

УДК 553.41(571.651)

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕНТЯБРЬСКОЕ СВ (ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)

Гребенникова А.А.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: anylotina@mail.ru*

Чукотский автономный округ занимает одно из лидирующих мест в России по добыче золота. Здесь известны месторождения различных формационных типов, одними из интересных в промышленном плане являются бананцевые эпитермальные золото-серебряные объекты, к которым относятся Кубака, Джульета, Купол, Двойное, Сентябрьское СВ, Валунистое и многие другие. В настоящее время данный тип месторождений является очень значимым для добывающей промышленности, потому что имеет большие запасы золота и серебра. Добыча металла из эпитермальных золото-серебряных месторождений является экономически выгодной даже в труднодоступных районах Северо-Востока России. Но, как известно, «жизнь» этих месторождений скоротечна и запасы их не безграничны. Поэтому важно расширять и восполнять минерально-сырьевую базу за счет освоения новых месторождений, рудопроявлений и перспективных площадей на золото и серебро. В статье кратко приведены некоторые геологические и минералогические характеристики эпитермальных золото-серебряных месторождений Купол, Двойное и Сентябрьское. Наше исследование было предпринято с целью определить типоморфные особенности бананцевого эпитермального золото-серебряного месторождения Сентябрьское СВ и сопоставить их с крупнейшими месторождениями «мирового класса», которые локализованы в пределах Купольного горнорудного района – Купол и Двойное. Полученные данные позволяют сделать вывод о перспективности эпитермального золото-серебряного месторождения Сентябрьское СВ в промышленном плане на золото, серебро и возможности прогнозирования и выявления новых богатых рудных площадей на данном объекте и Купольном горнорудном районе Чукотского автономного округа.

**Ключевые слова:** золото, серебро, месторождение, эпитермальный, бананцы, Чукотка

## THE PROSPECTS OF EXPANDING THE RAW MATERIALS SOURCE OF GOLD-SILVER DEPOSIT Sentyabrskoe SV (CHUKOTKA AUTONOMOUS AREA)

Grebennikova A.A.

*Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: anylotina@mail.ru*

The Chukotka autonomous area of Russia holds one of the leading positions in Russia in the gold mining. Various formational types' deposits are known to this region. Among the most industrially interesting types are bonanza epithermal gold-silver Kubaka, Juliet, Kupol, Dvoinoe, Sentyabrskoe SV, Valunistoe and many other deposits. This deposit type is currently very significant for the mining industry as it provides large gold-silver reserves. Extraction of metal from epithermal gold-silver deposits is economically profitable even in remote areas of the North-East of Russia. However, as it is known, these deposits get rapidly depleted and their reserves are limited. Therefore, it is important to expand and replenish the mineral and raw material base by developing new gold-silver deposits, ore occurrences and prospects. This article briefly describes several geological and mineralogical characteristics of the epithermal gold-silver Kupol, Dvoinoe and Sentyabrskoe SV deposits. Our research aimed to determine typomorphic features of the epithermal gold-silver Sentyabrskoe SV deposit and to compare them to the largest «world class» deposits localized within the Kupolny ore district, i.e. Kupol and Dvoinoe. The data obtained allow us to conclude that the epithermal gold-silver Sentyabrskoe SV deposit is promising in industrial terms for gold, silver, and the ability to predict and identify new rich ore areas at this facility and the Kupolny ore district of the Chukotka autonomous area.

**Keywords:** gold, silver, deposit, epithermal, bonanza, Chukotka

На Чукотке быстрый рост добычи золота и серебра в первую очередь связывают с перспективными бананцевыми золото-серебряными объектами [1]. Под термином «бананцы» подразумеваются участки рудных тел, содержащие ураганские скопления Au или серебра на месторождениях [1], что соответствует понятию «рудный столб».

