



5. Krivtsov A.I., Zvezdov V.S., Migachjov I.F., Minina O.V. *Medno-porfirovye mestorozhdenija* [Copper-porphyry depo-sits]. Moscow, TSNIGRI Publ., 2001, 232 p. (in Russian).
6. *Malmyzhskoe mestorozhdenie* [Malmyzh deposit]. 2015. Available at: <http://igcopper.net.ru> (accessed 1 March 2019).
7. Svistunov V.V. Structure and types of breccia of Malmyzh gold-copper porphyry deposits (Khabarovsk Krai) on the basis of area Freedom. *Theses of the Eighth Russian youth scientific practical School «New in knowledge of ore formation processes», Moscow, November 26–30, 2018. Collection of material.* Moscow: IGEM RAS publ., 2018, pp. 313–315. Available at: http://www.igem.ru/ccm/geo_for_young_8/geo_for_young_8.html (accessed 1 April 2019). (in Russian).
8. *Geodinamika, magmatizm i metallogenija Vostoka Rossii: v 2 kn* [Geo-dynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East: in 2 books], ed. by A.I. Khanchuk. Vladivostok, Dalnauka Publ, 2006, Book 1, 572 p. (in Russian).
9. Chitalin A.F., Efimov A.A., Voskresenskiy K.I., Ignat'ev E.K., Kolesnikov A.G. Malmyzhskoe mestorozhdenie — novaja krupnaja zolotomedno-porfirovaja sistema mirovogo klassa na Sihotje-Aline [Malmyzhskiy Deposit, a new large copper-gold-porphyry system world-class Sikhote-Alin], *Mineralnye resursy Rossii. Economica i menegment* [Mineral resources of Russia. Economics and management], 2013, no. 3, pp. 65–69. (in Russian).
10. *Jendogennye rudonosnye brekchievye obrazovaniya. Metodicheskie rekomendacii po vyjavleniju jendogennyh brekchievyh obrazovaniy razlichnyh geneticheskikh tipov i ocenke ih potencial'noj rudonosnosti primenitel'no k zadacham Gosgeolkart* [Endogenous ore-bearing breccia formations. Methodological recommendations on identification of endogenous breccias formation of different genetic types and estimation of their potential ore content related to the task Gosgeolkart]. Sankt-Petersburg, VSEGEI Publ., 2018, 104 p. (in Russian).
11. Peter H.F., Jonh L.W., Doug Archibald, Skarmeta J., Serrano L., Vargas R. Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur-Sur Tourmaline Breccia, Rho Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis, *Economic Geology*, 2005, v. 100, pp. 935–961.
12. Sillitoe R.H. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs, *Economic Geology*, 1985, v. 80, pp. 1467–1514.
13. Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, 2010, v. 105, pp. 3–41

УДК 553. 087

МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДРАЖНОЕ, РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)*

В.Ю. ЧИКАТУЕВА^{1,2}, С.А. СИТКЕВИЧ²

¹Московский государственный университет им М.В. Ломоносова
1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия
e-mail: v.chikatueva@igeotech.ru

²ООО «Институт геотехнологий»
1, стр. 77, Ленинские горы, г. Москва 119234, Россия
e-mail: s.sitkevich@igeotech.ru

Приведены новые данные о минеральном составе руд золоторудного месторождения Дrajное, расположенного в пределах Тарынского рудного поля. Изучены образцы из центральных и фланговых участков месторождения, характеризующие как рудные, так и безрудные зоны. Детальные исследования взаимоотношений и форм выделений минералов и их агрегатов позволили установить два основных этапа минералообразования: осадочно-диагенетический и гидротермально-метасоматический. Выявлено, что основным осадителем раннего самородного золота являлся пирротин, который в последствии практически полностью был замещен более поздним пиритом в результате повышения фугитивности серы. Самородное золото формировалось из золотосодержащих растворов на поздних стадиях гидротермально-метасоматического этапа и зачастую находится в кварцевых и кварц-карбонатных прожилках в виде самостоятельных выделений, реже ассоциирует с пиритом, арсенопиритом и другими сульфидами. Учитывая тип золоторудной минерализации и предполагаемый глубинный источник растворов, данное месторождение, предварительно отнесено к гидротермально-плутоногенной золотокварцевой формации.

