

Самолазовское золоторудное месторождение (Центрально-Алданский рудный район): геологическое строение и особенности оруденения глубоких горизонтов

Приведено описание геологического строения глубоких горизонтов Самолазовского месторождения. Выделено два новых типа оруденения: прожилково-вкрапленный штокверковый и брекчиево-жильный типы. Основной объём рудной минерализации связан с гидротермально-метасоматической ассоциацией, представленной роскоэлитом, флюоритом, карбонатами, адуляром, кварцем и проявленной в двух видах: объёмные тела неполнопроявленных метасоматитов; маломощные жилы и цемент брекчий в минерализованных зонах дробления. Рудные минералы представлены в основном пиритом и марказитом, в меньшей степени бурнонитом, блёклыми рудами, сфалеритом, галенитом, халькопиритом, редко колорадоитом и калаверитом, очень редко — золотом в самородном виде. Для руд характерна Au-Te-Sb-As-Tl-V-Hg-W геохимическая ассоциация.

Ключевые слова: золото, теллуриды, эпитеральные руды, Самолазовское месторождение, Алданский щит, Южная Якутия.

V. I. LEONTEV, YA. YU. BUSHUEV, K. A. CHERNIGOVCEV (SPMU)

Samolazovskoe gold deposit (Central Aldan ore district): geological structure and mineralization of deep horizons

This article describes the geological structure of the deep horizons of the Samolazovsky deposit. Two new mineralization types are identified: stringer-porphyry stockwork type, brecciated-veined type. The bulk ore mineralization is associated with the hydrothermal-metasomatic association represented by roscoelite, fluorite, carbonates, adularia, and quartz. The occurrence modes of ore mineralization are bulky bodies of poorly developed metasomatites, narrow veins and breccia cement in mineralized shear zones. Ore minerals are mainly pyrite and marcasite; less bournonite, fahlore, sphalerite, galena, and chalcocopyrite; rarely coloradoite and calaverite; very rare native gold. The typical ore association is Au-Te-Sb-As-Tl-V-Hg-W.

Key words: gold, tellurides, epithermal ore, Samolazovskoe deposit, Aldanian Shield, South Yakutia.

Введение. Месторождение Самолазовское расположено в южной части Центрально-Алданского рудного района в 55 км от г. Алдан. Месторождение было открыто в 1993 г. Верхнеякутской партией ГГП «Алдангеология» в процессе общих поисков в рамках ГДП-50. Оруденение выявлено при заверке площадных геохимических аномалий золота, окаймляющих массив щелочно-полевошпатовых сиенитов гольца Жильного и приуроченных к участкам скарнирования вблизи его контактов. Выявленные рудные тела локализовались в скалах на пологом контакте лополита сиенитов с мраморизованными доломитами и частично в самих сиенитах и представляли собой субгоризонтальные залежи, практически полностью окисленные и дезинтегрированные в приповерхностных условиях, сложенные золотоносной супесчано-мелкообломочной массой, состоящей из гидроокислов железа, кварца, рихтерита и обломков окварцованных скалов [1, 2, 4].

В 1997 г. право недропользования на месторождении Самолазовское с целевым назначением на геологическое изучение с последующей добычей золота было получено артелью старателей «Селигдар». В 1997–1998 гг. проведены поисково-оценочные работы, а в 1999–2000 гг. — развед-

ка. Балансовые запасы, утвержденные в ГКЗ по состоянию на 1 ноября 2000 г. при бортовом содержании 0,6 г/т, составили по кат. C_1 — 6336 кг Au и 9872 кг Ag, C_2 — 549 кг Au и 1366 кг Ag.

Эксплуатация месторождения велась с 1999 г. опытно-промышленными работами, которые являлись составной частью разведки и проводились в 1999–2000 гг. За это время было добыто 998 кг Au. В период с 2001 по 2009 год на месторождении получено 11,5 т Au. Отработка велась открытым способом с извлечением золота методом кучного выщелачивания.

В 2007–2010 гг. изучены фланги и глубокие горизонты месторождения. В результате этих работ обеспечен прирост балансовых запасов по окисленным рудам в пределах юго-восточного фланга месторождения — по кат. $C_1 + C_2$ — 449 кг Au и 203 кг Ag, а также забалансовых запасов первичных руд, залегающих на глубоких горизонтах внутри лополита сиенитов, по категории C_2 — 8519 кг Au и 6843 кг Ag.

К 2011 г. балансовые запасы были отработаны. В настоящее время на месторождении карьером вскрыта корневая часть зоны окисления, представленная слабоокисленными гумбеитизированными кварцевыми сиенитами.

В течение 2012–2013 гг. на месторождении проводилась разведка глубоких горизонтов. В 2014–2015 гг. было разработано ТЭО разведочных кондиций для подсчета запасов руд глубоких горизонтов и выполнен пересчет запасов по новым кондициям. К настоящему моменту разработана технологическая схема переработки первичных руд. Балансовые запасы первичных руд по кат. C_1 и C_2 – 7282 кг Au. В 2017 г. из них началось производство золота [5].

На начальных этапах освоения месторождения считалось, что золотое оруденение в основном локализуется в интенсивно гипергенно преобразованных сульфидно-кварцевых метасоматитах, наложенных на скарны, локализованные в зоне пологонаклонного контакта массива сиенитов с мраморизованными карбонатными породами [4]. Господствовало мнение о концентрировании золота в процессе формирования коры выветривания по слабозолотоносным скарнам и наложенным на них метасоматитам [2]. Однако в более поздних работах [9], основанных на данных эксплуатационной разведки, подчёркивается, что гипергенные процессы не привели к массовому переотложению и концентрированию рудного вещества.

За время отработки месторождения было добыто более 12,5 т Au, и его потенциал еще далеко не исчерпан. Однако в настоящий момент нет актуальной геологической модели, учитывающей новую информацию о золотоносности глубоких горизонтов месторождения, чем и определяется своевременность данной работы.

Методика. Фактический материал был собран в ходе разведочных работ 2012–2015 гг., направленных на изучение первичных руд глубоких горизонтов месторождения Самолазовское. Исследование основано на комплексном минералого-петрографическом изучении гидротермально-метасоматических образований. Выделение типов гидротермально-преобразованных пород производилось посредством петрографического изучения прозрачных шлифов изменённых и исходных горных пород на микроскопе Leica DM2700P с использованием известных методик изучения гидротермально-метасоматических образований [10, 11]. Минераграфическое и микронзондовое исследование шлифов для анализа последовательности минералообразования и выявления закономерностей распределения минералов, а также определение состава рудной минерализации произведено на оптическом микроскопе Leica DM2700P и сканирующем электронном микроскопе CamScan MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instr.) (ЦАЛ ВСЕГЕИ, аналитик Е. Л. Грузова). Химический состав метасоматитов и вмещающих пород исследовался рентгеноспектральным флуоресцентным (силикатным) методом (XRF) (ЦАЛ ВСЕГЕИ, аналитик Б. А. Цимошенко). Золото, платина и палладий определялись пробирным анализом, серебро – атомно-абсорбционным методом с разложением в царской водке; элементы-примеси – комплексом методов ICP-AES/ICP-MS (аккредитованная лаборатория АО «СЖС Восток Лимитед», г. Чита). Содержания в пробах теллура и селена определялись с помощью атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре iCap6300duo фирмы Intertech (ЗАО РАЦ МИА, аналитик С. Н. Зими́на).