Купольный горнорудный район интенсивно стал развиваться после ввода в эксплуатацию в 2008 г. месторождения мирового класса – Купол, которое вывело Чукотку на второе место по добыче золота в России [1–3]. Это

месторождение приурочено к Верхнеяблонской металлогенической зоне Центрально-Чукотского сектора [4]. Его запасы составляют: Au – 93 т, Ag – 1155 т [1, 3]. Рудное поле месторождения сложено андезитами, реже андезибазальтами позднего мела. По данным Сахно, возраст оруденения Купол составляет 88–89 млн лет [5].

В 100 км от месторождения Купол находится месторождение Двойное [1, 6], третье по запасам золота среди эпитермальных Au-Ag месторождений Северо-Востока России: с 2013 г. на нём добыто Au – 23,7 т и Ag –

32,5 т [1, 6]. Рудное поле месторождения сложено андезитами и туфами андезитов, абсолютный возраст которых по данным  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  – аптский (120–118 млн лет [5, 7]). Возраст оруденения месторождения Двойное составляет 88–87 млн лет (К-Аг метод [5]).

В 70 км от месторождения Купол располагается еще один перспективный золото-серебряный объект – месторождение Сентябрьское СВ. Некоторые исследователи относят его к ярко выраженному «бонанцевому» типу, с неравномерным распределением драгоценных (Au и Ag) металлов [1, 8]. Ранее Сентябрьское СВ было изучено Н.Е. Саввой с соавторами [9], а центральная часть рудного поля Сентябрьское исследована Ю.Н. Николаевым с соавторами [8].

Цель исследования: определить перспективность расширения сырьевой базы золото-серебряного месторождения Сентябрьское СВ (Центральная Чукотка). Достижение этой цели обеспечивается в результате проведения сравнительного анализа геологических и минералого-геохимических особенностей руд эпитермального золото-серебряного месторождения Сентябрьское СВ, с крупнейшими бонанцевыми месторождениями Чукотки – Купол и Двойное, что позволит уточнить его типоморфные особенности, которые помогут идентифицировать условия его формирования и возможность прогнозирования новых рудных зон, как на данном объекте, так и в пределах Купольного горно-рудного района.

#### *Краткая геологическая характеристика*

В пределах Илirianейского рудного района, в верховьях рек Раучуа и Илirianейвем известен Водораздельный рудный узел. В его состав входят оконтуренные рудные поля – Двойное и Сентябрьское [8, 9]. Месторождение Сентябрьское СВ локализовано в восточном обрамлении вулканического купола, приуроченного к западной части Илirianейской вулканотектонической структуры обрушения – раннего этапа становления Центрально-Чукотской зоны Охотско-Чукотского вулканического пояса. Данный район сложен раннемеловыми вулканическими тытыльвеемской свиты, входящей в состав одноименного андезит-риолитового вулканического комплекса. Отложения тытыльвеемской свиты представлены чередующимися потоками андезитов, туфами риолитов, андезибазальтов (рис. 1). Возраст вулканических тытыльвеемской свиты по результатам U–Pb датирования цирконов составля-

ет  $121,4 \pm 2,8$  млн лет (нижняя подсвита) и  $118,0 \pm 2,0$  млн лет (средняя подсвита) [10], эти данные в пределах аналитической погрешности совпадают с результатами U–Pb (Shrimp) датирования пород рудного поля Двойное –  $120,4 \pm 1,0$  млн лет для рудовмещающих трахиандезитов и  $118 \pm 1,0$  млн лет для пострудной дайки [7]. Вулканические прорываются комагматическими экструзивными телами андезитов, которые выполнены оруденелыми взрывными брекчиями. Основная часть оруденения месторождения Сентябрьское СВ локализована в трубчатом теле взрывных брекчий с обломками пород различного состава (туфами андезитов, андезибазальтов и кварца) [9]. Рудное поле разбито разломами восток-северо-восточного простирания, которые контролируют размещение рудоносных зон и положение взрывных брекчий и даек риолитов [9]. Золото-кварц-полиметаллическая минерализация в основном приурочена к трубообразным телам взрывных брекчий. Она является наложенной и, зачастую, развивается по цементу брекчий, что и определяет морфологию рудных тел [9].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Золото-кварц-полиметаллическая минерализация развивается по цементу тектонической брекчий, ее обломки пропитаны кварц-карбонатными и кварц-полевошпатовыми прожилками. Пространство между ними заполнено рудной минерализацией (сульфиды, самородное золото, гессит, петцит). Жильные минералы матрикса оруденелой брекчий представлены мелко-зернистым и средне-зернистым кварцем, кальцитом, серицитом и калиевым полевым шпатом, карбонатом. Среди рудных минералов в основном преобладают галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, гессит, петцит и самородное золото. Диагностика и интерпретация состава минералов гессита и петцита была затруднена из-за малых размеров зерен и вариаций состава.

