида смешанный, метаморфогенно-магматогенный. Полученные результаты позволяют уверенно отнести изученные объекты к типу месторождений Au, связанных с интрузивами гранитоидов.

**Ключевые слова:** Приколымский террейн, Глухаринский рудный узел, месторождение золота, геохимические особенности руд, изотопные данные, источники, рудообразование.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652484166-70>

Глухаринский рудный узел, включающий золоторудные месторождения Надежда, Тёмное, Тый-Юрья, расположен в юго-восточной части Шаманихо-Столбовского рудно-россыпного района (рис. 1, врезка). В тектоническом плане принадлежит Приколымскому террейну пассивной континентальной окраины. В геологическом строении района преобладают позднепротерозойские толщи (рифей—венд) с незначительной долей палеозойских (кембрий—ордовик, девон—карбон) и мезозойских (юра) пород. По геофизическим данным, на глубине рудного узла (1,0–1,5 км) предполагается существование крупного нескрытого массива гранитоидов. Возраст гранитов — 158 млн лет определён по мусковиту Хаинского штока площадью 1,6 км<sup>2</sup> — единственному выходу гранитов на площади рудного узла (K–Ar - датировка, получена в СВКНИИ ДВО РАН, 2017 г.). По геологическим данным, возраст продуктивной минерализации Глухаринского узла позднеюрский—раннемеловой [1].

В [1–5] освещены геология, вещественный состав, геохимия месторождений Глухаринского

узла, геохимическая специализация вмещающих комплексов и геодинамическая эволюция Приколымского террейна.

В работе обсуждены новые геохимические и изотопные данные, позволяющие судить об источниках вещества и условиях формирования золоторудных месторождений Глухаринского узла.

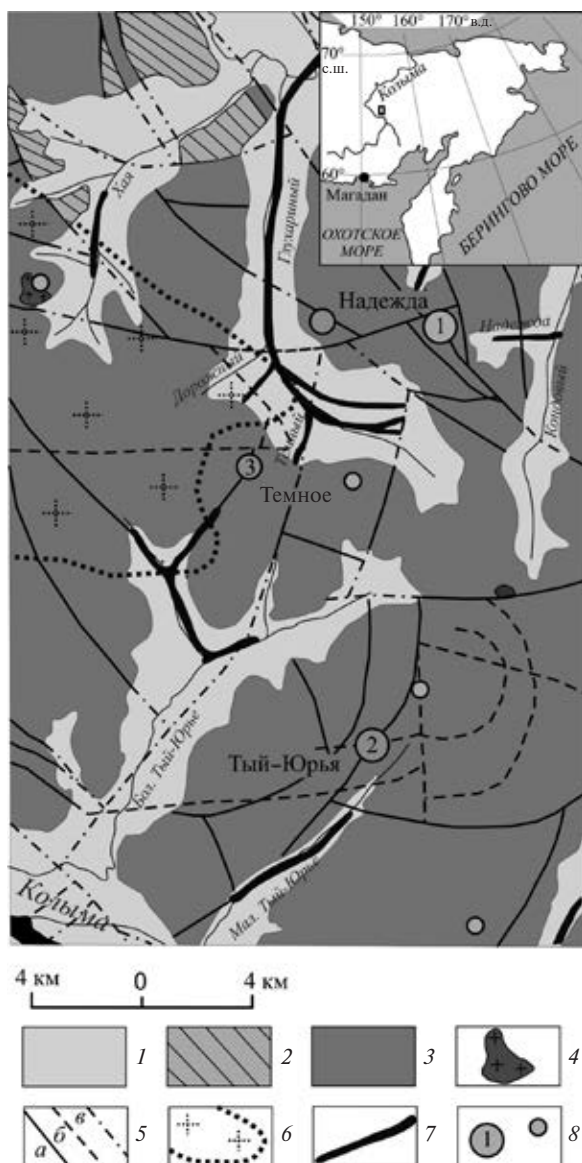
По данным рентгенфлуоресцентного анализа (аналитик А. И. Якушев), в большинстве изученных образцов руд месторождений Глухаринского рудного района преобладает SiO<sub>2</sub> (средние значения, %: Надежда 72,47, Тёмное 61,18, Тый-Юрья 55,23); присутствуют заметные концентрации Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>общ, %: Надежда 13,98; Тёмное 0,69 и Тый-Юрья 23,37); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Надежда 6,46, Тый-Юрья 10,68), K<sub>2</sub>O (Надежда 2,12, Тый-Юрья 3,22), Na<sub>2</sub>O (Тый-Юрья 0,72), CaO (Тёмное 13,66), MgO (Тёмное 7,22, Тый-Юрья 0,83). Содержание S<sub>общ</sub> варьирует в узком интервале и превышает 0,5%. Химический состав руд, по-видимому, обусловлен составом вмещающих пород. Так, месторождение Надежда залегает в вендских тонкозернистых рассланцованных песчаниках; Тёмное — в среднерифейских мраморизованных доломитах, Тый-Юрья — в нижнерифейских метариолитах. Высокие содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>общ в изученных рудах связаны с развитием на месторождениях коры выветривания [1].