Ключевые слова: золоторудное месторождение; золото; тетраэдрит; пирротин; Дrajное.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-5-57-63





MINERALOGY OF THE DRAZHNOYE GOLD ORE DEPOSIT, THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

V.YU. CHIKATUEVA^{1,2}, S.A. SITKEVICH²

¹Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia
e-mail: v.chikatueva@igeotech.ru

²LLC «Institute of geotechnology»
bld. 77, 1, Leninskie Gory, Moscow 119234, Russian Federation
e-mail: s.sitkevich@igeotech.ru

New data on the mineral composition of the Drazhnoye gold deposit, located within the Taryn ore field, have been presented. The samples from the central and flank areas of the deposit, which characterize ore and barren zones, have been studied. Based on the detailed studies of the interrelationship and the form of mineral exhalations and their aggregates, the stages of mineral formation have been proposed, including two main stages: sediment-diagenetic and hydrothermal-metasomatic. It has been revealed that the main precipitator of early native gold was pyrrhotite, which later, with an increase in fugacity of sulfur, was almost replaced by later pyrite. At the end of hydrothermal-metasomatic stage, native gold is formed from gold-bearing solutions and is located often in quartz and quartz-carbonate veinlets as independent precipitates, less commonly associated with polymetallic minerals, pyrite and arsenopyrite. Previous researchers of the Drazhnoye deposit established its genetic relationship with hydrothermal solutions. The data obtained confirm this. According to the type of gold ore mineralization and the type of prospective deep source of solution, this field is previously attributed to a hydrothermal pluton-related gold — quartz formation.

Keywords: gold deposit; gold; tetrahedrite; pyrrhotite; Drazhnoye.

Месторождение Дразное расположено в пределах Тарынского рудного поля и относится к малосульфидному золотокварцевому типу. Изучение минерального состава руд имеет важное значение для уточнения формационного типа и условий формирования месторождения, что в последующем может быть использовано при прогнозе расположения новых рудных тел. Ранее минеральный состав руд месторождения Дразное был изучен не в полной мере [2, 5].

Краткая характеристика месторождения

Район месторождения Дразное находится в зоне сочленения Аян-Юряхского антиклинория и Адыча-Тарынской антиклинальной зоны. Месторождение расположено в пределах северо-восточного крыла и южного замыкания Мало-Тарынской синклинали, сложенной алевропесчаниками и алевролитами триаса и нижней юры, и приурочено к зоне Адыча-Тарынского глубинного разлома северо-западного простирания [11]. Вдоль глубинного разлома сконцентрированы многочисленные золотосурьмяные и золотокварцевые месторождения, такие как Тан, Малтан, Сана, Жданное и др. (рис. 1).

Рудные тела приурочены к прослоям березитизированных алевропесчаников [5]. Они заключены в горизонтальных и пологонаклонных кварцевых штокверках, которые вытянуты в север—северо-западном направлении и ограничены крутопадающими дорудными разломами или пересекают их. Жильно-прожилковые тела с золоторудным

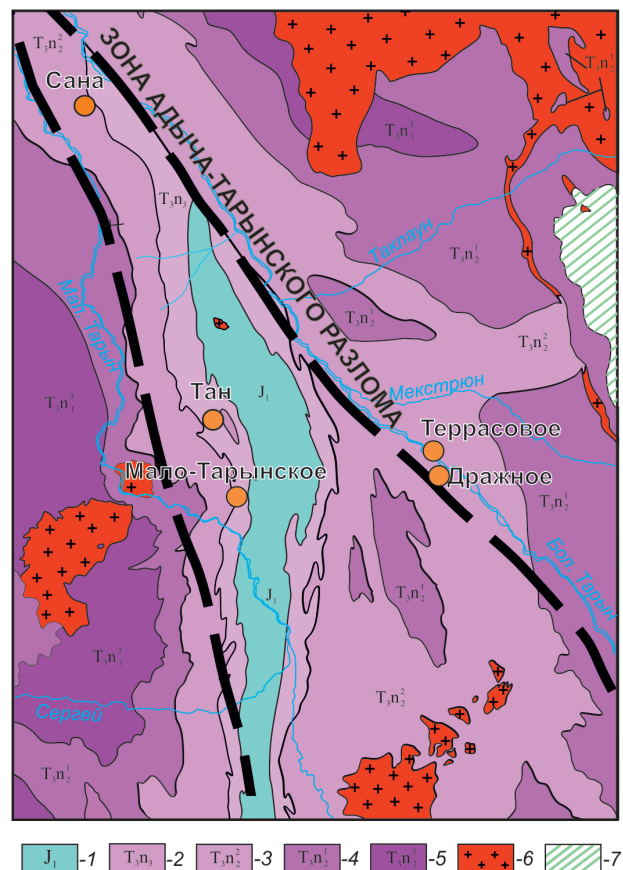


Рис. 1. Структурно-геологическая карта участка Тарынского рудного поля: 1 – алевритово-сланцевые отложения, 2 – алевритово-песчаниковые отложения, 3 – песчаниковые отложения, 4 – алевролитово-песчаниковые отложения, 5 – песчаниково-алевролитовые отложения, 6 – массивы гранитов колымского комплекса, 7 – субвулканические образования гиперстеновых дацитов