*Галенит* – образует вкрапленность в виде одиночных кристаллов или мономинеральных агрегатов с размером выделений от 2 до 600 мкм. Характерны его сростания или каемки обрамления со сфалеритом, халькопиритом, гесситом, и прорастания в пирите (рис. 2, А). В нем фиксируется самородное золото в виде кристаллической и округлой формы. Результаты химического анализа галенита удовлетворительно пересчитываются на формулы  $\text{Pb}_{1,01}\text{S}_{0,99}$  и  $\text{Pb}_{1,00}\text{S}_{1,00}$ .

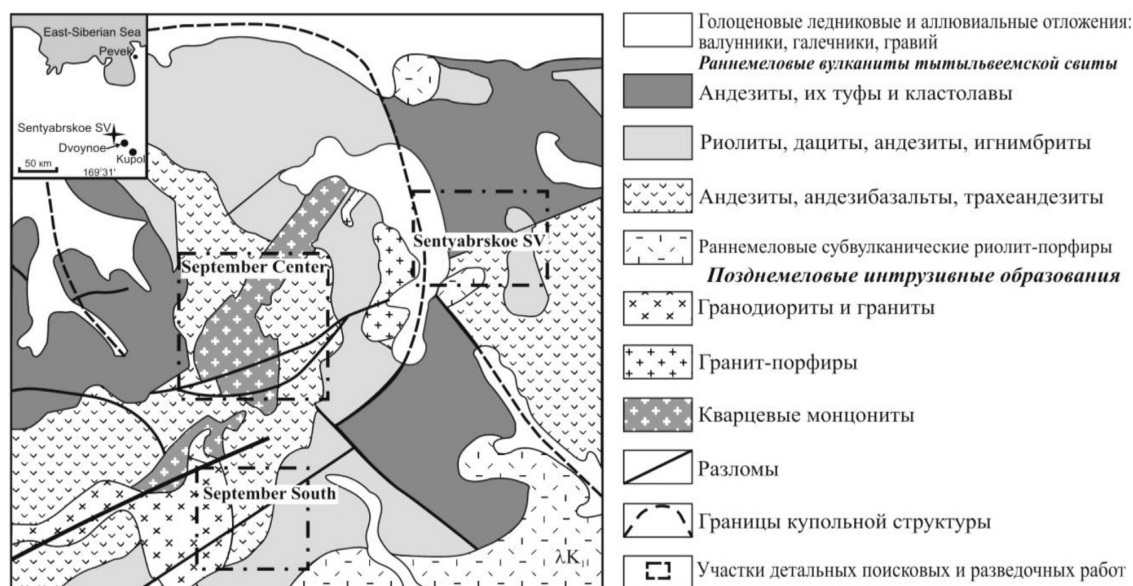


Рис. 1. Схематическая геологическая карта месторождения Сентябрьское СВ (по [10, 11])

**Сфалерит** – представлен неправильными выделениями или идиоморфными кристаллами от 50 до 800 мкм. Он образует сростание с галенитом, халькопиритом и пиритом (рис. 2, Б). В нем установлены включения самородного золота. Для сфалерита характерны примеси Cd – 0,67–1,19 мас.%, Fe – 0,56–1,95 мас.% и Cu – 1,00–3,94 мас.%. Результаты химического анализа сфалерита удовлетворительно пересчитываются на формулы  $(Zn_{0.97}Fe_{0.02}Cd_{0.01})S_{1.01}$  и  $(Zn_{0.93}Cu_{0.02}Fe_{0.03}Cd_{0.01})S_{1.00}$ .