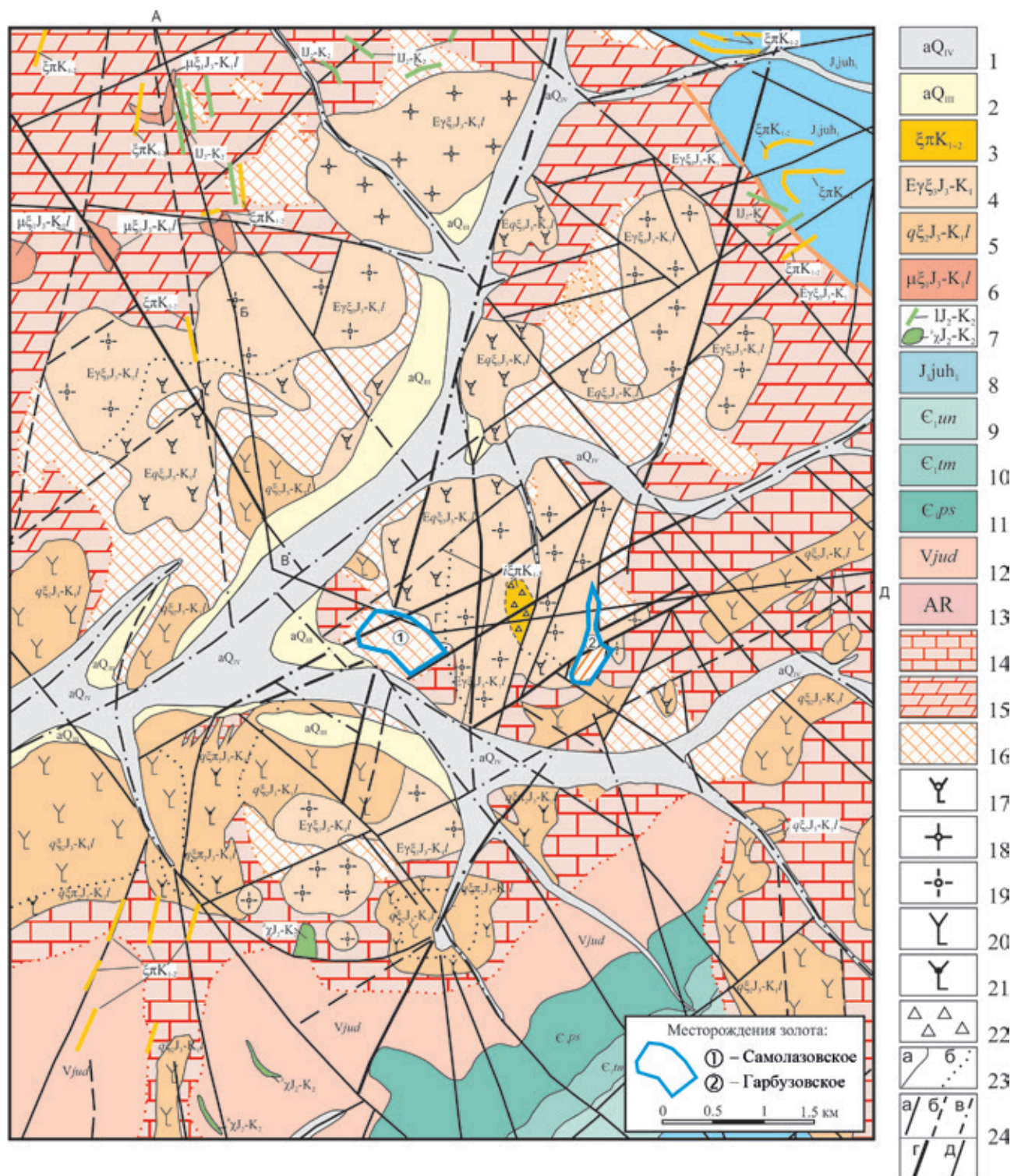
Геологический очерк района месторождения.

Центрально-Алданский рудный район располагается на Алданском щите – выступе кристаллического фундамента древней Сибирской платформы. Для района характерно многоярусное строение. Нижний ярус (кристаллический фундамент) сложен раннепротерозойскими гнейсами и кристаллосланцами верхнеалданской и фёдоровской серий, прорванными интрузиями протерозойских нормальных и умереннощелочных калиевых гранитоидов. Верхний ярус (платформенный чехол) образован венд-нижнекембрийскими карбонатными и юрскими терригенными породами. В разрезе карбонатных пород преобладают доломиты, мергели, известняки с незначительным участием известковистых песчаников. Юрские отложения представлены аркозовыми красноцветными песчаниками, гравелитами, конгломератами и прослоями сероцветных углесто-глинистых сланцев. С мезозойской тектономагматической активизацией связано образование радиально-кольцевой структуры, наложенной на кристаллический фундамент и маломощный платформенный чехол [6]. В этот период происходило формирование новых и подновление древних разломов, которые контролировали внедрение магматических тел алданского щелочного интрузивно-вулканогенного комплекса (J_1 – K_1). Породы этого комплекса представлены лейцит-щелочносиенитовым, монцонит-сиенитовым, фергусит-дунитовым формационными типами [9]. Распространённой формой магматических тел являются штоки, силлы, дайки, образующие дайковые пояса и поля, реже встречаются нежки, трубки взрыва и другие субвулканические тела.

Месторождение Самолазовское принадлежит Юхтинскому рудному узлу, который пространственно приурочен к одноименному массиву изверженных пород, прорывающих докембрийские метаморфические породы и венд-кембрийские доломиты (рис. 1). Юхтинский массив расположен на пересечении северо-западной Юхтинской и субмеридиональной Якокутской зон разломов. Массив имеет в плане форму овала, вытянутого в север-северо-восточном направлении более чем на 10 км при ширине 5 км. Он объединяет ряд крупных сближенных интрузивных тел сложной и штокообразной форм, сложенных тремя фазами лебединского монцонит-сиенитового комплекса (J_3 – K_1).

Первая фаза – щелочноземельные сиениты, развитые за пределами основного контура массива и слагающие три небольших штока размером 250 × 300 м и несколько пластовых тел щелочноземельных сиенитов в северо-западной части площади. Породы *второй фазы* лебединского комплекса занимают центральную и южную части массива и представлены авгитовыми кварцсодержащими сиенитами и кварцевыми порфировидными лейкосиенитами. Эта группа пород образует единое лакколитоподобное тело, локализованное на контакте платформенного чехла и фундамента. Интрузии *третьей фазы* лебединского комплекса пользуются наиболее широким распространением на описываемой площади. По морфологии это тела сложной формы, штоки, лакколиты щелочно-полевошпатовых кварцевых сиенитов и граносиенитов.