оруденением ориентированы косо по отношению к складчатым структурам и нередко наследуют до-рудные складчатые разломы [11]. В прожилках с рудной минерализацией часто встречаются анкерит, серицит и изредка хлорит. На долю карбонатов приходится от 1—2 до 40% жильного выполнения. Количество рудных минералов в прожилках от 0 до 5—10%, в редких случаях 90—100%. Пострудные прожилки в большинстве случаев имеют хлорит-кварцевый и кварц-кальцитовый составы.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили образцы, отобранные во время полевых работ 2015—2016 гг. Из 23 скважин, пробуренных в центральной и фланговых частях участка Дrajный, были равномерно отобраны образцы, характеризующие рудные и безрудные зоны. Всего изучено 120 шлифов. С целью уточнения химического состава минеральных фаз выполнено 142 анализа на сканирующих электронных микроскопах JEOL JSM-6480LV, кафедры петрологии МГУ им. М.В. Ломоносова (аналитик Н.Н. Кошлякова) — ускоряющее напряжение 20 кВ, сила тока 10 нА, время накопления сигнала 100 с), JEOL JXA-8100 отдела ФГБУ «ВИМС» (аналитик А.А. Киселев) — ускоряющее напряжение 20 кВ, сила тока 5 нА, время накопления сигнала 100 с), Jeol JSM-6400 Института геологии Коми НЦ УрО РАН (аналитик В.Н. Филиппов) — ускоряющее напряжение 20 кВ, сила тока 20 нА, время накопления сигнала 60 с).

Результаты исследования

Главными рудными минералами месторождения Дrajное являются пирит и в меньшей степени арсенопирит. В значительно меньших количествах присутствуют сфалерит, халькопирит, пирротин, блеклая руда (тетраэдрит) и золото, ещё реже встречаются бурнонит, буланжерит, галенит, марказит, рутил, ильменит, лейкоксен, магнетит, глаукоdot, герсдорфит и ульманит.

Изучение взаимоотношения и форм выделений минералов и их агрегатов на золоторудном месторождении Дrajное позволило выделить следующие минеральные ассоциации.

1-я минеральная ассоциация была выделена условно и представлена наиболее ранним минералом на месторождении — *пиритом первой разновидности (пирит-I)*. Он образует неравномерную вкрапленность во вмещающих породах. Морфология выделений различная: тонкозернистые ксеноморфные зёрна, кубические кристаллы, фрамбоиды, которые нередко образуют

стяжения разных очертаний. Иногда отмечают псевдоморфозы пирита-I по органическим остаткам и в срastании с углеродистым веществом. По данным рентгеновского микроанализа в минерале присутствует примесь мышьяка от 1,2 до 2,63 мас. %.

Арсенопирит-I чаще представлен призматическими кристаллами, реже ксеноморфными зёрнами, содержит незначительные примеси Ni и Sb. На интервалах с повышенными содержаниями золота минерал содержит включения пирротина и халькопирита размером до 0,08 мм (рис. 2). Ксеноморфные включения пирротина содержат примеси Ni 0,3—0,42 мас. %.

Герсдорфит начинал кристаллизоваться, вероятно, несколько позднее пирита-II, так как иногда частично замещает его. Кристаллы приурочены к кварц-карбонатным прожилкам, редко в них ассоциируют с включениями сидерита. Он слагает кубические, октаэдрические кристаллы и зёрна неправильной формы. В изученных образцах выявлено несколько разновидностей герсдорфита, различающихся особенностями состава: 1) железо-кобальтовый с содержанием Fe 9,5 — 4,3, Co 1—3 мас. %; 2) сурьмяно-железистый Sb 4,79—17,6, Fe 3,6—8,73 мас. %; 3) железо-кобальт-теллуристый — Fe 12,9, Co 4,91 и Te около 2 мас. %. Обычно герсдорфит ассоциирует с пиритом, изредка с ульманитом.