**Пирит** – представлен тремя генерациями вкрапленников различной формы в кварцевой массе. Пирит I генерации характеризуется более темным цветом и образует сплошные катаклазированные обособления. Пирит II генерации представлен идиоморфными кристаллами и в сростании со сфалеритом, галенитом и халькопиритом, а также включения самородного золота, гессита и галенита (рис. 2, А). Пирит III генерации образует идиоморфные кристаллы неоднородного более светлого окрашивания по сравнению с пиритом первой и второй генераций. В нем установлена примесь As – 3,2 мас. %.

**Халькопирит** – образует аллотриоморфнозернистые выделения с размером зерен от 5 до 200 мкм. Он установлен в сростания с пиритом, галенитом и петцитом в сфалерите (рис. 2, Б). Иногда халькопирит образует

включения и микропрожилки в сфалерите, характерны маломощные каемки галенита вокруг зерен халькопирита. Результаты химического анализа халькопирита удовлетворительно пересчитываются на формулу  $Cu_{0.99}Fe_{1.02}S_{1.99}$ .

**Самородное золото** – образует самостоятельные выделения в кварце, является широко распространенным минералом. Форма зерен (от 5 до 50 мкм) кристаллическая, вытянутая и округлая, также отмечены микропрожилки. Более часто оно образует включения в галените, сфалерите и пирите (рис. 2, А, Г), и оно образует сростание с гесситом и петцитом. Состав самородного золота в основном Au – 79,07–79,72 мас.% и Ag – 20,68–20,15 мас.% (табл. 1).

**Гессит  $Ag_2Te$**  – редкий минерал образует самостоятельные выделения от 1 до 6 мкм в кварце и пирите (рис. 2, В). Установлен в сростании с петцитом, самородным золотом, галенитом (рис. 2, В). В нем зафиксирована примесь золота – 4,6 мас. % (табл. 1).

**Петцит  $(Ag,Au)_2Te$**  – установлен в виде мелких выделений от 1 до 5 мкм в сфалерите. Образует сростание с гесситом, самородным золотом и халькопиритом (рис. 2, Б). Изученный петцит характеризуется отличительной чертой от стехиометричного повышенным содержанием Au и Ag, а также дефицитом Te (табл. 1).

Таблица 1

Результаты рентгеноспектрального микроанализа самородного золота, гессита и петцита месторождения Сентябрьское СВ

Минерал	№ англ.	Au	Ag	Te	Сумма	Формула
Самородное Au	1	79,47	19,82	–	99,30	$Au_{0.69}Ag_{0.31}$
Самородное Au	2	79,72	20,15	–	99,87	$Au_{0.68}Ag_{0.32}$
Гессит	3	–	62,30	37,70	100	$Ag_{1.98}Te_{1.02}$
Гессит	4	4,6	60,00	35,41	100	$(Ag_{1.95}Au_{0.08})Te_{0.96}$
Петцит	5	44,15	40,38	15,47	100	$(Ag_{1.56}Au_{0.93})Te_{0.51}$
Петцит	6	57,32	33,45	9,23	100	$(Ag_{1.38}Au_{1.30})Te_{0.32}$