Помимо описанных выше магматических образований, на площади проявлены *лампроиты* (J_2 – K_2) и *сиенит-порфиры* (K_1 – K_2), представленные



Геологический разрез по линии А-Б-В-Г-Д



редкими дайками и силлами небольших размеров. К группе сиенит-порфиров также отнесена трубка эксплозивных брекчий, расположенная в центральной части массива. На контактах интрузивных и осадочных пород широко развиты мраморы и скарны, на контакте интрузивных и метаморфических — фельдшпатолиты.

В пределах Юхтинского массива в 1,5 км к северо-востоку от Самолазовского находится месторождение Гарбузовское. Золоторудная минерализация локализована в зоне дробления в штоке щелочно-полевошпатовых граносиенитов и скарнах вблизи восточного контакта штока. Протяженность зоны составляет порядка 800 м при ширине 120–150 м. Она имеет северо-западное простирание и падает на северо-восток под углами 65°–80°. Гарбузовское месторождение было открыто после Самолазовского и позже вовлечено в отработку. Месторождения отрабатывались практически одновременно. По своему геолого-промышленному типу месторождение Гарбузовское — аналог Самолазовского и отдельно нами не рассматривается.

Наряду с многочисленными проявлениями золоторудной минерализации в пределах Юхтинского массива отмечены молибден и уран.

Самолазовское месторождение расположено в центральной части Юхтинского массива (рис. 1). В его геологическом строении принимают участие нерасчлененные метаморфические и интрузивные образования кристаллического фундамента (AR–PR), кварцевые сиенит-порфиры и монцодиорит-порфиры лебединского комплекса (J_3 – K_1), контактово-метаморфические образования, развитые на контакте мезозойских интрузивных образований и венд-кембрийских доломитов осадочного чехла и представленные мраморами и мраморизованными доломитами (рис. 2).

Образования кристаллического фундамента представлены гранитами, гранитогнейсами и арфведсонитовыми гранитогнейсами. Породы имеют серую и розовато-серую окраску, сложены ксеноморфным кварцем (средний размер 0,75 мм, составляет 25–35 % породы), сильносерцитизированным

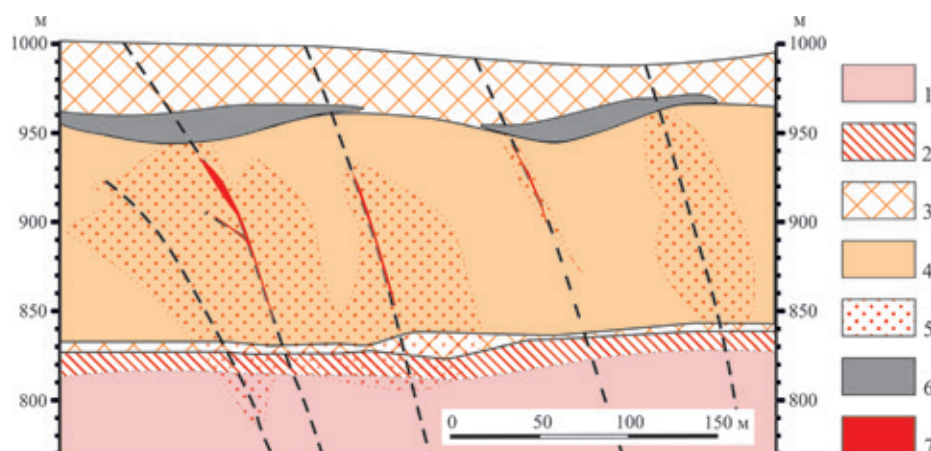


Рис. 2. Геологический разрез месторождения Самолазовское (составлен по данным бурения с привлечением показателей по отработке месторождения)

1 — граниты кристаллического фундамента (PR), 2 — фельдшпатолиты, 3 — скарны и скарнированные мраморы и доломиты, 4 — в различной степени гумбеитизированные сиенит-порфиры (J_3 – K_1), 5 — прожилково-вкрапленный штокверковый тип руд, 6 — прожилково-вкрапленный стратиформный (самолазовский) тип руд, 7 — брекчиево-жильный тип руд

Рис. 1. Геологическая схема Юхтинского массива (по данным ХК «Селигдар» с изм.)

1, 2 — четвертичные отложения: 1 — современное звено (aQ_{IV}): аллювиальные образования пойменных террас и русел (10 м), 2 — верхнее звено (aQ_{III}): аллювиальные валунно-песчано-галечные отложения I и II надпойменных террас (до 14 м); 3 — меловые интрузивные образования (K_{1-2}): дайки, трубки взрыва ($i\xi\pi$), силлы сиенит-порфиров ($\xi\pi$); 4–6 — позднеюрско-раннемеловые интрузивные образования лебединского комплекса (J_3 – K_1): 4 — третья фаза: штоки, лакколиты щелочно-полевошпатовых граносиенитов порфиroidных и крупнозернистых ($E\gamma\xi_3$), щелочно-полевошпатовых граносиенитов и нордмаркитов (нерасчлененные) ($Eq\xi_3$), 5 — вторая фаза: штоки, лакколиты кварцевых лейкосиенитов среднезернистых, порфиroidных ($q\xi_2$), 6 — первая фаза: силлы, штоки щелочноземельных сиенитов ($\mu\xi_1$); 7 — дайки лампроитов (l), малые тела бостонитов ($b^{\gamma}\chi$); 8 — юрские терригенные отложения: юхтинская свита нижняя подсвита (J_{1juh1}): среднезернистые песчаники с прослоями гравелитов, конгломератов (мощность 100–150 м); 9–12 — венд-кембрийская карбонатная толща: 9 — унгелинская свита нерасчлененная (E_{1un}): доломиты глинистые, известковистые, оолитовые, битуминозные, прослои мергелей (мощность 140–190 м), 10 — тумулдурская свита (E_{1tm}): доломиты темно-серые, серые, желтовато-серые иногда пятнистые, часто битуминозные и оолитовые с прослоями водорослевых, строматолитовых доломитов, известковистых доломитов (мощность свиты 40–60 м), 11 — пестроцветная свита (E_{1ps}): переслаивание глинистых доломитов и мергелей розовых, желтых, шоколадных со светло-серыми, желтовато-серыми, кремовыми доломитами (мощность 60–80 м), 12 — устьюдомская свита (V_{jud}): доломиты, песчанистые доломиты (мощность 190–220 м); 13 — раннекембрийские образования нерасчлененные (AR); 14 — мраморы; 15 — мраморизованные нерасчлененные доломиты; 16 — скарны; 17 — щелочно-полевошпатовые граносиениты и нордмаркиты (нерасчлененные); 18 — щелочно-полевошпатовые граносиениты; 19 — щелочно-полевошпатовые граносиениты порфиroidные; 20 — кварцевые лейкосиениты среднезернистые; 21 — кварцевые лейкосиениты порфиroidные; 22 — эксплозивные брекчии; 23 — геологические границы: а — разновозрастных стратиграфических и магматических подразделений достоверные, б — фациальные; 24 — разрывные нарушения: а — достоверные, б — предполагаемые, в — перекрытые рыхлыми образованиями, г — главные, д — второстепенные

андезином (средний размер 0,5 мм, 15–25 % породы), ксеноморфным К-Na полевым шпатом (средний размер 0,3 мм, 20–30 %), биотитом (средний размер 0,25–0,5 мм, 10–15 %) и арфведсонитом (до 5 %). К аксессуарным минералам относятся единичные зерна циркона и апатита (рис. 3, а).