Сфалерит, как правило, представлен самостоятельными выделениями во вмещающих породах, часто встречается в виде включений в пирите-II и арсенопирите.

Минералы *3-й минеральной ассоциации* развиты преимущественно в кварц-карбонатных прожилках, реже наблюдаются в карбонатной матрице метасоматически измененных пород, по трещинам катаклаза пирита-II и раннего арсенопирита.

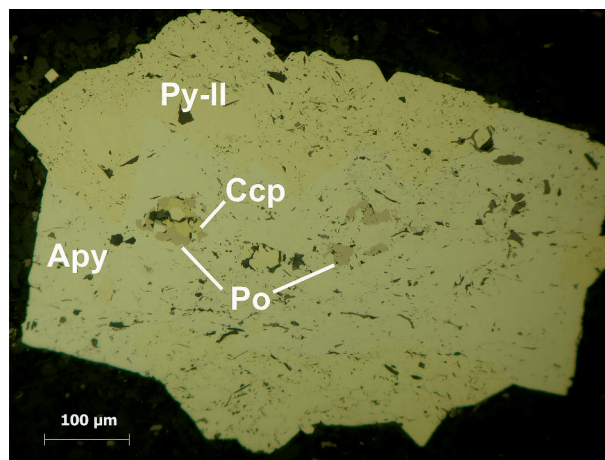


Рис. 2. Срastание арсенопирита (Apy) с включениями халькопирита (Csp), пирротина (Po) и пирита-II (Py-II)



Наиболее распространёнными минералами являются пирит и арсенопирит. Пирит представлен двумя разновидностями. *Пирит третьей разновидности (пирит-III)* локализован исключительно в карбонатных и кварц-карбонатных прожилках. В образцах и под оптическим микроскопом он с трудом отличается от более позднего *пирита-IV*, так как повсеместно обрастает им. Однако пирит-III отчётливо выделяется при структурном травлении и электронно-зондовых исследованиях. Для него характерны вытянутые, длиннопризматические формы выделения (рис. 3). В пирите-III не выявлено примеси As, но присутствуют примеси Ni (от 0,19 до 1,03 мас. %) и Co (около 0,5 мас. %). Из-за отсутствия As, на фотографиях в отражённых электронах минерал выделяется сравнительно тёмным тоном (рис. 3, б). При травлении зёрна минерала распадаются на многочисленные длиннопризматические выделения, расположенные перпендикулярно удлинению зерна (рис. 3, в). Во всех изученных аншлифах золото в виде включений приурочено именно к пириту-III и часто находится в ассоциации с пирротинном, халькопиритом, галенитом и тетраэдритом. Вероятно, пирит-III был образован при повышении фугативности S (fS_2), в результате повсеместно происходило замещение раннего пирротина более поздним пиритом-III [6].

Пирит четвертой разновидности (пирит-IV) распространен как во вмещающих породах, так и в прожилках. Как было отмечено выше, он обрастает пирит-III (рис. 3, б, в). Минерал представлен кубическими, реже пентагон-додекаэдрическими кристаллами. Особенностью данной разновидности является слабая, но отчётливая цветная анизотропия зёрен, которая, вероятно, обусловлена значительными содержаниями мышьяка [6]. Концентрация As в пирите-IV от 1 до 3,6, Ni от 0,08 до 0,53 и Co от 0,09 до 0,52 мас. %. Пирит-IV нередко корродирует зёрна более раннего арсенопирита, иногда находится в сростании с марказитом.

Арсенопирит-II представлен ксеноморфными зёрнами, коротко- и длиннопризматическими кристаллами. Включения золота в арсенопирите практически не встречаются, за исключением единичного зерна. Состав арсенопирита выдержанный, без примесей.

Халькопирит имеет крайне разнообразные формы выделения. Он нередко находится в сростании или замещается более поздними тетраэдритом и бурнонитом (рис. 4, а). В минерале присутствуют примеси Zn (от 1,06 до 11 мас. %), Co (0,23 мас. %), As (до 0,1 мас. %), в зёрнах, ассоциирующихся с сульфосолями и золотом, также выявлены повы-

шенные содержания Cd (0,05 мас. %), In (0,18 мас. %), Sn (0,2 мас. %), Sb (0,16 мас. %).

