ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТИПА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО МИНЕРАЛОГИИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ВЕРХНЕАМГИНСКОГО РАЙОНА (ЯКУТИЯ)

© 2021 г. д. чл. З. С. Никифорова^{1, *}, д. чл. Г. С. Анисимова^{1, **}, Е. П. Соколов^{2, ***}, А. Г. Каженкина^{1, ***}

¹Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, пр. Ленина, 39, Якутск, 678980 Россия

²АО "Якутскгеология", ул. Кальвица, 24, Якутск, 677009 Россия *e-mail: znikiforova@yandex.ru

**e-mail: g.s.anisimova 1952@mail.ru

***e-mail: geopoisk@sakha.ru

***e-mail: asiak@rambler.ru

Поступила в редакцию 09.07.2020 г. После доработки 23.11.2020 г. Принята к публикации 10.12.2020 г.

Изучены минералого-геохимические особенности россыпного золота руч. Таяхтах, Горелый, Крутой и рудные минералы коренных проявлений Хатырхайского руднороссыпного узла с целью прогнозирования типа золоторудных месторождений. Показано, что золото по типоморфным признакам однотипное и представлено в основном мелкой фракцией (0.1—0.25 мм), гемиидиоморфными (неправильными) формами выделения и высокой пробностью. Примеси элементов платиновой группы в россыпном золоте, повышенные содержания меди, железа и висмута, микровключения теллуровисмутита, галеновисмутита, галенита, халькопирита свидетельствуют о том, что коренными источниками золота являются скарновые тела, приуроченные к зонам экзоконтактов интрузива и даек сиенитов. Изучение минералого-геохимических особенностей россыпного золота и минералогии коренных руд Хатырхайского рудно-россыпного узла позволило выработать индикаторные признаки россыпного и рудного золота для золото-скарновых месторождений. Сопоставление полученных результатов с типоморфными особенностями россыпного и рудного золота месторождений Центрального Алдана позволило прийти к выводу о том, что коренным источником россыпного золота является золото-скарновый (лебединский) тип оруденения. Установлено, что золото-скарновые тела залегают в зонах контактов интрузивов (гранито-гнейсов, сиенитов) и вмещающих доломитов, которые распространены на всей территории Хатырхайского рудно-россыпного поля, что позволяет расширить площадь формирования оруденения лебединского типа.

Ключевые слова: россыпное золото, микровключения, минералого-геохимические индикаторы, рудно-россыпной узел, прогнозирование, золоторудные месторождения

DOI: 10.31857/S0869605521010093

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Хатырхайское рудно-россыпное поле находится в центральной части Верхнеамгинского золотоносного района Алдано-Становой металлогенической провинции (рис. 1) и расположено на левобережье среднего течения руч. Хатырхай, правого притока

р. Амга, в бассейне руч. Шайтан, Горелый, Таяхтах, Крутой, дренирующего склоны гольца Шайтан.

Центральную часть территории занимает позднемезозойский субщелочной массив горы Шайтан, представляющий собой многофазную интрузию сиенитов, расположенную на северном склоне Ямалахского горста, на участке ступенчатого погружения поверхности архейского фундамента в северном направлении под толщу нижнекембрийских терригенно-карбонатных осадков (Соколов, 2014; Анисимова и др., 2018). По данным Прокопьева и соавторов (2017), сиениты сложены калиевым полевым шпатом, альбитом, амфиболом и флогопитом, содержат апатит, титанит, кальцит, магнетит, монацит, эпидот, хлорит и барит. Интрузия слабо эродирована, о чем свидетельствуют многочисленные реликты кровли в виде ксенолитов мраморизованных и скарнированных пород. Сиениты пересечены непротяженными дайками лампрофиров.

На контактах с интрузией горы Шайтан доломиты мраморизованы и скарнированы. Скарны представлены магнетитовыми, тремолитовыми, флогопитовыми, везувиан-мелелитовыми и калишпат-диопсидовыми породами. Скарны и скарнированные породы с наложенной кварц-сульфидной минерализацией повсеместно золотоносны (содержание Au — десятые доли г/т, редко до 1—3.0 г/т). Повышенное содержание золота (0.12 до 0.96 г/т) установлено в скарнах, локализованных в осветленных сиенитах, содержащих кварцевые прожилки на контакте со скарнами (Соколов, 2014).

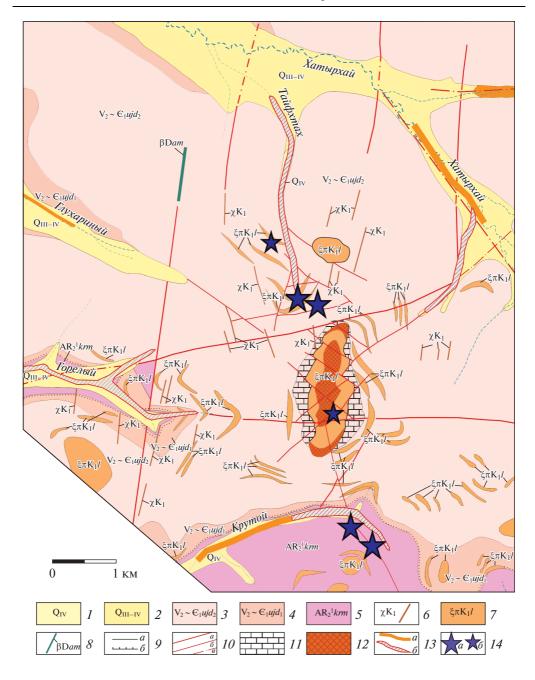
Золотоносные скарны, пространственно ассоциированные с проявлениями кварцзолото-сульфидного жильно-залежного типа и часто совмещенные с ними, выявлены
в районе горы Шайтан (магнетитовый скарн с гнездами и прожилками кварц-гематитовой руды). Содержание золота в них колеблется от 0.2—0.7 до 4.8 г/т. В плотике россыпи руч. Шайтан выявлен магнетитовый скарн с кварц-пиритовой минерализацией,
содержание золота в котором изменяется от 3 до 15 г/т. Наиболее высокое (весовое)
содержание золота обнаружено в пробах, отобранных в элювиально-делювиальных
отложениях экзоконтакта и кровли массива горы Шайтан. Содержание золота в магнетитовых скарнах с пирит-кварцевой минерализацией составляет 1.47—4.8 г/т, в пиритизированных биотит-авгитовых сиенитах—монцонитах — 0.2—0.3 г/т. В гематизированных дайках лампрофиров оно может достигать 3.2 г/т.

В долине руч. Крутой обнажен архейский фундамент. Здесь вскрыты гранито-гнейсы с прослоями и линзами пироксен-амфиболовых гнейсов и амфиболитов. На границе с чехлом осадочных отложений, на участках проявления интенсивной гидротермальной деятельности, кристаллические породы превращены в кварц-полевошпатслюдистые метасоматиты, в которых наблюдается золотосульфидная минерализация. В левом борту руч. Крутой вскрыты березитизированные гнейсы с золоторудной минерализацией. При вариациях содержаний золота в березитах 1.06—8.65 г/т среднее

Рис. 1. Геологическая карта Хатырхайского рудно-россыпного поля (по материалам В.И. Лядина, 1964 г. и Е.П. Соколова, 2017 г.).

I-4 — осадочные отложения (I — аллювиальные, 2 — нерасчлененные отложения русла, 3-4 — венд-нижне-кембрийские); 5 — верхний архей; 6 — дайковый лампрофировый комплекс; 7 — лебединский плутонический комплекс, моноцит-сиенит-гранитовый; 8 — амгинский комплекс, дайки диабазов; 9 — геологические границы; 10 — разрывные нарушения; 11 — мраморы, мраморизованные доломиты; 12 — экзоскарны; 13 — россыпные месторождения; 14 — рудные месторождения (a), пункты минерализации (a).