Кварцевые сиенит-порфиры — серые, светло-серые породы с тонкозернистой кварц-калишпатовой массой и порфировыми выделениями калишпата, андезина, роговой обманки и биотита.

Вкрапленники составляют около 60 % объема породы. Андезин (средний размер 1 мм, составляет 20–25 % объема породы) образует идиоморфные кристаллы, калишпат (средний размер 1 мм, 20–25 %) — идиоморфные кристаллы и каймы вокруг вкрапленников плагиоклаза, амфибол (1,5 мм, 10 %) — идиоморфные зерна, биотит (0,15 мм, до 5 %) присутствует в виде таблитчатых кристаллов. Основная масса состоит из кварца и калишпата. Кварц (средний размер 0,025 мм, составляет 10–15 % породы) обра-

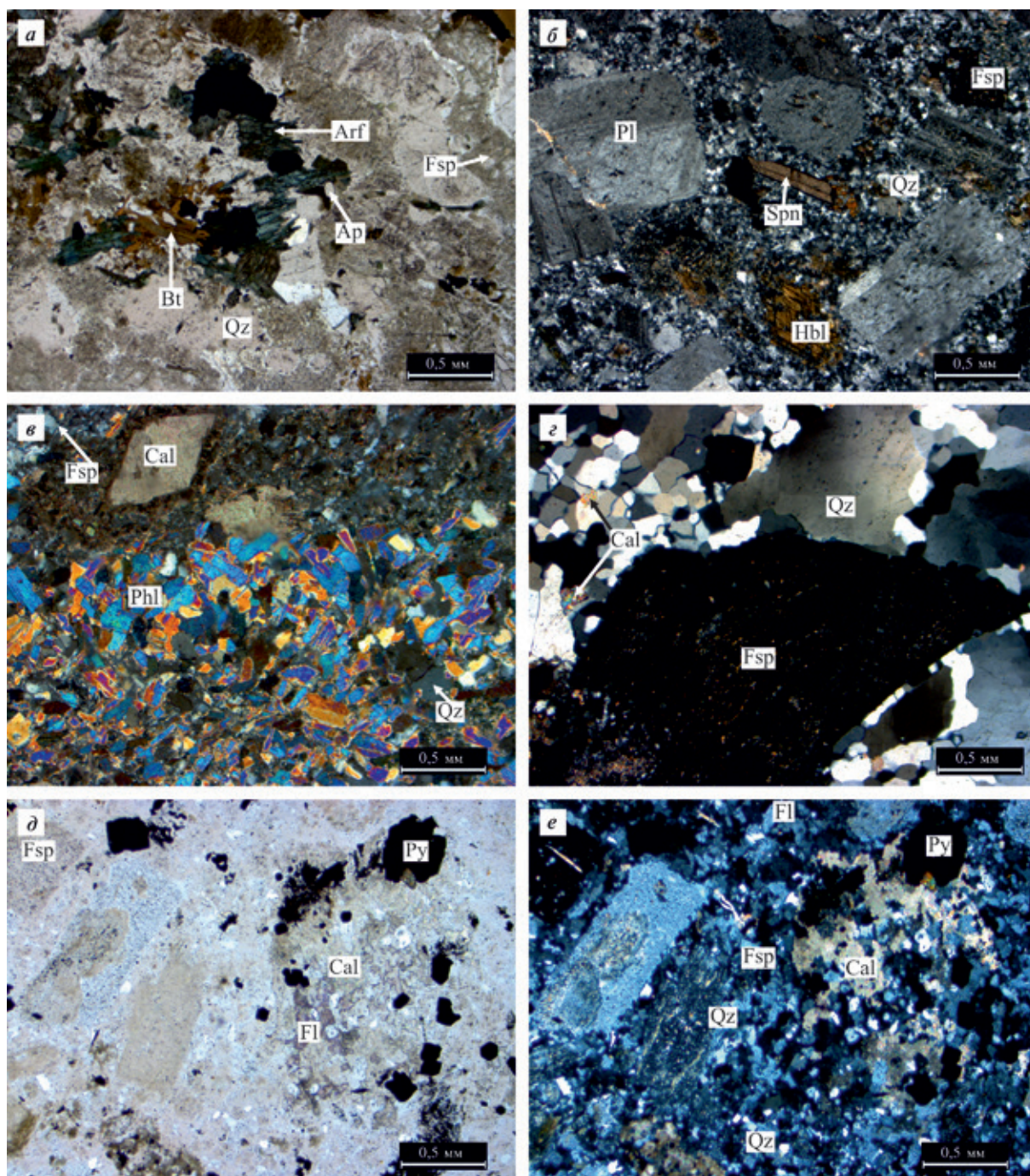


Рис. 3. Фото шлифов пород, принимающих участие в строении Самолазовского месторождения

а — породы кристаллического фундамента — арфведсонит-биотитовые граниты слабогнейсированные (без анализатора); б — кварцевые сиенит-порфиры (с анализатором); в — скаерн (с анализатором); г — кварц-полевошпатовые метасоматиты по породам фундамента (с анализатором); д, е — гумбеитизированные кварцевые сиенит-порфиры (д — без анализатора, е — с анализатором). Ар — апатит, Арф — арфведсонит, Бт — биотит, Кал — кальцит, Фл — флюорит, Фсп — щелочной полевой шпат, Гбл — роговая обманка, Флп — флогопит, Пл — плагиоклаз, Пы — пирит, Спн — титанит, Кз — кварц

зует изометричные ксеноморфные зерна, калишпат (0,05 мм, 30 %) представлен слабопелитизированными ксеноморфными выделениями (рис. 3, б).

На месторождении выделено четыре гидротермально-метасоматических парагенезиса: 1) скарновый, развитый на контакте сиенитов и карбонатных пород чехла, 2) гумбеитовый, наложенный на породы интрузивного массива, 3) фельдшпатолитовый, развитый в породах кристаллического фундамента на их контакте с интрузией, 4) рудоносный, представленный роскоэлитом, карбонатами, флюоритом, адуляром и кварцем, наложенный на все вышеперечисленные типы пород.

Скарны в общем виде представляют зеленовато-серые средне- и крупнозернистые массивные, реже — полосчатые породы. Состоят в основном из диопсида, флогопита, тремолита и волластонита с переменным количеством кварца и карбоната. Подробное описание скарнов из верхнего контакта интрузивного массива приведено в работе [4]. Скарны из нижнего контакта массива имеют мощность не более 10 м и локализованы между кварцевыми сиенит-порфирами и породами фундамента в виде пластообразных тел и линз, очевидно, развивавшихся по пластинам осадочного чехла, сохранившегося в нижнем контакте массива. Зеленовато-серой окраски, состоят из карбонатов, флогопита, кварца, щелочного полевого шпата, хлорита и пирита, характеризуются полосчатой текстурой (рис. 3, в).