Пирротин представлен: 1) включениями в пирите-III в ассоциации с халькопиритом, тетраэдритом и золотом; 2) ксеноморфными выделениями в ассоциации с халькопиритом и золотом,

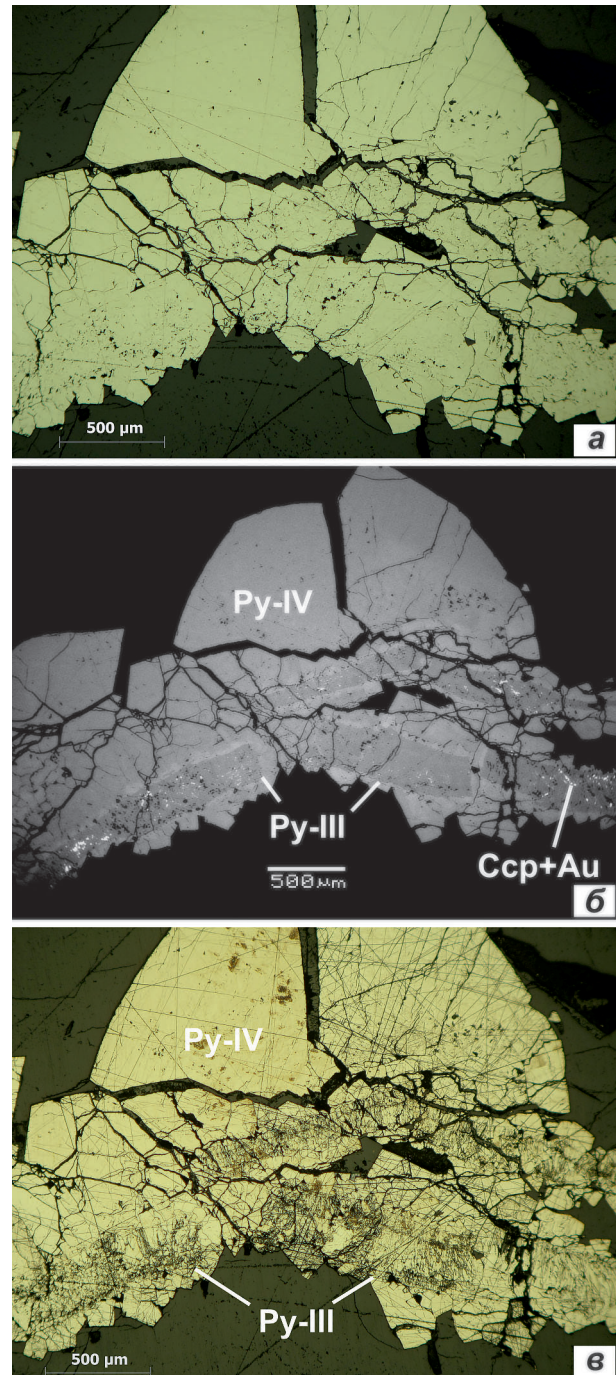


Рис. 3. Скопление зёрен пирита-III и пирита-IV: а – фото под микроскопом, б – фото в отражённых электронах, в – фото под микроскопом после структурного травления: Py-III – пирит-III, Py-IV – пирит-IV, Au – золото, Csp – халькопирит