Fig. 1. Geological map of the Khatyrkhai ore-placer field (after V.I. Lyadin, 1964, and E.P. Sokolov, 2017): Sediments: I – alluvial; 2 – poorly defined riverbed sediments; 3–4 – Vendian – Lower Cambrian; 5 – Upper Archean; 6 – dike lamprophyric complex; 7 – Lebedinsky monocyte-syenite-granite plutonic complex; 8 – Amginsky complex, diabase dikes; 9 – geological boundaries; 10 – faults; 11 – marbles, marbled dolomites; 12 – exoskarns; 13 – placer deposits; 14 – ore deposits (a), mineralization points (6).



содержание Au равно 2.2 г/т, средняя мощность березитовых тел составляет 8.0 м. Рудная минерализация (пирит, халькопирит, пирротин, гематит и сульфосоли Bi) прожилково-вкрапленная, приурочена к участкам рассланцевания и сопровождается дайками лампрофиров и кварц-сульфидными прожилками.

Перекрывающая архейский фундамент осадочная толща сложена субгоризонтально залегающими отложениями усть-юдомской свиты (доломитами, кремнями, внутриформационными брекчиями). В правом борту руч. Таяхтах эти отложения прорваны небольшим штоком сиенитов. Здесь же отмечаются рудные скарновые залежи лебединского типа, а также кварц-лимонитовые метасоматиты с высоким содержанием Au (до 100 г/т). В верхнем течении руч. Таяхтах обнаружена аналогичная рудная залежь с содержанием Ац, которое изменяется от 0.47 до 13.6 г/т. Оруденелыми являются кварц-лимонитовые метасоматиты, развивающиеся по доломитам и образующие линзу в кровле силла лампрофиров. Видимая мощность оруденелой части линзы равна 0.2–1.0 м. Истоки руч. Горелый дренируют шток горы Шайтан и глинисто-песчано-глинистые отложения с галькой и щебнем кембрийских и архейских пород. Россыпная золотоносность руч. Горелый связана именно с этим слоем. Следует отметить присутствие гематитовой гальки размером до 25-30 см в предплотиковой области с наложенными гидротермально-метасоматическими процессами - сульфидизацией (развитием пирита, халькопирита и галенита), серицитизацией и окварцеванием. Непосредственно под золотоносным пластом, предположительно, располагается рудное тело, приуроченное к зоне дробления и представленное рыхлыми дезинтегрированными образованиями кварц-гематитового состава.

Россыпная золотоносность установлена еще в начале прошлого века в руч. Таяхтах, Горелый и Крутой, дренирующих венд-нижнекембрийские терригенно-карбонатные отложения, прорванные силлами и дайками лампрофиров и сиенит-порфиров. Россыпь руч. Крутого находится в основном в поле развития верхнеархейских пород, представленных гранито-гнейсами, содержащими прожилково-вкрапленную минерализацию. Россыпь руч. Крутой — самая богатая на Хатырхайском рудном поле. Среднее содержание золота здесь изменяется в пределах 2.5-6.0 г/м³. Аллювиальные отложения представлены песчано-галечно-гравийным материалом с глиной и обильной галькой гематит-магнетитового состава. Минералы тяжелой фракции в этих отложениях представлены гематитом, магнетитом, лимонитом, пироксеном, в них присутствуют амфиболы, эпидот, спорадически встречаются монацит и рутил. Россыпь руч. Таяхтах характеризуется наличием самородков и содержанием золота до 2 г/m^3 . В правом борту ручья наблюдается зона гипергенеза в доломитах с линзами ржаво-рыжих кварц-лимонитовых руд. Шлиховые пробы руд имеют магнетит-гематит-пироксеновый состав. В россыпи руч. Горелый среднее содержание золота достигает 2 г/м³. Аллювиальные отложения здесь представлены песчано-гравийно-галечным материалом с глиной. Плотик россыпи сложен архейскими гранито-гнейсами, доломитами и минеттами, часто разрушенными до состояния дресвы и щебня. Минералы тяжелой фракции представлены в основном магнетитом и пироксеном. В плотике россыпи, в приконтактовой зоне пластовой интрузии и доломитов венда обнаружено золотокварц-сульфидное тело. Руды окисленные (кварц-лимонитовые), мощность залежи составляет 1.5 м с содержанием золота от 5 до 15.6 г/т.

По вопросу типов коренного оруденения золоторудных месторождений существуют различные предположения. По мнению А.А. Узункояна (Соколов и др., 2014), повышенные содержания редкоземельных элементов в геохимических ореолах указывают на Au—U оруденение типа Эльконка, а наличие в золоте высокого содержания Cu—оруденения медно-порфирового типа Гора Рудная (Молчанов и др., 2013, 2017; Терехов и др., 2016). Е.П. Соколов (2014) на основании анализа геолого-структурного строения Хатырхайского рудно-россыпного поля и результатов, полученных при геохими-

ческой съемке, пришел к выводу, что данная площадь перспективна на поиски золото-скарновых месторождений типа Лебединое. Было высказано мнение, что на данной территории возможно формирование месторождения типа Куранах (Прокопьев и др., 2017). Результаты изучения типоморфных особенностей россыпного золота руч. Горелый послужили основанием А.В. Терехову и соавторам (2016) прогнозировать на данной территории Аи-редкометально-полиметаллический, золото-Си-порфировый и скарновый типы золотого оруденения, характерные для месторождений Лебединского рудного узла.

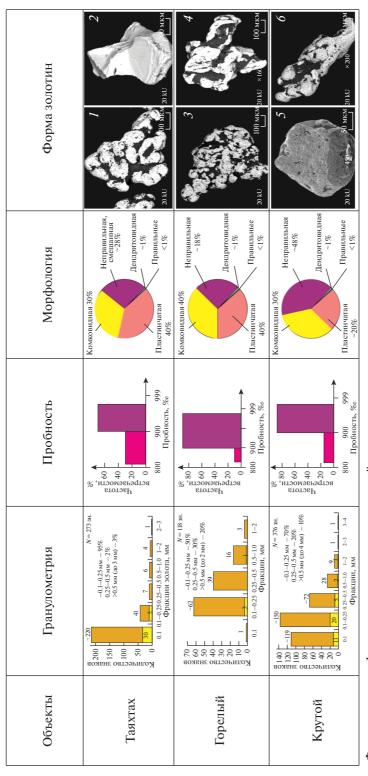
С целью прогнозирования типов золоторудных месторождений на исследуемой площади проведено детальное изучение минералого-геохимических признаков (морфология, пробность, элементы-примеси, микровключения, внутреннее строение золотин и др.) россыпного золота и особенности минерального состава руд Хатырхайского рудно-россыпного поля по методике, разработанной Л.А. Николаевой и соавторами (2015).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения пробности и содержания примесей, изучения минеральных микровключений золотины впрессовывались в шашки из эпоксидной смолы. При изучении состава золота количественные взаимоотношения Au с Ag и другими элементамипримесями (Cu. Hg) определялись с помощью микроанализатора Camebax-Micro по результатам 3-5 замеров в центральных и краевых частях золотин. В расчет принимались результаты замеров только реликтов первичного золота. Содержание элементовпримесей определялось по методике И.П. Ланцева и др. (1971) атомно-эмиссионным спектральным анализом с использованием спектрографа ДСФ-8 в навесках 5 мг. Микровключения в золоте анализировались с помощью приставки к сканирующему электронному микроскопу JEOL JSM-6480 LV-энергетического спектрометра OXFORD INCA-sight. Количественный анализ проводился по методу XPP с использованием программного обеспечения INCA Energy. Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.08 нА, время измерения 10 с. Условия съемки: напряжение 20кB, ток 17 нА. Аналитические линии: Cu, Fe, Zn – $K\alpha$; Sb, S – $L\alpha$. Стандарты: CuSbS2 (халькостибит) — Cu, Sb, S; ZnS (сфалерит) — Zn; CuFeS2 (халькопирит) — Fe, PbS (галенит) — Pb; Te; FeAsS (арсенопирит) — As; BaSO4 (барит) — Ba. Оперативный поиск микровключений, а также обнаружение золота различной пробности внутри зерна осуществлялись в режиме обратно рассеянных электронов с использованием навигатора Point ID. Внутренние структуры россыпного золота изучены путем травления по методике, разработанной Н.В. Петровской и соавторами (1980). При травлении применялся реактив на основе царской водки, хромового ангидрида, хлористого железа и тиомочевины. Все анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН (аналитики Н.В. Лескова, С.К. Попова, Н.В. Христофорова). Для комплексного исследования руд, рудных и околорудных метасоматитов и рудовмещающих пород было выполнено микроскопическое изучение шлифов и аншлифов. Определение химического состава минералов (рудных, жильных и гипергенных), а также диагностика неизвестных минералов осуществлялись микрозондовым анализом.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА