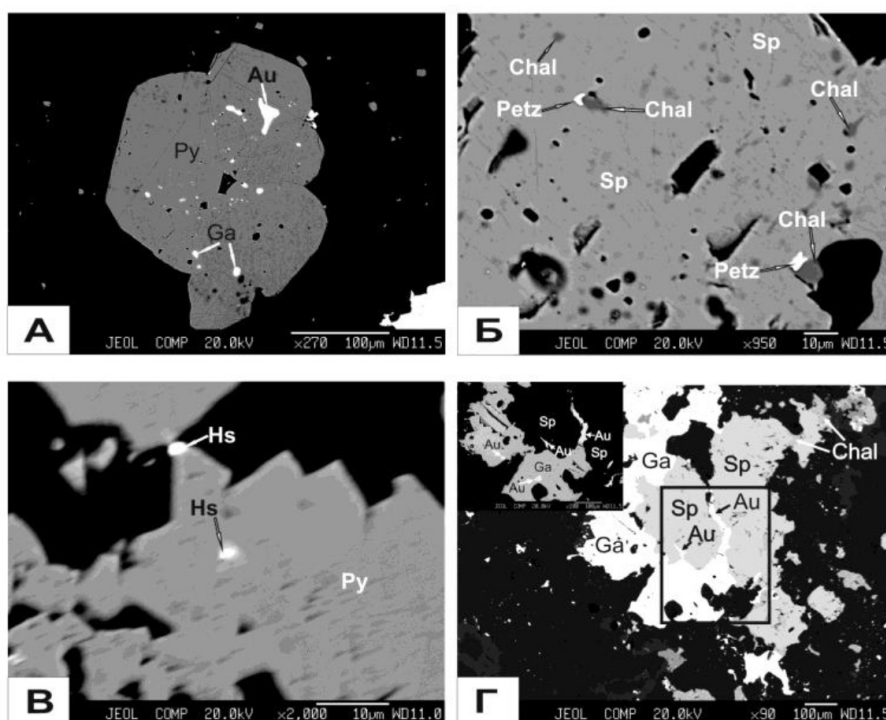


Рис. 2. Характерные взаимоотношения минералов золота, теллуридов Au и Ag совместно с сульфидами в тектонической брекчи: А. Включения зерен золота и галенита в пирите. Б. Петцит-халькопиритовое срастание в сфалерите. В. Микрозерна гессита в пирите. Г. Микропрожилок золота в галенит-сфалеритовом выделении. Вид в отраженных электронах на рентгеноспектральном микроанализаторе. Sp – сфалерит, Chal – халькопирит, Ga – галенит, Py – пирит, Hs – гессит, Petz – петцит; Au – сам. золото

На основании аналитических исследований можно обозначить следующую схему минералоотложения: пирит → сфалерит → галенит → халькопирит → гессит → петцит → самородное золото. В сфалерите месторождения Сентябрьское СВ установлена примесь Cd, что вероятно свидетельствует о магматическом источнике рудообразующего флюида, о чем ранее писал и Ю.Н. Николаев с соавторами [8].

Для выявления типоморфных особенностей месторождения Сентябрьское был проведен сравнительный анализ типовых характеристик месторождения с крупнейшими бонанцевыми, эпитегрмальными золото-серебряными месторождениями Охотско-Чукотского вулканического пояса (м-ния Купол и Двойное). Установлена схожесть их типовых характеристик (геологическое строение, возраст оруденения, тип пород, морфо-

логия рудных тел, минеральный состав, см. табл. 2.). Кроме того, данные объекты объединяет выявленная минерализация элементов платиновой группы (ЭПГ) в бороздовых пробах [11].

Одной из отличительных особенностей месторождения Сентябрьского СВ и Двойного от месторождения Купол является отсутствие арсенопирита (табл. 2), Sb-As-Ag сульфосолей и незначительное содержание серебра в блеклых рудах [6, 9]. По данным [3], руды месторождения Купол образовались в диапазоне 257–234 °С, с концентрацией солей 1,2–0,4 мас. %, экв. NaCl, плотность флюида составляет 0,75–0,86 г/см<sup>3</sup>. На месторождении Сентябрьском СВ флюидные включения в кварце гомогенизируются в температурном режиме от 308 до 127 °С, концентрация растворов – 7,4 до 0,0 мас. %, экв. NaCl, плотность растворов от 0,6 до 0,96 г/см<sup>3</sup> [9].