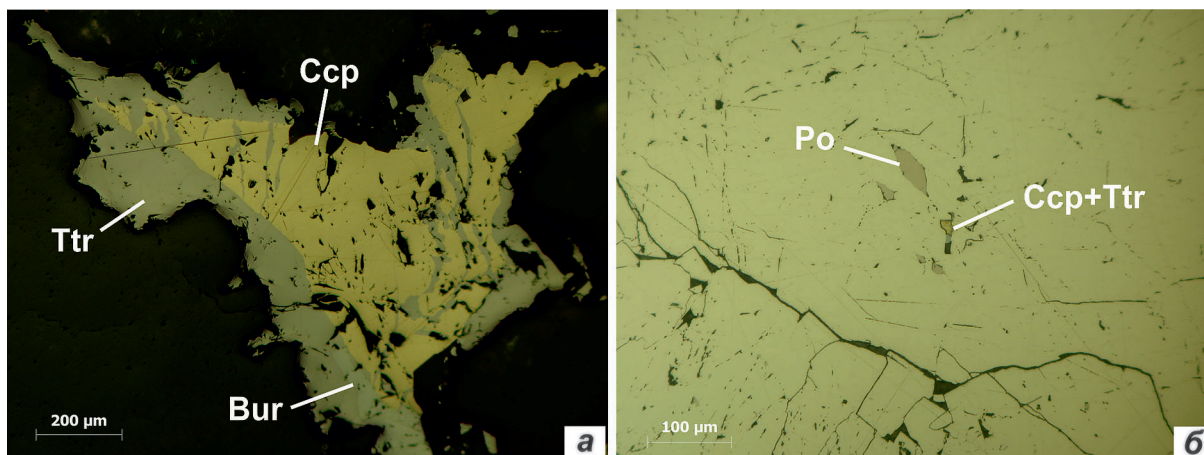


Рис. 4. *a* – структура замещения тетраэдритом (Ttr) более ранних халькопирита и бурнонита (Bur), *б* – включения пирротина, халькопирита и тетраэдрита в пирите-III

приуроченными к трещинам катаклаза по пириту-II. Включения пирротина в пирите-III имеют угловатую форму выделения (рис. 4, б). При изучении минерала в отраженных электронах и при травлении зёрен пирита-III выявлено закономерное распределение угловатых включений пирротина перпендикулярно удлинению зерна пирита-III.

Сфалерит второй минеральной ассоциации часто содержит эмульсионную вкрапленность халькопирита или находится в сростании с ним и тетраэдритом. Минерал содержит примеси: Fe от 1,1 до 5,7, Cu 0,6 до 1,24, Cd 0,05 до 0,24, Sb до 0,2 мас. %.

Галенит имеет незначительное распространение и представлен самостоятельными выделениями неправильной формы в кварц-карбонатных прожилках, где нередко находится в ассоциации или в сростании с халькопиритом, бурнонитом, и замещается буланжеритом.

Тетраэдрит обычно приурочен к кварц-карбонатным прожилкам, реже встречается по трещинам пирита-II в ассоциации с халькопиритом и золотом. Формы выделения, как и у халькопирита, достаточно разнообразны. Тетраэдрит зачастую замещает более ранние бурнонит и халькопирит (рис. 4, а). Зёрна тетраэдрита однородны по составу, что указывает на их формирование в упорядоченных условиях при постепенном снижении температуры [10]. В составе тетраэдрита выявлены примеси As до (1 мас. %), Zn до 6,93, Fe до 5,9, Ag до 3,57 и Pb до 3,09.

Бурнонит в изученных образцах месторождения встречается чаще, чем буланжерит. Оба минерала имеют незначительное распространение и пространственно ассоциируют исключительно с рудными интервалами. Форма зёрен бурнонита ксеноморфная либо игольчатая. *Буланжериту*

свойственны игольчатые кристаллы, реже ксеноморфные выделения. Размер зёрен бурнонита и буланжерита варьирует от нескольких сотых миллиметра до 0,3 мм.

Ульманит и *глаукоdot* в изученных образцах отмечаются крайне редко. *Ульманит* образует ксеноморфные выделения и кубические кристаллы в ассоциации с сульфосолями. По химическому составу однороден, выявлены незначительные вариации примесей: As от 3,68 до 6,42 мас. %, Fe от 0,96 до 1,81 мас. %. *Глаукоdot* представлен ксеноморфными выделениями (до 0,01 мм) в сростании с пиритом, и приурочен к карбонатам в метасоматически изменённых породах. В глаукоdotе иногда присутствуют включения золота.

Самородное золото на месторождении распределено крайне неравномерно. В изученных образцах оно представлено: 1) включениями в пирите-III; 2) зёрнами, приуроченными к трещинам по пириту-II в прожилках, реже во вмещающих метасоматически изменённых породах; 3) самостоятельными выделениями в жильно-прожилковых телах. На месторождении самородное золото в большей степени представлено самостоятельными выделениями. Проба золота не различается для указанных выше разновидностей зёрен и изменяется от 820 до 893 %, единичные зёрна содержат примесь ртути до 1,5 мас. %.

Золото в зёрнах пирита-III имеет интерстициальные, комковидные формы выделения. Оно ассоциирует с пирротинном, халькопиритом, галенитом и тетраэдритом. Размер выделений варьирует от первых тысячных до 0,035 мм. Самостоятельные выделения золота, как правило, приурочены к ослабленным зонам (микротрещинам) в кварцевых прожилках, либо локализованы в карбонатной матрице кварц-карбонатных прожилков, цемен-



тируют зёрна пирита-IV и позднего арсенопирита. Минерал пространственно связан с тетраэдритом, буланжеритом, бурнонитом, изредка галенитом. Морфология зёрен золота — интерстициальная, угловатая, размер от 0,06 до 1,5 мм.