Фельдшпатолиты. Фиксируются на контакте щелочных пород лебединского комплекса и метаморфических пород кристаллического фундамента и развиваются по последним. Слагают пластообразные и линзовидные тела (мощность не более 8–12 м). Породы розовато-серого цвета среднекрупнозернистой структуры и массивной текстуры. Наблюдаются как слабо, так и сильно проявленные изменения, характеризующиеся наличием новообразованных щелочного полевого шпата и кварца (рис. 3, г).

Гумбеиты. В пределах месторождения широко проявлен калиевый метасоматоз, который развивается преимущественно по кварцевым сиенит-порфирам лебединского комплекса. В одном случае они слагают объемные тела, характеризующиеся сложными переходами от слабоизмененных сиенит-порфиров к полнопроявленным метасоматитам. В других представляют околосильные образования системы кварцевых прожилков с молибденитом и халькопиритом, образующих штокверк внутри массива сиенит-порфиров (рис. 4). Это породы серого и зеленовато-серого цветов среднекрупнозернистой структуры, характеризуются прожилковой пятнистой и массивной текстурами, состоят из новообразованных кварца, калиевого полевого шпата, флогопита, карбонатов (кальцит, анкерит, доломит), флюорита (рис. 3, д, е). Заключительный этап формирования метасоматитов проявился в образовании кварцевых и кварц-флюоритовых прожилков. В соответствии с классификациями [10, 11], данные метасоматиты определены нами как гумбеиты. Связанная с данной ассоциацией Mo-Cu минерализация промышленного значения не имеет.

Рудоносная гидротермально-метасоматическая ассоциация. Представлена роскоэлитом (Ros), флюоритом (Fl), карбонатами (Cc), адуляром (Adl), кварцем (Qz) и проявлена в двух видах: 1) обра-

зует по фельдшпатолитам, гумбеитам, скарнам и кварцевым сиенит-порфирам линейные и объемные тела неполнопроявленных метасоматитов, 2) формирует маломощные жилы (первые десятки сантиметров) и выполняет роль цемента брекчий в минерализованных зонах дробления в фельдшпатолитах и гумбеитизированных сиенитах мощностью, не превышающей метра. С данной ассоциацией связан основной объем продуктивной рудной минерализации.

В первом случае неполнопроявленные метасоматиты — прожилковой, прожилково-вкрапленной текстуры мелко- и среднезернистой структуры. Нередко отмечаются микродрузовые агрегаты, сложенные идиоморфными кристаллами кварца, флюорита, реже роскоэлита, карбоната и адуляра (рис. 5, а, б). Во втором случае гидротермальные образования представляют маломощные прожилки и цемент брекчий и имеют мелкозернистую структуру. Для роскоэлита характерно наличие радиально лучистых агрегатов, а кварц формирует микрожеоды и крустификационные корочки вокруг обломков пород и ранее образованных минералов. Обломки в брекчиях интенсивно окварцованы (рис. 5, в, г).

По текстурно-структурным особенностям и условиям залегания в настоящее время выделено три типа благороднометалльного оруденения [8, 14]:

- прожилково-вкрапленный стратиформный (самолазовский) тип (ныне полностью отработан) включает субгоризонтальные залежи интенсивно окисленных и дезинтегрированных скарнов с наложенной прожилково-вкрапленной рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциацией (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz) на контакте мезозойского интрузива и венд-нижнекембрийских доломитов;

- прожилково-вкрапленный штокверковый тип, локализованный в виде объемных минерализованных зон внутри мезозойских интрузий, представленный в различной степени гумбеитизированными сиенитами с наложенной прожилково-вкрапленной рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциацией (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz);

- брекчиево-жильный тип выражен крутопадающими минерализованными зонами дробления (брекчии, переходящие в жилы, рис. 6) внутри интрузии сиенитов и тел фельдшпатолитов, развитых по породам кристаллического фундамента. Брекчии состоят из обломков скарнов,

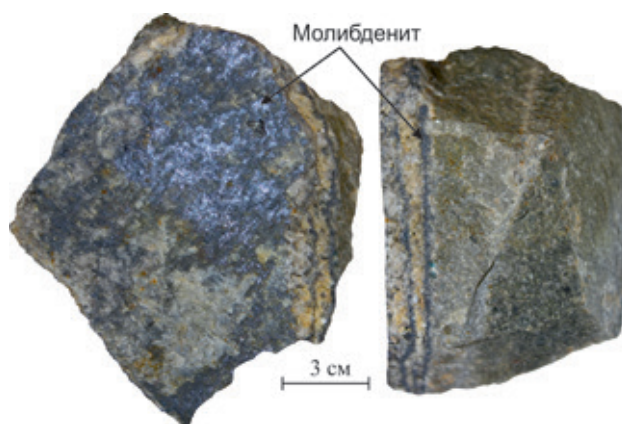


Рис. 4. Кварц-молибденитовый прожилок в гумбеитизированном кварцевом сиенит-порфире