По данным атомно-абсорбционного и ICP–MS-анализов (аналитики В. А. Сычкова, Я. В. Бычкова), руды месторождений, с одной стороны, характеризуются явным обогащением сходным

<sup>1</sup> Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Магадан

<sup>2</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, Москва

\* E-mail: tma2105@mail.ru



**Рис. 1.** Схема геологического строения Глухаринского рудно-россыпного узла. 1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – юрские конгломераты; 3 – метапелиты, метабазиты, метариолиты, карбонатные и кварц-полевошпатовые породы протерозоя; 4 – Хаинский шток гранитов; 5 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; б – скрытые под четвертичными отложениями; б – не вскрытое тело гранитоидов, предполагаемое по геофизическим данным; 7 – россыпи золота; 8 – месторождения (а) (1 – Надежда, 2 – Тый-Юрья, 3 – Тёмное) и рудопроявления (б).

набором халькофильных элементов (Au, Ag, Bi, Sb, W), а с другой — отличаются друг от друга количеством элементов с небольшими коэффициентами обогащений ( $< 10$ ) в спектрах (рис. 2). Обогащение руд в диапазоне 100–10 000 одинаковым спектром элементов свидетельствует об их синхронном участии в рудообразовании. Весьма вероятно, что

видимые различия в спектрах микроэлементов (рис. 2) обусловлены составом вмещающих пород. Обогащённость руд “магмафильными” элементами (Bi, Sb, Te, W) указывает на участие в рудообразовании магматогенного флюида [6–9]. Об этом также свидетельствуют средние величины Co/Ni в рудах месторождений Надежда, Тый-Юрья (2,77 и 10,03) [11]. А значение 0,19 в рудах месторождения Тёмное характерно для метаморфогенных флюидов [8, 9]. Высокие значения Te/Se (5,65; 14,32; 6,10) в рудах трёх месторождений указывают на восстановительные условия рудообразования [8].

Сумма РЗЭ в рудах месторождения Надежда в среднем 36,83, Тёмное 7,06, Тый-Юрья 208,57 г/т. Такой сильный разброс значений указывает на унаследованное развитие РЗЭ в рудах от вмещающих пород. Высокое значение суммы РЗЭ в тый-юрьинских рудах, скорее всего, обусловлено примесью монацита и ксенотима (РЗЭ-содержащих минералов), как и в рудах месторождения Павлик [12]. А низкое значение суммы РЗЭ (7,06 г/т) в рудах месторождения Тёмное, по-видимому, обусловлено практически полным отсутствием РЗЭ в карбонатных вмещающих породах. Несмотря на различную обогащённость руд каждого месторождения РЗЭ, усреднённые спектры имеют сходную конфигурацию (рис. 3), что, вероятно, обусловлено близкими условиями рудообразования месторождений.

Eu-Се-аномалии считаются маркерами окислительно-восстановительной среды [6–8]. Средние значения  $\delta\text{Ce}$  в рудах трёх месторождений имеют положительные значения (1,04; 1,18; 1,12 соответственно). В рудах месторождений Надежда, Тёмное средние значения  $\delta\text{Eu}$  также положительные (1,27; 1,25), а в рудах Тый-Юрья — отрицательные,  $< 1$  (0,73), что свидетельствует о восстановительных условиях рудоотложения первых двух месторождений и близких к нейтральным слабо окислительных условиях рудоотложения третьего объекта [5–7].