Россыпное золото руч. Горелый, Крутой и Таяхтах обладает однотипными минералого-геохимическими признаками (Никифорова, Каженкина, 2018). Выявлены следующие особенности гранулометрического состава и морфологии россыпного золота (рис. 2).



 Φ орма золотин: I – пластинчатая с мелкоямчатой поверхностью и пленками гидроокислов железа;

- с ограненными кристаллическими выступами; β комковидная с бугорчатой поверхностью; ä
- гемиидиоморфная с ямчатой поверхностью; 5 комковидная с шагреневой поверхностью; 6 дендритовидная

Рис. 2. Морфология, гранулометрический состав и пробность россыпного золота по руч. Таяхтах, Горелый и Крутой Fig. 2. Morphology, grain size composition and fineness of placer gold in creeks Tayakhtakh, Gorely and Krutoy

№ п/п	Объект	Fe	Sb	Pt	Pb	Sn	Cu	As	Mn	Pd	Co	Ni	Bi	Zn
1	Руч. Крутой	1150	350	330	420	400	830	240	320	370	430	410	500	290
2	Руч. Таяхтах	2000	_	_	450	_	370	-	18	_	_	_	240	_
3	Руч. Горелый	730	_	_	23	_	980	_	14	_	_	_	100	_

Таблица 1. Содержания элементов-примесей (г/т) в россыпном золоте Верхнеамгинской площади **Table 1.** Contents of minor elements (ppm) in placer gold of the Verkhneamginskaya area

Примечание. Нижний и верхний пределы определения элементов (Γ / τ): Fe 20–115, Sb 20–1080, Pt 20–550, Pb 12–560, Sn 12–550, Cu 6–9700, As 200–1100, Mn 6–970, Pd 6–520, Co 10–1150, Ni 12–560, Bi 6–570, Zn 90–1200. Аналитик: С.Ю. Коркина, отдел физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН. Прочерк – содержание элемента ниже порога чувствительности метода.

Золото представлено в основном фракциями 0.1-0.25 мм (50-70%) и 0.25-0.5 мм (20-30%), единицы процентов составляют золотины более крупных размеров (>1-4 мм). В россыпи руч. Таяхтах, в отличие от шлихового золота руч. Горелый и Крутой, преобладает мелкая фракция 0.1-0.25 мм (до 95%). Характеризуется рудным обликом и наблюдается в виде слабоокатанных гемиидиоморфных (неправильных), комковидных, пластинчатых, реже идиоморфных (единицы процентов) и дендритовидных индивидов. Поверхность золотин ямчато-бугорчатая, мелкоямчатая, шагреневая, иногда почковидная, пупырчатая. На поверхности некоторых золотин сохранились ограненные кристаллические отпечатки.

Единичные золотины находятся в сростках с калиевым полевым шпатом, кварцем и гидроксидами железа (гётитом, гидрогётитом), образованными в результате окисления сульфидов. Золото практически неокатанно (в 90% случаев степень окатанности варьирует от слабоокатанной до неокатанной). В углублениях слабоокатанных зерен отмечаются бурые пленки гидроксидов железа темно-коричневого цвета и пелитовый материал. В целом, морфологические характеристики золота Хатырхайского руднороссыпного поля практически одинаковые. Однако в среднем течении руч. Таяхтах преобладает весьма мелкое пылевидное золото (—0.1 мм), представленное неокатанными золотинами игольчатой и крючковатой формы, ограненными индивидами светло-желтого (лимонного) цвета, что свидетельствует о поступлении тонкодисперсного золота из рудного источника, предположительно, золотосульфидной формации.

При изучении химического состава россыпного золота установлено, что его пробность в руч. Таяхтах, Горелый и Крутой мало изменяется. Во всех россыпях преобладает высокопробное (900-980%) золото (80-90% золотин) и присутствует среднепробное (800-899%) золото (до 10-20% золотин). Повышенное содержание среднепробного золота (800-900%) отмечается в руч. Таяхтах (30% золотин). В россыпях руч. Горелый и Таяхтах самородное золото содержит примеси Fe, Cu, Bi, Pb и Mn. Отмечаются повышенные содержания меди и железа (до 0.01 и 0.07% соответственно) (табл. 1). В золоте руч. Крутой наблюдается весь спектр определяемых элементов-примесей (по убыванию содержаний): Fe, Cu, Bi, Co, Pb, Ni, Sn, Pd, Sb, Pt, Mn, Zn и As. И лишь в россыпном золоте руч. Крутой обнаружены примеси элементов платиновой группы (ЭПГ) — Pt (0.033 мас. %) и Pd (0.037 мас. %); здесь же отмечены примеси Ni (0.004 мас. %) и Со (0.043 мас. %). По мнению Л.А. Николаевой и др. (2015), такими индикаторными признаками состава обладает самородное золото золото-скарновых месторождений. В целом, по типоморфным признакам состава, включая наличие примесей ЭПГ, россыпное золото во всех ручьях однотипное и соответствует золоту золото-скарновых месторождений.

Россыпное золото руч. Таяхтах, Горелый и Крутой обладает сходным внутренним строением (рис. 3). Золотины по размеру преимущественно средние и крупные (рис. 3, a, δ), часто встречаются разнозернистые индивиды, как с полигональными,

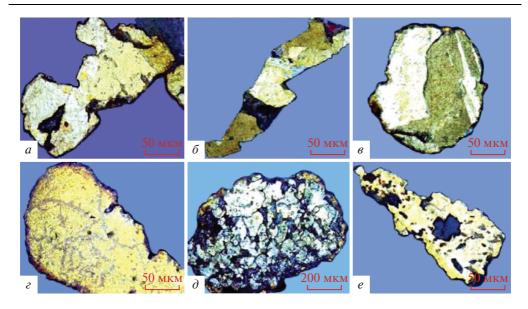


Рис. 3. Внутренние структуры золотин.

a — крупнозернистая; δ — среднезернистая; ϵ — срастание двух золотин, близких по пробности (светло-желтое — пробность 950‰, серо-желтое — 890‰) с фрагментами высокопробной оболочки; ϵ — высокопробное (970‰) золото с обособлением в межзерновых пространствах более серебристого золота; δ — среденепробное золото (830—890‰) в тесном срастании с кварцем; ϵ — высокопробное золото в срастании с кварцем. Fig. 3. Internal structures of placer gold: a — coarse-grained; δ — medium-grained; ϵ — intergrowth of two gold grains similar by fineness (light yellow — 950‰ fineness, gray-yellow — 890‰) with fragments of the high-grade gold rim; ϵ — high-grade (970‰) gold with segregation of a more silvery phase in intergranular spaces; δ — medium-grade gold (830—890‰) in close intergrowth with quartz; ϵ — high-grade gold in intergrowth with quartz (bluish-gray).