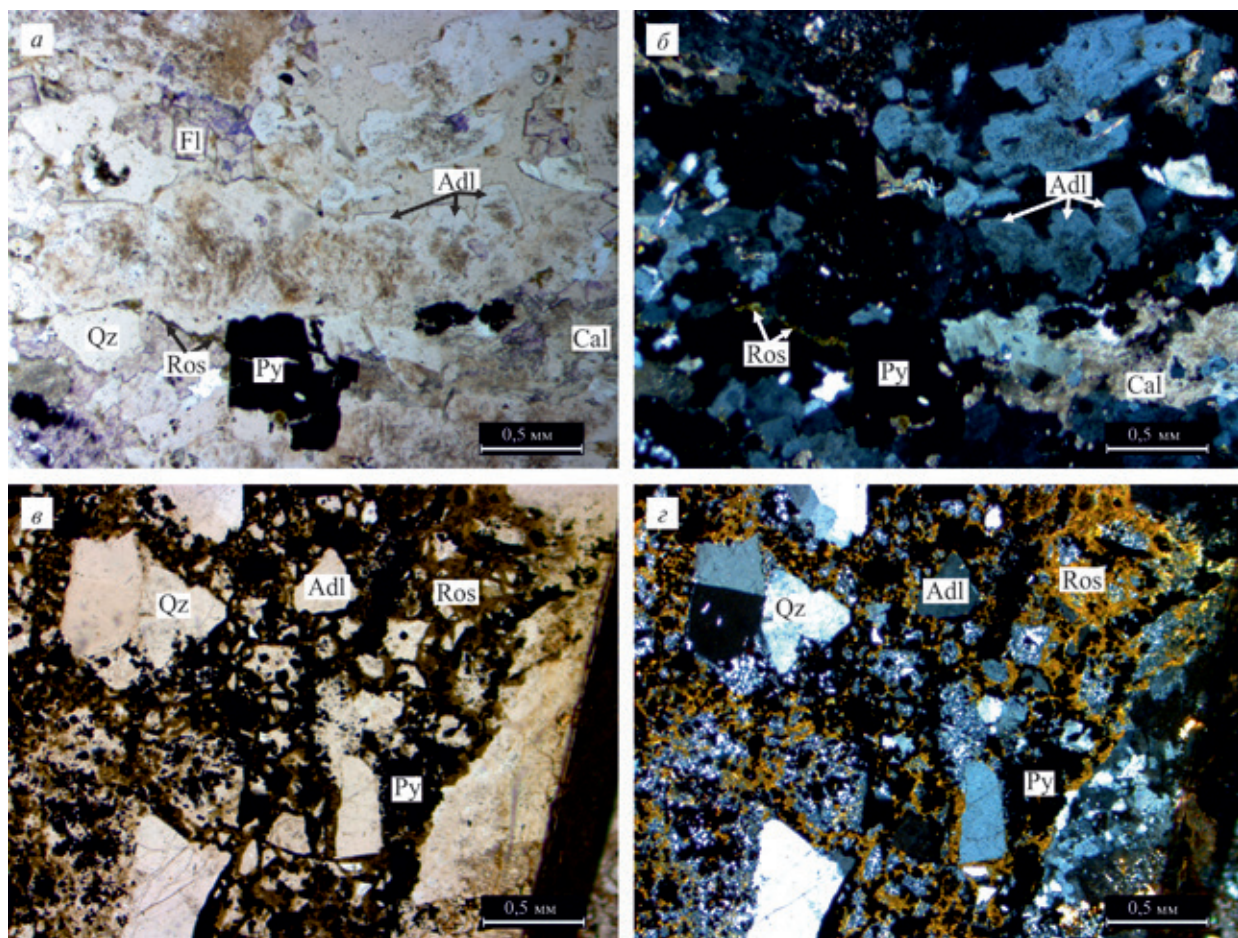


Рис. 5. Микрофотографии шлифов рудоносных гидротермально-метасоматических образований

1 – развитие прожилково-вкрапленной минерализации в сиенит-порфирах (*а* – без анализатора, *б* – с анализатором); 2 – выполнение цемента тектонических брекчий (*в* – без анализатора, *г* – с анализатором). Adl – адуляр, Cal – кальцит, Fl – флюорит, Py – пирит, Ros – роскоэлит, Qz – кварц



Рис. 6. Руды брекчиево-жильного типа

фельдшпатолитов, сиенитов и гумбеитов; цемент брекчий и материал выполнения жил представлен минералами рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциации (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz).

Рудная минерализация прожилково-вкрапленно-го стратиформного (самолазовского) типа. Руды данного типа интенсивно окислены и дезинтегрированы. Это супесчано-обломочные отложения, сложенные кварцем, халцедоном, гидрогетитом и гидрооксидами железа, магнетитом, рихтеритом, калишпатом, гидрослюдами [1, 4]. Золото в рудах находится в тонкодисперсной и коллоидно-дисперсной формах и представлено включениями в гидроокислах железа и реже в кварце [2]. Особенно стоит отметить присутствие в данном типе руд ванадиевой минерализации в виде сульфаваната [7]. Геолого-структурным и минералого-геохимическим особенностям руд самолазовского типа посвящен ряд работ [1–4, 7, 9], и в данной статье они подробно не рассматриваются.

Рудная минерализация прожилково-вкрапленного штокеркового типа. Главным рудным минералом является пирит. По морфологическим особенностям выделяется две разновидности данного минерала. Пирит (I) характеризуется идиоморфизмом кристаллов кубического, реже пентагондодекаэдрического габитуса, распределенных в породе равномерно, придавая ей вкрапленную текстуру. В некоторых сечениях найдены единичные ксеноморфные включения округлых выделений галенита и сфалерита размером до 0,02 мм, ещё реже встречаются халькопирит и пирротин. Средний размер кристаллов пирита (I) составляет 0,2 мм. Для пирита (II) типичен ксеноморфизм кристаллов, которые распределены в породе неравномерно, образуя пятна полиминеральных агрегатов вместе с флюоритом и роскоэлитом. Средний размер зерен — 0,006 мм, агрегатов — 2–3 мм. Стоит отметить, что к пириту тяготеют титанистые минералы — титанит и рутил (анатаз?), находящиеся часто в непосредственном сростании с ним.

Менее распространен марказит — единичные зёрна в агрегатах пирита (I) и обособленные скопления. Средний размер зерен, заключенных в агрегатах пирита (I), 0,005 мм. В обособленных скоплениях марказит представлен зёрнами призматического облика (0,05 × 0,007 мм). Редкими минералами в рудах данного типа являются сульфосоли — бурнонит и блеклые руды. Блеклые руды, несущие включения бурнонита, развиваются по пириту (I). Также отмечаются единичные образования колорадоита, антимонита, арсенопирита. Формы нахождения золота в данном типе руд нами не определены. Содержание Au в керновых пробах до 40 г/т (среднее 2,9 г/т при бортовом содержании 0,6 г/т).

Рудная минерализация брекчиево-жильного типа. Как и в предыдущем типе руд, главными минералами здесь являются пирит и марказит (рис. 7). Пирит представлен двумя морфологическими типами (рис. 7, а, б). Пирит (I) характеризуется идиоморфными кристаллами кубического габитуса со средним размером 0,25 мм, имеющими частые включения халькопирита, сфалерита, галенита, реже пирротина и блеклых руд. Редко кристаллы пирита брекчированы. Иногда кристаллы секутся галенит-блеклорудными прожилками. Пирит (II) — сфероидальные массы, нарастающие на кристаллы пирита (I) и марказита (I), реже на минералы основной массы. Толщина таких пленок в среднем

0,02 мм. Часто образует самостоятельные кольцеобразные обособления, усредненный радиус которых 0,03 мм (рис. 7, б).

Марказит (I) слагает ядра, которые окаймляет сфероидальный пирит (II) (рис. 7, в, з). Часто эти ядра представлены радиально лучистыми агрегатами до 0,06 мм в диаметре, а образования марказита (II) — призматическими выделениями, нарастающими на поверхности ранее образованных кристаллов пирита и марказита, реже на другие рудные и жильные минералы. Размер таких выделений — 0,05–0,007 мм. Для пирита (II) и марказита (II) характерны примеси (в масс. %): Sb 0,64–1,90, As 0,94–5,25, Te 1,02–3,82, V 0,21–0,31, что отражается в различии яркости в обратноотраженных электронах между минералами первой и второй генераций (рис. 7, а, з, д, з). Количество примесей может достигать 10 %.

Сфалерит образует отдельные ксеноморфные зерна размером 0,05–0,007 мм или находится в виде включений в пирите. Для отдельных зерен сфалерита, которые чаще всего встречаются среди зерен кварца, свойственна эмульсионная вкрапленность халькопирита. Халькопирит очень редко образует отдельные ксеноморфные выделения размером 0,02–0,1 мм, но чаще находится в тесном сростании с блеклой рудой в виде прожилков в пирите первого типа. Галенит встречается редко, большинство найденных зерен характеризуется тесным сростанием со сфалеритом, реже — в виде отдельных зерен в кварце. Золото в рудах распространено крайне редко, представлено субмикронными выделениями в брекчированном пирите (I). Калаверит (рис. 7, з–ж) встречается в трещинах кварца и вокруг зерен сфалерита, нередко выполняет полости в микродрюзах кварца. Также отмечается, что калаверит нарастает на пирит (II) и образует каймы вокруг марказита (II). Колорадоит (рис. 7, з) обнаружен в трещинах пирита (I) и в интерстициях между зёрнами кварца и брекчированного пирита. Содержание Au в керновых пробах до 731 г/т (среднее значение 50 г/т при бортовом содержании 0,6 г/т).