Для оценки источников рудного вещества выполнено исследование стабильных изотопов  $\delta^{34}\text{S}$  в сульфидах и  $\delta^{18}\text{O}$  в кварце (табл. 1, 2). Определение изотопных соотношений  $\delta^{34}\text{S}$  проведено в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН на масс-спектрометре MAT 253 (“ThermoFinnigan”, Germany) с использованием двойной системы напуска (подготовка образцов по методике В. А. Гриненко). Изотопный состав  $\delta^{18}\text{O}$  измерен на изотопном масс-спектрометре MAT 253 (“ThermoScientific”, Germany), работающем в режиме постоянного потока He.

Результаты анализов  $\delta^{34}\text{S}$  (табл. 1) показали, что состав пирита из золотоносных и безрудных (дорудных) прожилков месторождения Надежда

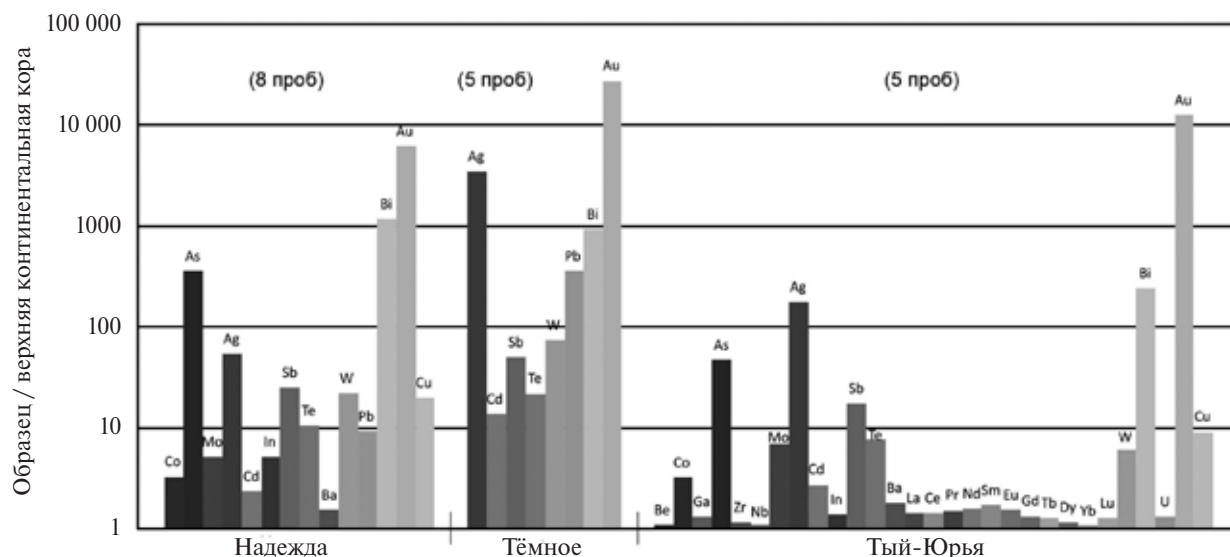


Рис. 2. Распределение микроэлементов (средние значения), нормированных на верхнюю кору [10], в рудах месторождений Глухаринского рудного узла.

характеризуется преобладанием “тяжёлой” S ( $\delta^{34}\text{S}$  8,6—10,6‰). Такие же значения соотношения стабильных изотопов S ( $\delta^{34}\text{S}$  9,6—10,4‰) показывают пирит и галенит из полиметаллических руд на западном фланге месторождения (табл. 1), что объясняется, по-видимому, привнесом (унаследованностью) S из подстилающих и вмещающих протерозойских метаморфизованных пород Приколымского террейна. Подобные аномально высокие значения  $\delta^{34}\text{S}$  были установлены для месторождения Куранах, также сформированного на древнем основании Алданского щита [13].