Руды месторождения Двойное образовались в диапазоне от 370 до 130 °С, концентрация солей в растворах 5,86 до 0,2 мас. %, экв. NaCl, плотность флюида составляет 0,7–0,95 г/см<sup>3</sup> [6]. По данным [6], хими-

ческий состав исследованных водных вытяжек месторождений Купол и Двойное очень близкий, что свидетельствуют о сходстве химического состава рудообразующих флюидов по большинству элементов. Но во флюидных включениях месторождения Купол были зафиксированы значительные концентрации сульфата [3].

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что месторождение Сентябрьское схоже по геологическому строению, минералого-геохимическим характеристикам, по параметрам и составу рудообразующих флюидов с месторождениями Купол и Двойное. Однако значительным отличием месторождений Сентябрьское СВ и Двойное [6, 9] является наличие заметных концентраций сульфата в рудообразующем флюиде [3] месторождения Купол.

Полученные результаты исследования позволяют предположить, что месторождение Сентябрьское СВ, Двойное и Купол, вероятнее, всего относятся к единой рудообразующей системе, связанной с калиевым щелочным магматизмом, как это ранее было отмечено и в работах [6, 9].

**Таблица 2**

Сопоставление типовых особенностей золото-серебряных эпитермальных месторождений Охотско-Чукотского вулканического пояса

Месторождение	Купол	Двойное	Сентябрьское
Породы вмещающие оруденение	Андезиты, андезитодациты, риолиты и туфы	Андезиты, их туфы и лавабрекчии	Андезиты, андезибазальты, туфы риолитов и лавабрекчии
Возраст оруденения (млн лет)	88–89 [5]	88–87 [5]	90–100 [5]
Морфология рудных тел	Жильные тела, взрывные брекчии	Жильно-прожилковые	Жилы, взрывные брекчии
Текстуры руд	Колломорфно-полосчатая, прожилково-жильная, брекчиевая, кокардовая	Колломорфно-полосчатая, пятнистая, неяснополосчатая брекчиевая	Колломорфно-полосчатая, прожилковая, брекчиевая, кокардовая
Жильные минералы	Кварц, халцедон, адуляр, карбонат	Кварц, адуляр, кальцит, гидрослюда	Кварц, адуляр, хлорит, серицит, карбонат
Рудные минералы	Сульфиды (пирротин, арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит), акантит, Ag-Sb и Fe-Sb сульфосоли, интерметаллиды, Au-Ag сульфид и самородное золото	Сульфиды (пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит) пираргирит, акантит, блеклые руды, гессит, пирсеит, ялпаит, электрум и самородное золото	Сульфиды (сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, гессит, петцит, акантит, блеклая руда и самородное золото)
Проба золота, ‰	700–1000, 250–700, 100–250, 0–100	670–820	620–820, 830–850, 860–870

Примечание: данные по Куполу – Савва и другие [4], Сахно и другие [5], Двойное – Волков и другие [6], Сахно и другие [5]; Сентябрьское СВ – Савва и другие [4], Сахно и другие [5], а также результаты автора.

**Выводы**

1. Золото-серебряное эпitherмальное месторождение Сентябрьское СВ характеризуется типоморфным минеральным составом, характерным для близповерхностных месторождений: жильные – кварц, кальцит, серицит, карбонат; рудные – сульфиды (галенит, сфалерит, пирит, халькопирит) петцит, гессит и самородное золото.