так и с изометричными границами, характерными для самородного золота коренных месторождений (золото-скарнового типа). Зернистость в основном средняя, иногда встречаются монокристаллические индивиды. В некоторых золотинах обнаружено срастание самородного золота близкого по пробности (рис. 3, ϵ). Для среднепробного золота характерны срастания округлых в плане зерен с расширенными межзерновыми границами, сложенными более серебристым золотом (рис. 3, ϵ). Установлены сростки золота с кварцем, гематит-лимонитовыми и кварц-гематитовыми агрегатами (рис. 3, δ , ϵ).

В золоте обнаружена структура микрографического срастания самородного золота и рутила (рис. 7, Б, з). По периферии единичных золотин наблюдаются фрагменты неравномерной высокопробной (999‰) оболочки (рис. 3, θ). Редкость высокопробных оболочек и микропрожилков указывает на непродолжительное пребывание самородного золота в зоне гипергенеза.

Среди микровключений в россыпном золоте преобладают теллуриды, представленные теллуровисмутитом Bi_2Te_3 (рис. 4, a), петцитом Ag_3AuTe_2 (рис. 4, a), гесситом Ag_2Te и алтаитом PbTe. В единичных золотинах в руч. Крутой и Таяхтах выявлены микровключения калаверита ($AuTe_2$). Из сульфидов в золоте чаще всего встречаются микровключения сфалерита (рис. 4, a), гринокита (рис. 4, a), галенита (рис. 4, a), иногда отмечаются единичные включения халькопирита и галеновисмутита (рис. 4, a). В некоторых золотинах установлены включения редкоземельных фосфатов — монацита

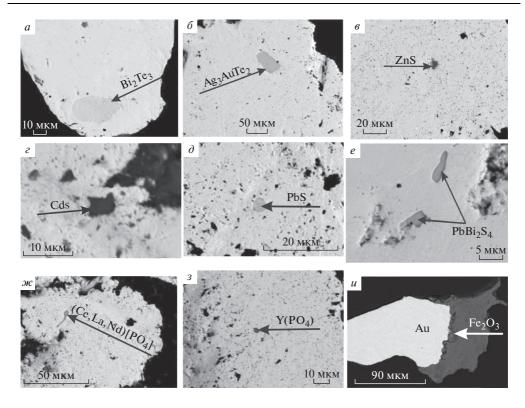


Рис. 4. Микровключения в россыпном золоте.

a — крупное идиоморфное обособление теллуровисмутита, δ — овальное обособление петцита, ϵ — идиоморфное включение сфалерита, ϵ — многочисленные включения гринокита, δ — округлое включение галенита, ϵ — идиоморфные включения галеновисмутита, κ — идиоморфное включение монацита, δ — округлое включение ксенотима, δ — срастание самородного золота (светлое) с гематитом (серое).

Fig. 4. Microinclusions in placer gold: a – large idiomorphic segregation of tellurobismuthite; δ – oval segregation of petzite; ϵ – idiomorphic sphalerite inclusion; ϵ – numerous inclusions of greenockite; δ – rounded inclusion of galena; ϵ – idiomorphic inclusions of galenobismuthite; κ – idiomorphic monazite inclusion; ϵ – rounded inclusion of xenotime; ϵ – intergrowth of native gold (light) with hematite (gray).

(рис. 4, m) и ксенотима (рис. 4, 3). В руч. Таяхтах выявлены сростки золотин с гематитом (рис. 4, u), гематит-лимонитовыми и кварц-гематит-лимонитовыми агрегатами.

Микровключения породообразующих минералов (кварца, калиевого полевого шпата, кальцита) наблюдаются только в краевых частях золотин.

Проведенные исследования дают основание утверждать, что изученное россыпное золото бассейнов руч. Крутой, Таяхтах и Горелый характеризуется близкими типоморфными признаками. В россыпях преобладает мелкое высокопробное золото со сходными морфологическими особенностями — слабоокатанное, в основном неправильной формы, имеющее рудный облик. Слабая степень окатанности россыпного золота изученных объектов свойственна золоту ближнего сноса и указывает на тесную связь золотоносных россыпей с коренными источниками. Выявленные в россыпном золоте элементы-примеси и микровключения рудных и породообразующих минералов отражают специфику минерального состава Хатырхайского рудного поля, что дает основание предположить наличие коренных источников золотосульфидной форма-

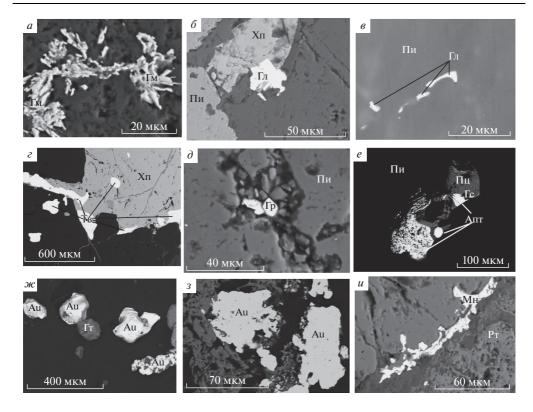


Рис. 5. Типоморфные минералы золотоносной руды Хатырхайского рудно-россыпного поля.

a — сноповидные выделения гематита (Гм) в кварце, δ — ассоциация халькопирита (Хп), пирита (Пи) и галенита (Гл), ϵ — включения галенита (Гл) в пирите (Пи), ϵ — тесная ассоциация теллуровисмутита (Тв) и халькопирита (Хп), δ — включение гринокита (Гр) в раздробленном пирите (Пи), ϵ — ассоциация петцита (Пц), гессита (Гс) и алтаита (Алт) в кварце, ω — гипидиоморфные кристаллы самородного золота (Аи) в срастании с гётитом (Гт), s — неправильные выделения самородного золота (Аи) в доломите, s — развитие прожилковидных выделений монацита (Мн) на границе рутила (Рт) и кварца.

Fig. 5. Typomorphic minerals of gold ore of the Khatyrkhay ore-placer field: a – sheaf-like segregations of hematite (Γ_M) in quartz; δ – association of chalcopyrite (Π _H), pyrite (Π _H) and galena (Γ _H); e – inclusions of galena (Γ _H) in pyrite (Π _H); e – close association of tellurobismuthite (Π _B) and chalcopyrite (Π _H); π – inclusion of greenockite (Π _H) in fragmented pyrite (Π _H); e – association of petzite (Π _H), hessite (Π _H), and altaite (Π _H) in quartz; π _H – hypidiomorphic crystals of native gold (Π _H) in intergrowth with goethite (Π _H); π _H – irregular particles of native gold (Π _H) in dolomite; π _H – development of veinlet-like segregations of monazite (Π _H) at the boundary of rutile (Π _H) and quartz.