Геохимические особенности руд и метасоматитов. Для процессов фельдшпатолитизации и гумбеитизации атомно-объёмным методом [12] выполнен расчёт баланса вещества в процессе метасоматического изменения, основанный на изменении составов наиболее полнопроявленных метасоматитов по отношению к эдукту. При фельдшпатолитизации происходит перераспределение Al и Si, значительный привнос K и вынос всех остальных петрогенных компонентов (расчёт проведен на образцах C8 — объёмный вес 2,72 г/см³ и C15 — 2,54 г/см³). При гумбеитизации происходит привнос K, Ca, Mg, Mn, Fe, P и, вероятно, летучих (судя по минеральной ассоциации — F, CO₂, S) при выносе Si, Na, Al, Ti (расчёт проведен на образцах C7 — объёмный вес 2,60 г/см³ и C12 — 2,48 г/см³). Типовой петрохимический состав вмещающих пород и метасоматитов приведен в табл. 1.

Метасоматиты, для которых известен эдукт, сравнивались по коэффициентам концентрации рудных элементов и элементов-спутников (содержание элементов приведено в табл. 2). Таким образом, на кварцевые сиенит-порфиры нормировались гумбеиты, оруденелые сиенит-порфиры, гумбеиты и брекчиево-жильные руды; на гранитогнейсы — фельдшпатолиты и оруденелые фельдшпатолиты

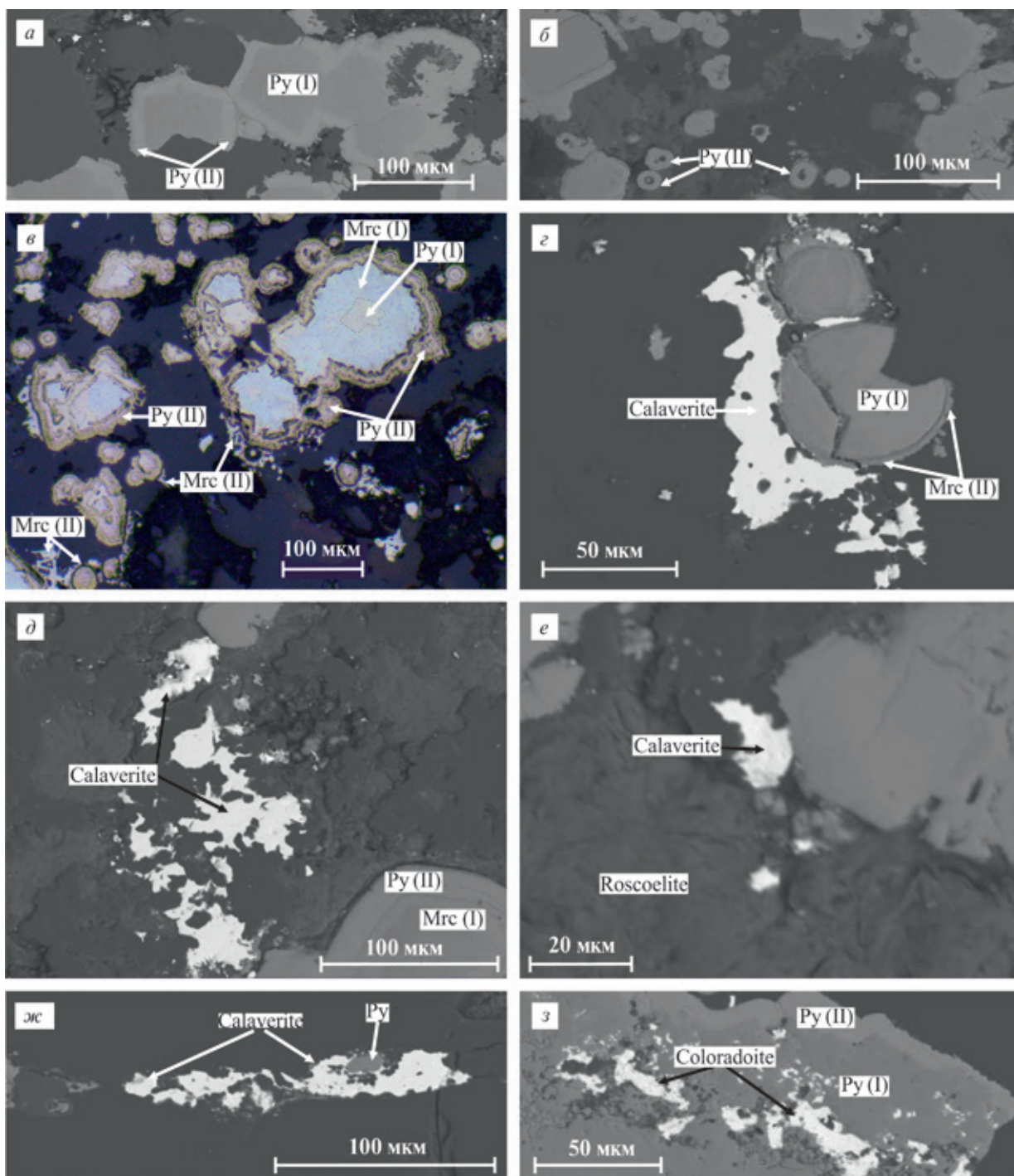


Рис. 7. Взаимоотношения рудообразующих минералов в брекчиево-жильном типе оруденения

a – пространственные взаимоотношения пирита (I) и (II), марказита (I) и (II); *б* – рубашка пирита (II) на кристаллах пирита (I); *в* – развитие колорадоита по пириту (I), обрастающему пиритом (II); *г* – взаимоотношения калаверита, пирита (II) и марказита (II); *д* – заполнение полости калаверитом; *е* – обособление калаверита среди кварц-адуляр-флюорит-роскоелитовых новообразований; *ж* – пирит и калаверит в трещине кварца; *з* – кольцеобразные обособления пирита (II), имеющие в центре кварцевое ядро. Изображения *a–б*, *г–з* получены в обратно отражённых электронах; изображение *в* – в отраженном свете

ты (рис. 8, *a*, *б*). Оруденелыми названы породы, по которым развивается рудоносная гидротермально-метасоматическая ассоциация.

Интерпретация данных затруднена телескопированием метасоматитов различных стадий. Однако развитие рудной гидротермально-метасоматической ассоциации за пределами интрузивного массива, в фельдшпатолитах, не затронутых скарнированием и гумбеитизацией, позволяет достаточно чётко обо-

значить связанную с ней геохимическую ассоциацию Au-Te-Sb-As-Tl-V-W (рис. 8, *a*). Кроме того, данная геохимическая ассоциация хорошо коррелирует с минеральным составом продуктивной стадии. В рудах не проводилось определение Hg, однако широкое развитие в них наряду с теллуридами золота и серебра колорадоита (*HgTe*) позволяет условно добавить этот элемент в выделенную геохимическую ассоциацию.