2. Месторождение Сентябрьское СВ имеет набор идентичных геологических (тип рудовмещающих пород, морфология рудных тел, близкий возраст оруденения) и вещественных характеристик (минеральный состав руд (наличие ЭПГ), пробности самородного золота), схожесть состава рудообразующих флюидов с крупнейшими эпitherмальными золото-серебряными месторождениями, как Чукотского автономного округа, так и Северо-Востока России.

3. Полученные данные позволяют предположить, что месторождение Сентябрьское СВ, Двойное и Купол являются производной одной рудообразующей системы, связанной с калиевым щелочным магматизмом. Таким образом, можно сделать вывод о перспективности месторождения Сентябрьское СВ в промышленном плане на золото, серебро и возможности выявления ранее не известных рудных зон на данном объекте. Результаты исследования позволяют прогнозировать открытие новых, перспективных золото-серебряных объектов в Купольном горнорудном районе.

*Автор выражает благодарность В.В. Курашко и Н.В. Григорьеву за предоставление фактического материала.*

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта ДВО РАН 18-2-001.*

**Список литературы / References**

1. Волков А.В., Сидоров А.А. Экономическое значение эпitherмальных золото-серебряных месторождений // Вестник Российской академии наук. 2013. Т. 83. № 8. С. 720–730. DOI: 10.7868/S0869587313080185.

Volkov A.V., Sidorov A.A. Economic significance of epithermal gold and silver deposits. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2013. vol. 83. no. 4. P. 365–374. DOI: 10.1134/S1019331613040096.

2. Горячев Н.А., Волков А.В., Сидоров А.А., Гамянин Г.Н., Савва Н.Е., Округин В.М. Au-Ag – оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии // Литосфера. 2010. № 3. С. 36–50.

Goryachev N.A., Volkov A.V., Sidorov A.A., Gamyain G.N., Savva N.E., Okrugin V.M. Au-Ag – mineralization of volcanic zones of the North-East of Asia // Lithosphere. 2010. № 3. P. 36–50 (in Russian).

3. Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е., Сидоров А.А., Бянкин М.А., Уютнов К.В., Колова Е.Е. Рудообразование на Au-Ag эпitherмальном месторождении Купол, по данным изучения флюидных включений (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. 2012. Т. 54. № 4. С. 350–359.

Volkov A.V., Prokof'ev V.Yu., Sidorov A.A. et al. Ore formation at the Kupol epithermal gold-silver deposit in northeastern Russia deduced from fluid inclusion study. Geology of

Ore Deposits. 2012. vol. 54. № 4. С. 295–303. DOI: 10.1134/S107570151204006X.

4. Савва Н.Е., Пальянова Г.А., Бянкин М.А. К проблеме генезиса сульфидов и селенидов золота и серебра на месторождении Купол (Чукотка, Россия) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 5. С. 597–609.

Savva N.E., Pal'yanova G.A., Byankin M.A. The problem of genesis of gold and silver sulfides and selenides in the Kupol deposit (Chukotka, Russia) // Russian Geology and Geophysics. 2012. vol. 53. № 5. P. 457–466. DOI: 10.1016/j.rgg.2012.03.006.

5. Сахно В.Г., Григорьев Н.В., Курашко В.В. Геохронология и изотопно-геохимическая характеристика магматических комплексов золото-серебряных рудно-магматических структур Чукотского сектора Арктического побережья России // Доклады Академии Наук. 2016. Т. 468. № 3. С. 297–303. DOI: 10.7868/S0869565216150214.

Sakhno V.G., Grigoriev N.V., Kurashko V.V. Geochronology and isotopic-geochemical characteristics of magmatic complexes of gold-silver ore- magmatic structures in the Chukotka sector of the Russian Arctic coast. Doklady Earth Sciences. 2016. vol. 468. № 1. P. 447–453. DOI: 10.1134/S1028334X16050238.