ции (лебединского типа) и ожидать по условию образования золото-скарновый тип оруденения.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЗОЛОТОНОСНОЙ РУДЫ

По результатам ранее проведенных исследований (Анисимова, 2017; Анисимова и др., 2018; Прокопьев и др., 2017), в состав золотоносной руды в пределах Хатырхайского поля входят гематит, магнетит, халькопирит, пирит, пирротин, борнит, сфалерит, галенит, теллуровисмутиты, самородное золото. В рудах выявлены единичные выделения теннантита, бурнонита, буланжерита, петцита, гессита и алтаита. Акцес-

Минерал	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Bi	Te	Au	Ag	As	Sb	S	О	Сумма
Пирит	45.95	_	-	_	1.02	0.45	_	_	_	_	_	_	53.39	_	100.46
Пирротин	60.00		_	_	1.15	0.48	_	_	_	_	_	_	37.82	_	99.45
Халькопирит	31.02	34.48	_	_	0.84	0.17	_	_	_	_	_	_	34.11	_	100.27
Магнетит	75.58		_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	24.60	100.18
Теннантит	5.41	45.11	_	4.55	_	_	_	_	_	_	16.34	_	29.65	_	101.06
Бурнонит	_	13.94	42.24	_	_	_	_	_	_	_	_	24.00	20.21	_	100.39
Теллуровис- мутит	_	_	_	-	_	_	50.72	48.77	_	_	_	_	_	_	100.48
Гематит	67.38	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	30.75	100.95
Петцит*	_	_	_	_	_	_	_	32.67	25.31	41.86	_	_	_	_	99.84
Гессит*	0.48	_	_	_	_	_	_	34.62	4.91	60.71	_	_	_	_	100.72
Алтаит*	0.52	_	59.78	_	_	_	_	36.89	_	1.63	_	_	_	_	98.82

Таблица 2. Химический состав (мас. %) рудных минералов Хатырхайского рудно-россыпного поля **Table 2.** Chemical composition (wt %) of ore minerals of the Khatyrkhay ore-placer field

Примечание. * – данные Прокопьева и др. (2017).

сорные минералы рудовмещающих пород представлены баритом, монацитом, рутилом, апатитом, сванбергитом, голландитом. Гипергенные минералы представлены гётитом, развивающимся по пириту и халькопириту. Теллуриды висмута замещены по краям теллуритом висмута. Ковеллин и халькозин окаймляют выделения халькопирита.

Гематит — самый распространенный рудный минерал в пределах рудного поля, в русловых отложениях ручьев он часто представлен гематитовой галькой. Выделения гематита имеют радиально-лучистое, сноповидное и таблитчатое строение, наблюдаются в ассоциации с округло-ограненными кристаллами пирита и баритом (рис. 5, a; 7, A, e). Состав гематита стехиометричен, элементы-примеси не установлены (табл. 2).

Халькопирит — один из основных рудных минералов, встречается в виде прожилков мощностью 4-5 мм, гнезд и вкрапленности. Халькопирит ассоциирует с галенитом и пиритом, часто в нем наблюдаются выделения теллуровисмутита (рис. 5, 6, ϵ ; 7, A, a). По краям минерал замещается ковеллином и гидроксидами Fe, Cu. Состав халькопирита стехиометричен, иногда в нем присутствуют примеси Ni, Co (табл. 2).

Пирит встречается повсеместно, но в меньших количествах, чем халькопирит. Представлен идиоморфными зернами с прямоугольными сечениями, реже зернами неправильной формы. Образует рассеянную вкрапленность и микропрожилки. Ассоциирует с галенитом, халькопиритом, гринокитом и самородным золотом (рис. 5, 6, 6, 6, 7, 7, 8, 9, 9). Состав стехиометричен, редко в пирите содержатся примеси Ni, Co (табл. 2).

Теллуровисмутит находится в тесной ассоциации с халькопиритом. Форма выделений минерала разнообразная: таблитчатая, удлиненно-вытянутая, овальная, аллотриоморфная. Теллурид висмута встречается как в виде включений в халькопирите, так и в виде самостоятельных вкраплений в кварце (рис. 5, ε ; 7, A, a). Теллуровисмутит тесно ассоциирует с монацитом (рис. 7, 4, 6). Химический состав теллуровистутита стехиометричен (табл. 2).

Теннантит — редкий минерал. Форма выделений овальная (рис. 7, A, ∂). Содержит мелкие включения галенита, иногда по краям замещается халькозином. Состав железистый (до 5.4%) (табл. 2).

Галенит наблюдается в виде кристаллов таблитчатой формы, часто ассоциирует с пиритом, сфалеритом, бурнонитом, самородным золотом (рис. 5, δ , ϵ , 7, A, ϵ , ϵ). Ино-

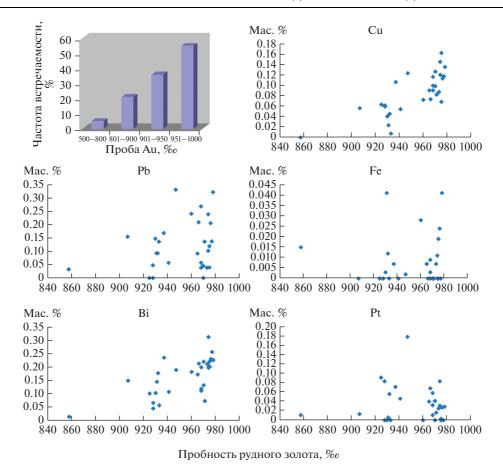


Рис. 6. Гистограмма пробности рудного золота Хатырхайского поля и корреляционные графики пробность — содержание примеси в самородном золоте участка руч. Крутой.

Fig. 6. Histograms of the fineness of primary gold of the Khatyrkhay field and diagrams of fineness vs. content of minor element for native gold of the Krutoy creek site.

гда образует мелкие включения в теннантите (рис. 7, A, ∂). Состав минерала стехиометричен.

По данным Прокопьева и др. (2017), в рудах встречаются единичные минеральные зерна *алташта*, *гессита и петцита*. Теллуриды отмечаются в виде редкой вкрапленности в пирите и вмещающей породе, нередко образуют аллотриоморфнозернистые агрегаты и микропрожилки (рис. 5, *e*). Алтаит может содержать примесь Ag (до 1.63 мас. %), в зернистых агрегатах гессита выявлена примесь Au (до 4.9 мас. %) (табл. 2).

Монации находится в ассоциации с рудными минералами — халькопиритом, пиритом, теллуровисмутитом (рис. 7, A, δ) и акцессорными минералами — апатитом, рутилом (рис. 5, u). Форма выделений — аллотриоморфная. Часто монацит образует оторочки совместно с гётитом и находится в ассоциации с сванбергитом. Среди редких элементов в составе минерала преобладают La, Ce и Nd, в некоторых случаях отмечаются примеси Th и F.

Барит обнаружен в рудовмещающих березитизированных сиенитах. Образует аллотриоморфные вкрапления, по краям замещаемые гётитом (рис. 7, A, *e*).

				1	1	
Тип минера- лизации	Гранулометрический состав	Форма	Проб- ность	Элементы- примеси	Внутренняя структура зо- лотин	Микро- включения
Медно- сульфидно- висмут- теллуридная	<0.0005—0.01 >0.25(мм), иногда мелкие самородки	Неправильная, пластинчатая, комковидная, дендритовидная	850— 980‰	Повышен- ные содержания Fe, Cu (0, <i>n</i> – <i>n</i> мас. %), Bi (0, 0 <i>n</i> –0, <i>n</i> мас. %), присутствие примесей ЭПГ	Крупнозер- нистая, сред- незернистая, гранулиро- ванная. Встречаются структуры распада межзерно- вых границ	Теллуровисмутит, галеновисмутит, галенит, галенит, халькопирит, ксенотим

Таблица 3. Индикаторные признаки россыпного золота для золото-скарновых месторождений **Table 3.** Indicators of the placer gold for gold-skarn deposits

Самородное золото установлено в скарнированных породах, лимонит-гётитовых агрегатах, измененных сиенитах и березитизированных гранито-гнейсах. Форма золотин неправильная, иногда овальная, каплевидная, реже встречаются кристаллы. Также самородное золото образует микропрожилки в пирите (рис. 5, \mathcal{M} –3, 7, A, \mathcal{M} – \mathcal{U}). Размеры выделений самородного золота не превышают 0.1 мм, пробность золота в основном высокая (952%), изменяется от 598 до 1000% (рис. 6). Низкопробное золото представлено единичными выделениями медистого золота, в составе которого содержание Си достигает 38 мас. %. В самородном золоте установлены примеси Ві (до 0.33 мас. %), Нg (до 0.31 мас. %), Си (до 0.17 мас. %) и Pb (до 0.15 мас. %), Fe (до 0.04 мас. %), Pt (до 0.17%) (рис. 6). Золото ассоциирует с гётитом, пиритом, халькопиритом, баритом и монацитом (рис. 7, A, \mathcal{M} – \mathcal{U}).