Изотопные данные, полученные по продуктивному кварцу, показывают значения  $\delta^{18}\text{O}$  12,5—15,1‰, кварц метаморфогенных прожилков — 16,0‰, магматогенный кварц Хаинского штока — 6,5‰ (табл. 2). Таким образом, отмечена близость значений  $\delta^{18}\text{O}$  рудных и дорудных метаморфогенных прожилков. Эти данные свидетельствуют о смешанном составе рудообразующего флюида, преимущественно метаморфогенного происхождения при участии магматогенного. Отмечено также утяжеление значений  $\delta^{18}\text{O}$  по мере удаления от предполагаемого центра нескрытой гранитоидной интрузии.

Таким образом, установленные геохимические особенности руд месторождений Глухаринского узла свидетельствуют о восстановительных условиях рудоотложений, об участии в рудообразовании магматогенного флюида, о вмещающих породах как возможных источниках рудного вещества. Результаты изотопных исследований не противоречат геохимическим данным: позволяют предполагать привнос S из древних подстилающих и вмещающих

комплексов и гетерогенное происхождение рудообразующего флюида. Полученные результаты позволяют уверенно отнести изученные объекты к типу месторождений Au, связанных с интрузивами гранитоидов [14]. Анализ результатов и тектонической обстановки рудообразования указывают на возможное развитие в Шаманихинско-Столбовском рудном районе и других типов золоторудных месторождений: в корах выветривания, Лебединского, Куранахского типов, золотоносных джаспероидов Карлинского типа, а также золото-скарновых месторождений.

**Источник финансирования.** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта губернатора Магаданской области молодым ученым на 2017 год, программы Президиума РАН № 48 и проекта РФФ (№ 14—17—00170).

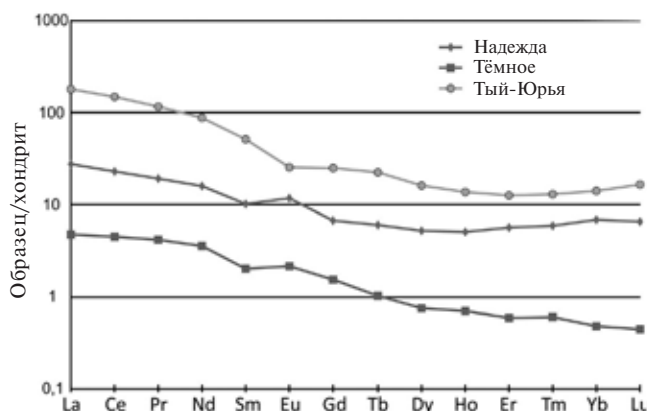


Рис. 3. Распределение РЗЭ, нормированных на хондрит [10], в рудах месторождений Глухаринского рудного узла.

**Таблица 1.** Изотопный состав S сульфидов Глухаринского рудного узла

№ образца	Минерал	$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$ , ‰	Место отбора пробы
10-146,1	Пирит	9,1	Безрудные прожилки (Надежда)
11-43,0	Пирит	9,9	
43-21,0	Пирит	10,6	Золотоносные прожилки (Надежда, северный фланг), вмещающие — метариолиты
44-8,2	Пирит	9,9	
147а-41,6	Пирит	9,5	Золотоносные прожилки (Надежда, центральная зона, глубокие горизонты); вмещающие — кварцито-песчаники
181-68,1	Пирит	8,6	
194-65,0	Пирит	9,6	
46-133,4	Галенит	0,8	Золотоносные прожилки (Тёмное)
233-87,5п	Пирит	9,6	Полиметаллическое рудопроявление (западный фланг Надежды)
233-87,5г	Галенит	10,4	