Обсуждение результатов

На основе изучения взаимоотношения и формы выделения минеральных индивидов и их агрегатов на золоторудном месторождении Дразное предварительно выделяется два основных этапа минералообразования: осадочно-диагенетический и гидротермально-метасоматический (таблица).

К первому этапу (осадочно-диагенетическому) отнесён пирит-I. Он имеет широкое распространение в слабометаморфизованных комплексах осадочных пород. Вероятно, фрамбоиды были образованы на стадии диагенеза или раньше — во время осадконакопления [4]. В составе гидротермально-метасоматического этапа выделены три стадии, характеризующиеся различными минеральными ассоциациями: 1) ранняя сульфидная; 2) полисульфидная; 3) продуктивная. Ранняя сульфидная минеральная ассоциация представлена минералами ранних метасоматических изменений, на что указывает наличие в метакристаллах пирита-II и арсенопирита-I включений реликтов фрамбоид-

дального пирита и текстур породы [1]. Полисульфидная стадия на ранней ступени представлена пирротинном, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и ранним самородным золотом. Основным осадителем раннего самородного золота изначально являлся пирротин. Позже, в позднюю стадию, при повышении fS_2 и активности Sb, пирротин был практически полностью замещён пиритом-III, в результате реакции замещения формируются бурнонит, тетраэдрит, реже буланжерит. Кристаллизуются арсенопирит-II, глаукодот и ульманит. В продуктивный этап из золотосодержащих растворов отлагалось позднее самородное золото.

Заключение

Ранее исследователи месторождения Дразное установили его генетическую связь с гидротермальными растворами [3]. Это подтверждается результатами термобарогеохимических исследований, которые показали, что кварц месторождения сформирован в мезотермальных условиях на глубинах 3—4 км ($230 \pm 50^\circ\text{C}$; 900 ± 100 бар) из углекислотно-водных флюидов с широкими вариациями солёности (2,6—9,3 мас. % экв. NaCl), содержащих в небольшом количестве метан [3]. Полученные новые данные о минеральном составе руд и составе отдельных минералов косвенно подтвержда-

Последовательность минералообразования на месторождении Дразное

Минералы	Осадочно-диагенетический этап	Гидротермально-метасоматический этап			
		Ранняя стадия (ранние сульфиды)	Полисульфидная стадия		Продуктивная стадия
			Ранняя ассоциация	Поздняя ассоциация	
Пирит					
Арсенопирит					
Пирротин					
Халькопирит					
Сфалерит					
Тетраэдрит					
Бурнонит					
Буланжерит					
Галенит					
Ульманит					
Герсдорфит					
Глаукодот					
Золото					
Рутил					
Ильменит					
Магнетит					



ют это. По типу золоторудной минерализации и предполагаемого глубинного источника данное месторождение предварительно можно отнести к гидротермально-плутоногенной золото-кварцевой формации [6, 7, 9, 10]. Нередко минеральный состав руд гидротермальных плутоногенных месторождений в значительной мере обусловлен составом рудовмещающих толщ [8]. Наряду с пиритом и арсениопиритом, обычными для месторождений

золота в черносланцевых толщах (Наталкинское, Олимпиадинское, Сухой Лог и т. д.), рудные тела месторождения Дразное содержат пирротин, минералы Ni и Co (ульманит, глаукокодот и герсдорфит), а также бурнонит и буланжерит. Присутствие среди рудных фаз минералов, в качестве главных катионов содержащих элементы группы железа, указывает на вероятное наличие на глубине магматических пород основного или ультраосновного состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Б.С. Пирит золоторудных месторождений. М.: Наука, 1992. 143 с.
2. Аристов В.В. Перспективы выявления крупных богатых золото-кварцевых месторождений в Тарынском рудно-россыпном узле // Разведка и охрана недр. 2009. № 6. С. 3–11.
3. Аристов В.В., Прокофьев В.Ю., Имамендинов Б.Н., Кряжев С.Г., Алексеев В.Ю., Сидоров А.А. Особенности рудообразования на золото-кварцевом месторождении Дразное (Восточная Якутия, Россия) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464. № 1. С. 65–70.
4. Астафьева М.М., Розанов А.Ю., Хувер Р. Фрамбиды: их структура и происхождение // Палеонтологический журнал. 2005. № 5. С. 1–7.
5. Золоторудные месторождения России / Ред. М.М. Константинов, М.: Акварель, 2010. С. 136–142.
6. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во. ИЛ, 1962. 1132 с.
7. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 688 с.
8. Спиридонов Э.М. Зависимость минерального состава плутоногенных гидротермальных месторождений золота от состава вмещающей среды // Доклады Академии наук. 1998. Т. 363. С. 1–3.
9. Спиридонов Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au минерализации // Труды Всероссийской (с международным участием) научной конференции, посвященной 80-летию Кольского НЦ РАН, «Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов», М.: Изд-во К & М, 2010, С. 143–171.
10. Филимонов С.В. Минералы группы блеклых руд — индикаторы рудогенеза (на примере гидротермальных месторождений золота). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2009. 45 с.
11. Читалин А.Ф., Воскресенский К.И., Гришин Е.М. и др. Структурно-кинематическая модель золоторудного месторождения Дразное // Геофизика. 2018. № 3. С. 106–114.