6. Волков А.В., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Прокофьев В.Ю., Мурашов К.Ю. Au-Ag эпitherмальное месторождение Двойное (п-ов Чукотка, Россия) // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60. № 6. С. 590–609. DOI: 10.1134/S0016777018060060.

Volkov A.V., Prokofiev V.Y., Murashov K.Y., Savva N.E., Kolova E.E. Dvoynoe Au-Ag Epithermal Deposit, Chukchi Peninsula Russia. Geology of Ore Deposits. 2018. vol. 60. № 6. P. 527–545. DOI: 10.1134/S1075701518060053.

7. Акинин В.В., Томсон Б., Ползуненков Г.О. U-Pb и <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датирование магматизма и минерализации на золоторудных месторождениях Купол и Двойное // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: Матер. VI Российской конф. по изотопной геохронологии. Санкт-Петербург: ИГД РАН, 2015. С. 19–21.

Akinin V.V., Thomson B., Polzunenkov G.O. U-Pb and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of magmatism and mineralization in the Kupol and Dvoynoe gold deposits // Izotopnoye datirovaniye geologicheskikh protsessov: novyye rezul'taty, podkhody i perspektivy: Mater. VI Rossiyskoy konf. po izotopnoy geokhronologii. Sankt-Peterburg: IGGD RAN, 2015. P. 19–21 (in Russian).

8. Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю., Аплеталин А.В., Власов Е.А., Бакшеев И.А., Калько И.А., Комарова Я.С. Золото-теллуридная минерализация западной Чукотки: минералогия, геохимия и условия образования // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55. № 2. С. 114–144. DOI: 10.7868/S0016777013020044.

Nikolaev Y.N., Apletalin A.V., Vlasov E.A., Baksheev I.A., Kal'ko I.A., Komarova Y.S., Prokof'ev V.Y. Gold-telluride mineralization of the Western Chukchi Peninsula, Russia: Mineralogy, geochemistry, and formation conditions. Geology of Ore Deposits. 2013. vol. 55. № 2. P. 96–124. DOI: 10.1134/S1075701513020049.

9. Савва Н.Е., Колова Е.Е., Фомина М.И., Курашко В.В., Волков А.В. Золото-полиметаллическое оруденение в эксплозивных брекчиях: минералогический генетический аспект (месторождение Сентябрьское СВ, Чукотка) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2016. № 1. С. 16–36.

Savva N.E., Kolova E.E., Fomina M.I., Kurashko V.V., Volkov A.V. Gold-polymetallic mineralization in explosive breccias: mineralogical and genetic aspects (September Deposit, Chukotka) // Vestnik SVNTS DVO RAN. 2016. № 1. P. 16–36 (in Russian).

10. Тихомиров П.Л., Прокофьев В.Ю., Калько И.А., Аплеталин А.В., Николаев Ю.Н., Кобаяси К., Накамура Э. Постколлизийный магматизм Западной Чукотки и раннемеловая тектоническая перестройка Северо-Востока Азии // Геотектоника. 2017. № 2. С. 35–54. DOI: 10.7868/S0016853X17020059.

Tikhomirov P.L., Kal'ko I.A., Apletalin A.V., Nikolaev Y.N., Prokof'ev V.Y., Kobayashi K., Nakamura E. Post-collisional magmatism of western Chukotka and Early Cretaceous tectonic rearrangement in northeastern Asia. Geotectonics. 2017. vol. 51. № 2. P. 131–151. DOI: 10.1134/S0016852117020054.

11. Сахно В.Г., Кузнецов Ю.А., Дубков А.А., Ненахова Е.В. О находках платиноидов в первичных рудах золото-серебряных месторождений Северной Чукотки // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2019. № 3. С. 111–117.

Sakhno V.G., Kuznetsov Yu.A., Dubkov A.A., Nenaikova E.V. about platinoid findings in primary rocks of gold-silver deposits of Norther Chukotka // Vestnik VGU. Seriya: Geologiya. 2019. № 3. P. 111–117 (in Russian).