**Таблица 2.** Изотопный состав О кварца Глухаринского рудного узла

№ образца	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰	Среднее значение $\delta^{18}\text{O}$ по объекту, ‰	Место отбора и характеристика образца
Магматогенный кварц			
Хая-1	6,5*	6,5*	Кварц из гранитов Хаинского штока (контактная часть)
Рудный кварц			
26-111,6	12,5	13,37	Тёмное. Кварц с продуктивной рудной минерализацией: галенита 2–3%, гессит, теллуровисмутит, тетрадимит, самородное Au
46-133,4	14		
46-143,8	13,6		
Б3-49,6	14,5	14,54	Надежда. Кварц с продуктивной рудной минерализацией: пирита 2–3% (почти полностью замещён гидроксидами Fe, сохранился в виде реликтов и на глубоких горизонтах месторождения), самородное Au, единичные знаки тетрадимита и Pb–Bi-сульфосоли
к-12-271,7	14,7		
к-12-308,0	14,9		
194-63,0	13,9		
194-65,0	14,7		
5,5-14-21,7	15,1	15,10	Тый-Юрья. Кварц с продуктивной рудной минерализацией: пирита 2–3% (почти полностью замещён гидроксидами Fe, степень окисления по Fe 99%), самородное Au и единичные знаки тетрадимита, пильзенита (?), ингодит
Метаморфогенный кварц			
49-40,1	15,9	16,00	Надежда. Кварц из метаморфогенных прожилков, которые пересечены прожилками с золоторудной минерализацией
10-95,7	16,1		

Примечание. Проба Хая-1 неоднородна, \* приведено среднее значение по 4 определениям, воспроизводимость  $\pm 2,5\%$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глухов А. Н. // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33. № 3. С. 29–38.
2. Глухов А. Н., Савва Н. Е., Колова Е. Е. // Руды и металлы. 2016. № 4. С. 60–71.
3. Бирюков А. А. В сб.: Материалы VI Межрегион. конф. молодых ученых. Магадан: Типография, 2016. В. 6. С. 6–10.
4. Бирюков А. А. В сб.: Материалы докл. Всерос. науч. конф. Магадан, 22–24 ноября. 2017 г. Магадан: ИП Жарикова Т. В., 2017. С. 76–78.
5. Глухов А. Н., Гладков А. С., Кошкарев Д. А., Лунина О. В. // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3. № 4. С. 361–375.
6. Бортников Н. С., Гамянин Г. Н., Викентьева О. В. и др. // Геология руд. месторождений. 2007. Т. 49. № 2. С. 99–145.
7. Волков А. В., Сидоров А. А., Мурашов К. Ю. и др. // Тихоокеан. геология. 2016. Т. 35. № 5. С. 77–85.
8. Kun L., Ruidong Y., Wenyong Ch., et al. Trace Element and REE Geochemistry of the Zhewang Gold Deposit, Southeastern Guizhou Province, China // Chin. J. Geochem. 2014. V. 33. P. 109–118.
9. Monecke T., Kempe U., Gotze J. // Earth. and Planet. Sci. Lett. 2002. V. 202. P. 709–724.
10. Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М. Континентальная кора: её состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

11. *Oreskes N., Einaudi M. T.* // *Econ. Geol.* 1990. V. 85. № 1. P. 1–28.
12. *Соцкая О. Т.* Автореф. дис. канд. геол-минерал. наук. Магадан, 2017. 22 с.
13. *Борисенко А. С., Наумов Е. А., Оболенский А. А.* // *Геология и геофизика.* 2006. Т. 47. № 3. С. 342–354.
14. *Lang J. R., Baker T., Hart C. J. R., Mortensen J. K.* // *Soc. Econ. Geol. Newslett.* 2000. V. 40. P. 1–15.

## FEATURES OF ORE FORMATION OF GOLD DEPOSITS OF GLUKHARINSKY DISTRICT (PRIKOLYMA TERRAIN)

**A. A. Biryukov, A. V. Volkov, K. Yu. Murashov,  
Corresponding Member of the RAS A. A. Sidorov**

Received March 19, 2018

This study discusses new data on the isotopy of  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ , microelements, and rare earth elements (REE) in the Au deposits of the Glukharinsky ore cluster. The identified geochemical features are indicative of the reducing conditions of ore deposition, participation of magmatogenic fluid in ore formation, and the enclosing rocks being the possible sources of ore material. Isotope studies indicate that the ore-forming fluid has a mixed, metamorphogenic–magmatogenic composition. The obtained results make it possible to qualify the examined objects as Au deposits associated with granitoid intrusives.

*Keywords:* Prikolymsky terrane, Glukharinsky ore cluster, gold deposit, geochemical features of ores, isotopic data, sources, genesis, ore formation.