REFERENCES

1. Andreev B.S. *Pirite of gold deposits*. Moscow, Nauka Publ., 1992, 143 p. (in Russian)
2. Aristov V.V. Perspektivy vyavleniya krupnykh bogatykh zolotokvartsevykh mestorozhdeniy v Tarynskom rudno-rossypnom uzle [Potential for discovery of large high grade gold-quartz deposits in Taryn ore-placer district.]. *Razvedka i okhrana neдр — Prospect and protection of mineral resources*, 2009, no. 6, pp. 3–11. (in Russian)
3. Aristov V.V., Prokofiev V.Y., Alekseev V.Y., Sidorov A.A., Imamendinov B.N., Kryazhev S.G. Osobennosti rudoobrazovaniya na zoloto-kvartsevom mestorozhdenii Drazhnoye (Vostochnaya Yakutiya, Rossiya) [Ore-forming processes in the Drazhnoe gold-quartz deposit (Eastern Yakutia, Russia)]. *Doklady Earth Science*, 2015, т. 464, no. 1, pp. 65–70. (in Russian)
4. Astafieva M.M., Rozanov A.Yu. *Framboids: ikh struktura i proiskhozhdeniye* [Hoover R. Framboids: Their structure and origin.]. *Paleontologicheskij zhurnal — Paleontological Journal*, 2005, no. 5, pp. 1–7. (in Russian)
5. *Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii* [Gold deposits of Russia.]. Ed. M.M. Konstantinov. Moscow, Acvarel Publ., 2010, pp. 136–142. (in Russian)
6. Ramdor P. *The Ore Minerals and their Intergrowths*. 1962, 1132 p. (in Russian)
7. Smirnov V.I. *Geologiya poleznykh iskopayemykh* [Geology of minerals.]. Moscow, Nedra Publ., 1982, 688 p. (in Russian)
8. Spiridonov E.M. Zavisimost' mineral'nogo sostava plutonogenykh gidrotermal'nykh mestorozhdeniy zolota ot sostava vmeshchayushchey sredy [Dependence of the mineral composition of pluton-related gold deposits on the composition of the host medium.]. *Doklady Earth Science*, 1998, т. 363, pp. 1–3. (in Russian)
9. Spiridonov E.M. Obzor mineralogii zolota v vedushchikh tipakh Au mineralizatsii [Complication of the data on the gold mineralogy of the leading types of the gold mineralization.]. *Trudy Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiyem) nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu Kol'skogo NTS RAN, «Zoloto Kol'skogo poluostrova i sopredel'nykh regionov» — [Proceedings of the All-Russian (with international participation) scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Kola National Academy of Sciences, «Gold of the Kola Peninsula and adjacent regions»]. Moscow, K & M Publ., 2010, pp. 143–171. (in Russian)*
10. Filimonov S.V. *Mineraly gruppy bleklykh rud — indikatory rudogeneza (na primere gidrotermal'nykh mestorozhdeniy zolota)*. Diss. kan. geol.-min. nauk [Minerals of the group of fahl ore — indicators of ore genesis (on the example of hydrothermal gold deposits)]. PhD geol.-min. sci. diss.]. Moscow, 2009, 45 p. (in Russian)
11. Chitalin A.F. and other. Strukturno-kinematicheskaya model' zolotorudnogo mestorozhdeniya Drazhnoye [The structural kinematical model of gold Drazhnoe deposit]. *Geofizika — Geophysics*, 2018, no. 3, pp. 106–114. (in Russian)