Из приведенных данных видно, что минеральный состав коренных руд близко соответствует составу микровключений в россыпном золоте.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изучение минералого-геохимических особенностей россыпного золота и минералогии руд Хатырхайского рудно-россыпного узла позволило выработать индикаторные признаки россыпного и рудного золота для данного золото-скарнового месторождения (табл. 3).

Россыпное золото представлено золотинами весьма мелких размеров (от 0.0005—0.1 до 0.25 мм), крайне редко встречаются более крупные выделения (самородки), пробностью 850—950‰, с повышенным содержанием примесей Сu, Fe, Bi. Иногда в россыпном золоте отмечаются примеси ЭПГ. Микровключения представлены теллуровисмутитом, галеновисмутитом, монацитом и ксенотимом. Установленные индикаторные признаки золота характерны для золото-скарновых месторождений медносульфидного-висмут-теллуридного типа.

Ранее Л.А. Николаевой и др. (2015) были установлены индикаторные признаки самородного золота для золото-скарновых месторождений, которые характеризуются тесной пространственной и, возможно, генетической связью золотоносной минерализации со скарнами и скарнированными породами, развивающимися на контакте интрузий гранитоидов с карбонатными породами, либо в непосредственной близости от контакта.

Повышенное содержание меди и связанное с этой особенностью рудного поля предположение о наличии на данной территории медно-порфирового оруденения типа Рябиновое не является сильным аргументом, поскольку такие содержания меди характерны и для золотоскарновых месторождений лебединского типа. Также наличие монацита и ксенотима в россыпном золоте и руде не доказывает образование золото-

уранового оруденения типа Эльконка, а лишь показывает приуроченность скарнов к приконтактовым зонам гранито-гнейсовых массивов и даек щелочных сиенитов. Незначительное проявление гипергенных процессов не дает основания для прогнозирования месторождений типа Куранах.

Установлено, что россыпное золото руч. Таяхтах, Горелый, Крутой и микроминеральные включения в нем, а также самородное золото и рудные минералы в мраморизированных скарнированных доломитах, пластовых лампрофирах и метасоматически измененных сиенитах однотипны и представлены в основном высокопробным золотом, теллуридами и сульфидами, иногда редкоземельными фосфатами (рис. 7, табл. 1). Присутствие как в шлиховом золоте, так и в золотоносной руде таких минералов, как теллуровисмутит, галеновисмутит, галенит, халькопирит, монацит и ксенотим, характерных для золото-скарновых месторождений, свидетельствует о том, что основными источниками золотоносности Хатырхайского поля являются скарновые тела, приуроченные к зонам экзокотактов монцонит-сиенитовых интрузий с вмещающими доломитами. Подтверждением этого вывода служат выявленные ранее геолого-структурные позиции, которые сопоставимы с геологическими особенностями месторождений лебединского типа (Соколов, 2014).

Золотое оруденение на исследуемой территории приурочено к горизонтальным гётит-гидрогетитовым залежам и скарнированным доломитам в экзоконтакте монцонит-сиенитового лакколита. Рудные тела сложены гётит-гидрогётит-кварцевыми метасоматитами, развивающимися по сиенит-порфирам, скарнированными сульфиди-

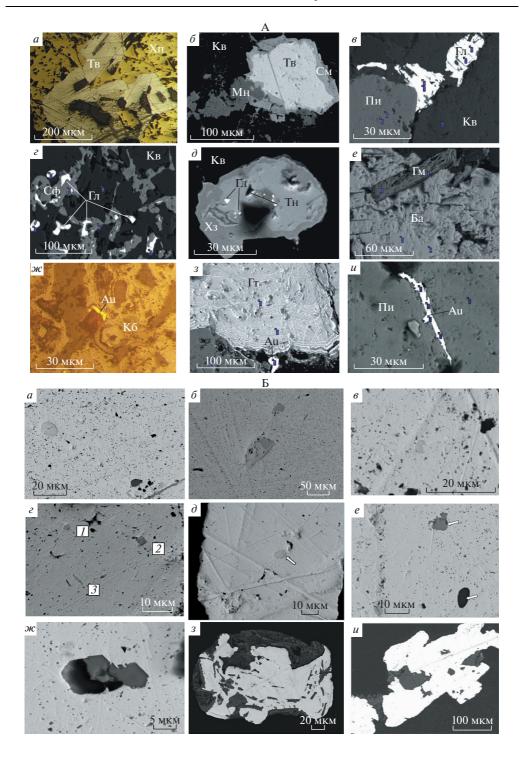
Рис. 7. Минералы золотоносной руды (A) и микровключения в россыпном золоте (Б) Хатырхайского руднороссыпного поля.

А: a — халькопирит (Хп) с теллуровисмутитом (Тв); δ — теллуровисмутит (Тв) в оболочке смирнита (См), замещаемый монацитом (Мн) в кварце (Кв); ϵ — обрастание галенитом (Гл) пирита (Пи); ϵ — включения галенита (Гл) в сфалерите (Сф), δ — теннантит (Тн) с включениями галенита (Гл), замещаемый халькозином (Хз); ϵ — кристалл гематита (Гм) среди барита (Ба); κ — кайма самородного золота (Аu) вокруг окисленного карбоната (Кб) в измененных сиенитах; ϵ — золото (Au) на контакте гётита (Гт) и калиевого полевого шпата (КПШ) в березитизированном гранито-гнейсе, ϵ — прожилок золота (Au) в пирите (Пи). Б: ϵ — округлое включение теллуровисмутита и халькопирита (темно-серое), ϵ — двухфазное идиоморфное обособление теллуровисмутита (серый), петцита (темносерый), ϵ — округлое включение теллуровисмутита, ϵ — идиоморфные выделения: галенита (1), гессита (2), теллуровисмутита (3), ϵ — включение галенита, ϵ — серое идиоморфное обособление монацита, черное — кальцит, ϵ — серое — идиоморфное обособление минеральной фазы Y, Се, Nd, черное — кальцит, ϵ — множественные идиоморфные обособления рутила в матрице самородного золота, ϵ — золотина в срастании с гематит-лимонитовым агрегатом (по краям), золото (светлое) в сростке с калиевым полевым шпатом (темно-серое).

Fig. 7. Minerals of the gold-bearing ore (A) and microinclusions in placer gold (B) of the Khatyrkhay ore-alluvial field:

A (a-u): a – chalcopyrite (Xπ) with tellurobismuthite (Tв); δ – tellurobismuthite (Tв) in the shell of smirnite (Cм), replaced by monazite (MH) in quartz (Kв); δ – overgrown of pyrite (Π ω) by galena (Γ α); ϵ – inclusions of galena (Γ α) in sphalerite (C α), δ – tennantite (TH) with inclusions of galena (Γ α), replaced by chalcosine (X3); ϵ – crystal of hematite (Γ α) among barite (Бa); ϵ – rim of native gold (Au) around oxidized carbonate (K α) in altered syenites; ϵ – gold (Au) at the contact of goethite (Γ α) and potassium feldspar (KΠШ) in beresitized granite-gneiss, ϵ – gold (Au) veinlet in pyrite (Π α).

 $\mathsf{B}-\mathsf{micro}$ -inclusions in placer gold (a-u): $a-\mathsf{ro}$ unded inclusion of tellurobismuthite and chalcopyrite (dark gray), $b-\mathsf{two}$ -phases idiomorphic segregation of telluriobsmuthite (gray) and petzite (dark gray), $b-\mathsf{ro}$ unded inclusion of tellurobismuthite, $b-\mathsf{ro}$ idiomorphic segregations of galena (1), hessite (2) and tellurobismuthite (3), $b-\mathsf{ro}$ inclusion of galena, $b-\mathsf{ro}$ gray idiomorphic segregation of monazite, black $b-\mathsf{ro}$ calcite, $b-\mathsf{ro}$ gray idiomorphic segregation of the mineral phase of Y, Ce, Nd, black $b-\mathsf{ro}$ calcite; $b-\mathsf{ro}$ numerous idiomorphic segregations of rutile in native gold matrix, $b-\mathsf{ro}$ gold particle in intergrowth with hematite-limonite aggregate (at its edges), gold (light) in intergrowth with potassium feldspar (dark gray).



зированными доломитами, сульфидизированными и березитизированными гранитогнейсами (Анисимова и др., 2018).

На территории России небольшие по запасам золото-медно-скарновые месторождения установлены в Алтае-Саянской складчатой области (Лебедское, Синюхинское, Натальевское, Тарданское, Ольгинское и др.). Процессы скарнообразования проявлены на ранних этапах контактового метаморфизма. На Тарданском месторождении золоторудная минерализация представлена двумя типами: связанным со скарново-магнетитовыми образованиями и локализованным в метасоматитах линейных зон дробления (Гаськов и др., 2010). На золото-медно-скарновых месторождениях, помимо главных минералов — халькопирита, борнита, халькозина, пирита, магнетита, выявлен целый ряд редких сульфидов, теллуридов, селенидов, сформировавшихся в несколько стадий. Примесь меди в самородном золоте этих месторождений имеет более ограниченное распространение по сравнению с примесями Ад и Нд. Ее содержание обычно составляет десятые доли процента, более высокие концентрации установлены в самородном золоте ранних высокотемпературных ассоциаций на Тарданском (до 5.95 мас. %) и Федоровском (до 1.34 мас. %) месторождениях (Гаськов и др., 2010), что сравнимо с повышенными содержаниями Си, установленными в единичных случаях в самородном золоте Хатырхайского рудно-россыпного поля.

В.Г. Ветлужских и соавторы (2002) относят к лебединскому типу золоторудные тела, локализованные в виде горизонтальных залежей и секущих тел кварц-сульфидного состава, приуроченных к низам доломитовой толщи вендского возраста и частично к кристаллическому фундаменту. Сходных взглядов придерживаются М.Г. Добровольская и соавторы (2016). В скарнах (залежь Зверевская) распространены массивные и пятнистые текстуры с вкрапленными сульфидами. Самородное золото здесь имеет размеры от 0.01 до 0.1 мм, редко до 0.4 мм. Химический состав самородного золота в первичных рудах неоднороден и варьирует от электрума до высокопробного золота, хотя большая часть золотин имеет пробность 850—940‰. Типоморфные элементыпримеси в золоте представлены As, Mn, V, Bi, Sn, Ag, Pb (Игумнова и др., 1979; Ветлужских и др., 2002; Добровольская и др., 2016).

Практически все установленные на Хатырхайском рудно-россыпном поле проявления золоторудной минерализации можно отнести к скарновому (лебединскому) типу. Признаками скарнового типа оруденения выступают: геохимическая ассоциация элементов (золото, медь, висмут); конфигурация геохимических аномалий золота во вторичных ореолах рассеяния, оконтуривающих массив горы Шайтан; приуроченность механических ореолов золота к выходам скарнов и скарнированных пород, как в пределах массива, так и на его контактах; небольшие размеры выявленных рудных тел (Соколов, 2014).

выводы

Сопоставление результатов изучения типоморфных особенностей россыпного и рудного золота из минерализованных зон Хатырхайского узла с особенностями золота месторождений Центрального Алдана позволило прийти к заключению о том, что коренным источником россыпного золота является оруденение золото-скарнового (лебединского) типа, проявленное в скарнированных породах и березитизированных гранито-гнейсах. При изучении закономерностей распределения россыпного золота в бассейнах руч. Таяхтах, Горелый и Крутой установлено, что формирование коренных источников было связано с процессами скарнирования, проявленными в приконтактовых зонах интрузивов (гранито-гнейсах и сиенитах) и во вмещающих доломитах, которые распространены на всей территории Хатырхайского рудно-россыпного поля, что дает основание расширить площадь формирования оруденения лебединского типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта НИР № 0381-2019-0004 ИГАБМ СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимова Г.С. Минералого-геохимические особенности руд Хатырхайского рудного поля Верхнеамгинской площади / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Матер. VII Всероссийск. научно-практическ. конф., 5-7 апреля 2017 г., Якутск. Т. 1. Издательский дом СВФУ, **2017**. С. 18-23.

Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А., Соколов Е.П., Кардашевская В.Н. Золотое оруденение лебединского и куранахского типов в Верхнеамгинском районе (Южная Якутия) // Отечественная геология. 2018. № 5. С. 3–13.

Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геол. рудн. месторождений. **2002.** Т. 44. № 6. С.467–499.

Гаськов И.В., Борисенко А.С., Бабич В.В., Наумов Е.А. Стадийность и длительность форми-

Таськов И.Б., ворисенко А.С., Ваоич В.Б., Наумов Е.А. Стадииность и длительность формирования золоторудной минерализации на медно-скарновых месторождениях (Алтае-Саянская складчатая область) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 10. С. 1399—1412.

Добровольская М.Г., Разин М.В., Прокофьев В.Ю. Золоторудное месторождение Лебединое (Центральный Алдан): минеральные парагенезисы, стадии и условия образования // Геол. рудн. месторождений. 2016. Т. 58(4). С. 346—366.

Игумнова Н.С. Типоморфные особенности золота первичных руд месторождения Лебединое // Минералогические особенности эндогенных образований Якутии. Якутск: ЯФ СО АН CCĆP, **1979**. C. 100–108.

Ланцев И.П., Николаева Л.А., Бадалова Р.П., Денисова Л.К. К вопросу распределения элементов примесей в самородном золоте из различных месторождений // Труды ЦНИГРИ. 1971. Ч. 1. Вып. 96. С. 130–137.

Молчанов А.В., Терехов А.В., Шатов В.В. Белова В.Н., Радьков А.В., Соловьев О.Л., Степунина М.А. Лебединский золоторудный узел (особенности, геологическое строение, метасоматиты и оруденение) // Региональная геология и металлогения. 2013. № 55. С. 99-110.

Молчанов А.В., Терехов А.В., Шатов В.В., Петров О.В., Кукушкин К.А., Козлов Д.С., Шатова Н.В. Золоторудные районы и узлы Алдано-Становой провинции // Региональная геология и металлогения. **2017**. № 71. С. 93—111.

Никифорова З.С., Каженкина А.Г. Типоморфизм россыпного золота Хатырхайского руднороссыпного узла (Верхнеамгинская площадь) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. **2018.** № 2(24). С. 39–48.

Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. М.: ЦНИГРИ, 2015. 200 с.

Петровская Н.В., Новгородова М.И., Фролова К.Е. О природе структур и субструктур эндогенных выделений самородного золота / Минералогия самородных элементов. ДВНЦ АН СССР: Владивосток, **1980.** С. 10–20.

Прокопьев И.Р., Дорошкевич А.Г., Редина А.А., Егитова И.В. Петрография щелочных пород, минералогия и условия образования рудной минерализации Верхнеамтинского золотоносного района (Алданский щит, Южная Якутия) / Петрология магматических и метаморфических комплексов. Матер. IX конф. Томск: ТЦТИ, 2017. С. 360—366.

Соколов Е.П. Рудное золото Верхнеамгинского золотоносного района / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Матер. V Всероссийск. научно-практическ. конф. Якутск, **2014**. С. 458–462.

Терехов А.В., Молчанов А.В., Шатов В.В., Хорохорина Е.И., Соловьев О.Л. Типоморфизм самородного золота из кайнозойских отложений руч. Горелый и его связь с коренными источниками в пределах Верхнеамгинского рудно-россыпного узла (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения. **2016**. № 65. С. 93–103.

Prediction of the Type of Gold Deposits According to the Native Gold Mineralogy of the Verkhneamginskaya Area (Yakutia)

Z. S. Nikiforova^{a, *}, G. S. Anisimova^{a, **}, E. P. Sokolov^{b, ***}, and A. G. Kazhenkina^{a, ****}

^aDiamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch RAS, Yakutsk, Russia ^bJoint Stock Company "Yakutskgeologiya", Yakutsk, Russia

*e-mail: znikiforova@yandex.ru **e-mail: g.s.anisimova1952@mail.ru

***e-mail: geopoisk@sakha.ru

****e-mail: asiak@rambler.ru

The Khatyrkhay ore-placer cluster is located in central part of the Verkhneamginskaya goldbearing area of the Aldan-Stanovov metallogenic province. Mineralogical-geochemical features of placer gold of the Tayakhtakh, Gorel, Krutoy creeks and ore minerals of gold occurrences of the Khatyrkhay ore-placer cluster have been studied with purpose to determine the types of primary gold deposits. In general, it was found that, by typomorphic features, native gold belongs to a single type and is represented mainly by fine fraction particles (0.1–0.25 mm) with hemi-euhedral forms, high fineness, coarse- and medium-grained structure. Discovery of elements of platinum group, as well as an increased content of Cu, Fe and Bi, microinclusions of tellurobismuthinite, galenobismuthinite, galena, chalcopyrite indicate that gold-skarn bodies, connected with exocontact zones of intrusions and syenite dikes are primary sources of native gold. Mineralogical-geochemical features of placer gold and mineralogy of primary ore in Khatyrkhay ore-placer cluster allowed to determine indicators of placer and ore gold for this gold-skarn deposits. Comparison of typomorphic features of gold from placers and primary ores in mineralized zones of Khatyrkhay cluster with gold from the Central Aldan deposits enabled us to prove that, primary sources are represented by gold-skarn type of mineralization (Lebedinsky type), developed in skarn-altered rocks and berezitized granite-gneisses. Distribution of placer gold in Tayakhtakh, Gorely and Krutov creek basins testifies that primary sources, related to skarn-forming processes, occur in near-contact zones of intrusions (granite-gneisses and syenites) and host dolomites, which are spread through the Khatyrkhay ore-placer cluster, that provides a base for large area of spreading of the lebedinsky type gold mineralization.

Keywords: placer gold, microinclusions, mineralogical and geochemical indicators, ore-placer cluster, prediction, gold deposits

REFERENCES

Anisimova G.S. Mineralogical and geochemical features of the ores of the Khatyrkhaisky ore field in the Verkhneamginskaya area. In: Geology and mineral resources of the North-East of Russia. Proc. VII All-Russian. scientific and practical. conf., 5–7 April 2017, Yakutsk. Vol. 1. Yakutsk: NEFU, 2017. P. 18–23 (in Russian).

Anisimova G.S., Kondratieva L.A., Sokolov E.P., Kardashevskaya V.N. Gold mineralization of the Lebedinsky and Kuranakh types in the Verkhneamga region (South Yakutia). Native Geology. 2018. N 5. P. 3–13 (in Russian).

Vetluzhskikh V.G., Kazansky V.I., Kochetkov A.Ya., Yanovsky V.M. Gold ore deposits of the Central Aldan. Geol. Ore Deposit. 2002. V. 44. N 6. P. 467–499 (in Russian).

Gaskov I.V., Borisenko A.S., Babich V.V., Naumov E.A. The stage and duration of the formation of gold mineralization in copper-skarn deposits (Altai-Sayan folded region). Russian Geol. Geophys. 2010. N 10. P. 1091–1101.

Dobrovolskaya M.G., Razin M.V., Prokofiev V.Yu. Lebedinoe gold deposit, Central Aldan: mineral parageneses, stages and conditions of formation. Geol. Ore Deposit. 2016. V. 58. № 4. P. 308–326.

Igumnova N.S. Typomorphic features of gold from primary ores of the Lebedinoe deposit. In: Mineralogical features of endogenous formations of Yakutia. Yakutsk: SB USSR Acad. Sci, 1979. P. 100–108 (in Russian).

Lantsev I.P., Nikolaeva L.A., Badalova R.P., Denisova L.K. On the question of the distribution of impurity elements in native gold from various deposits. *Proc. TsNIGRI*. 1971. Pt. 1. Iss. 96. P. 130–137 (in Russian).

Molchanov A.V., Terekhov A.V., Shatov V.V., Belova V.N., Radkov A.V., Soloviev O.L., Stepunina M.A. Lebedinsky gold ore cluster (features, geological structure, metasomatites and mineralization). Regional Geol. Metallogeny. 2013. N 55. P. 99–110 (in Russian).

Molchanov A.V., Terekhov A.V., Shatov V.V., Petrov O.V., Kukushkin K.A., Kozlov D.S., Shatova N.V. Gold ore regions and nodes of the Aldan-Stanovoy province. Regional Geol. Metallogeny. 2017. N 71. P. 93–111 (in Russian).

Nikiforova Z.S. Kazhenkina A.G. Typomorphism of placer gold in the Khatyrkhaisky ore-placer cluster (Verkhneamginskaya area). Arctic and Subarctic Natural Res. 2018. V. 2. N 24. P. 39–48 (in Russian).

Nikolaeva L.A., Gavrilov A.M., Nekrasova A.N., Yablokova S.V., Shatilova L.V. Native gold from ore and placer deposits in Russia. Moscow: TsNIGRI, 2015. 200 p. (in Russian).

Petrovskaya N.V., Novgorodova M.I., Frolova K.E. On the nature of structures and substructures of endogenous precipitation of native gold. In: Mineralogy of native elements. Vladivostok: Far East SC USSR Acad. Sci., 1980. P. 10–20 (in Russian).

Prokopyev I.R., Doroshkevich A.G., Redina A.A., Egitova I.V. Petrography of alkaline rocks, mineralogy and conditions for the formation of ore mineralization of the Verkhneamginsky gold-bearing region (Aldan shield, South Yakutia). In: Petrology of magmatic and metamorphic complexes. Proc. IX conf. Tomsk: TCTI, 2017. P. 360–366 (in Russian).

Sokolov E.P. Ore gold of the Verkhneamginsky gold-bearing region. In: Geology and mineral resources of the North-East of Russia Mater. 5th All-Rus. Sci. Pract. Conf. Yakutsk, 2014. P. 458–462 (in Russian).

Terekhov A.V., Molchanov A.V., Shatov V.V., Khorokhorina E.I., Soloviev O.L. Typomorphism of native gold from the Cenozoic deposits of the Gorely brook and its connection with primary sources within the Verkhneamginsky ore-placer cluster (South Yakutia). Regional Geol. Metallogeny. 2016. N 65. P. 93–103 (in Russian).