**Петрохимические особенности вмещающих пород, метасоматитов и руд
месторождения Самолазовское (мас. %)**

Элемент	Порода										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	64,2	61	69	64,3	18,4	13,7	57,9	62,4	64,1	55,2	59,7
Al ₂ O ₃	13,1	17,9	14	14,1	0,99	1,31	6,66	17,9	12,7	13,8	9,67
TiO ₂	1,23	0,48	0,087	0,13	0,036	0,048	0,36	0,43	0,61	0,33	0,23
Fe ₂ O ₃	4,54	2,08	0,59	0,59	15,6	35,8	2,08	2,22	1,19	2,51	6,19
FeO	2,02	1,3	0,86	1,15	1,3	4,47	2,74	1,15	0,86	0,94	1,87
MnO	0,057	0,052	0,034	0,13	0,51	1,57	0,41	0,042	0,22	0,13	0,021
MgO	1,71	0,73	0,44	0,62	10,9	9,53	12	0,58	1,27	1,93	0,38
CaO	1,43	2,72	0,94	3,33	16,6	10,8	4,63	1,8	4,83	7,17	0,75
Na ₂ O	3,23	5,45	1,14	1,72	0,58	0,67	0,62	3,49	1,01	1,08	1
K ₂ O	4,05	3,86	9,76	7,79	0,84	1,76	5,13	7,92	9,45	9,52	6,81
P ₂ O ₅	0,23	0,15	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	0,22	0,14	0,13	0,15	0,06
п.п.п.	3,94	4	2,81	5,67	11,7	8,31	6,73	1,55	3,23	6,54	10,5
Σ	99,7	99,7	99,7	99,6	77,5	88	99,4	99,6	99,6	99,3	97,2

Примечание: 1–7 – вмещающие породы и метасоматиты: 1 (C8) – арфведсонитовый гранитогнейс, 2 (C7) – сиенит-порфир, 3 (C15) – фельдшпатолит, 4 (C16) – фельдшпатолит, 5 (C9) – скарн, 6 (C14) – скарн; 7 (C12) – гумбеит; 8–11 – рудоносные породы: 8 (C3) – оруденелый сиенит-порфир, 9 (C1) – оруденелый фельдшпатолит, 10 (C5) – оруденелый фельдшпатолит, 11 (C4) – брекчиевые руды (обломки сиенит-порфира, сцементированные флюорит-роскоэлит-карбонат-кварцевым агрегатом с рудной минерализацией); п.п.п. – потери при прокаливании.

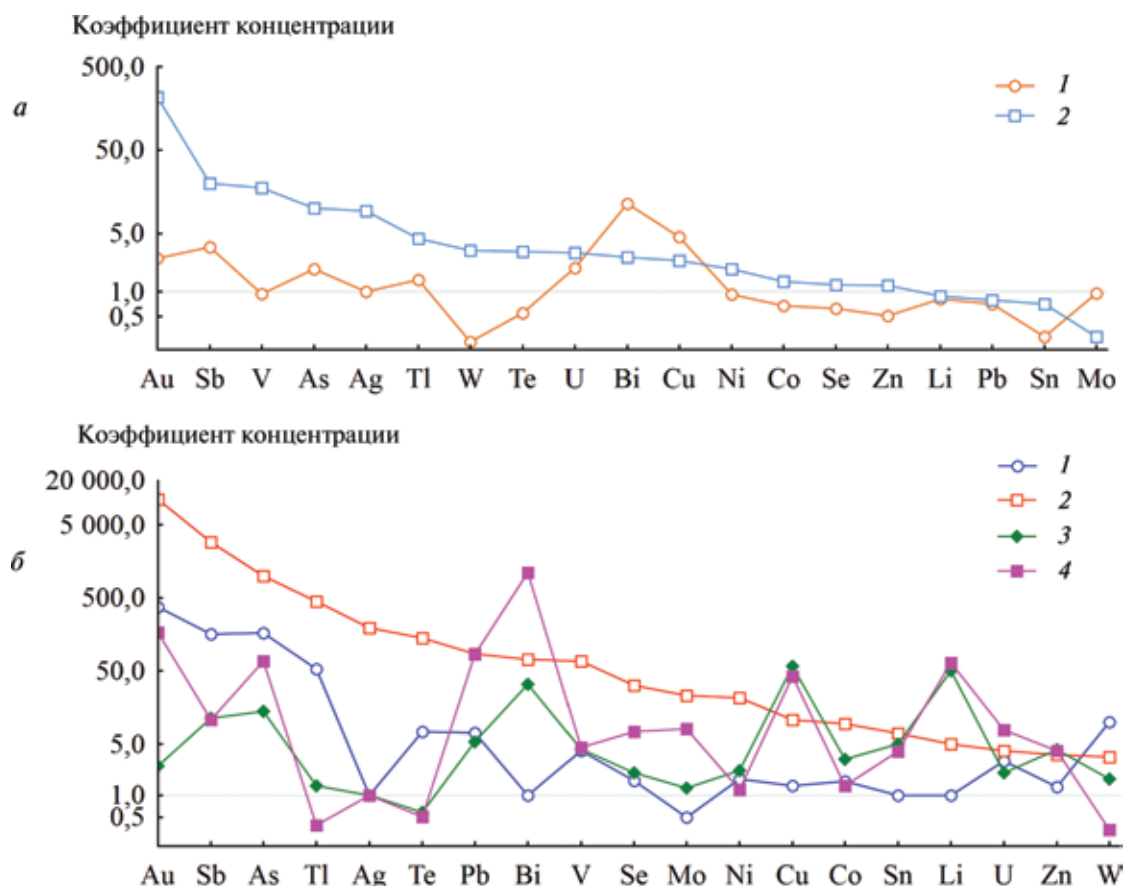


Рис. 8. Сравнение метасоматитов и руд, развитых по гранитогнейсам фундамента (а) и сиенит-порфирам (б)

а: 1 – фельдшпатолит (N = 3); 2 – фельдшпатолит оруденелый (N = 2); нормировано на гранитогнейсы фундамента (N = 2);
б: 1 – сиенит-порфир оруденелый (N = 1); 2 – брекчия по сиенит-порфиру (N = 2); 3 – гумбеит (N = 2); 4 – гумбеит оруденелый (N = 1); нормировано на сиенит-порфир (N = 2)

Таблица 2

Состав пород и руд месторождения Самолазовское (г/т)

Элементы	Рудовмещающие породы									Руды					
	Сиенит-порфир		Гумбеит		Гранитогнейс		Фельдшпатолит			Прожилково-вкрапленные по			Брекчиево-жильные		
										сиенит-порфиру	фельдшпатолиту	гумбеиту			
	Номера проб														
	C6	C7	C10	C12	C8	C11	C15	C16	C17	C3	C1	C5	C13	C2	C4
Au	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	<0,01	0,04	0,04	0,04	6,01	4,86	2,01	2,7	137	221
Ag	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,9	1,9	<0,3	4,3	54,5
Cr	<10	10	20	50	<10	10	20	10	20	10	60	<10	10	10	30
Co	3,7	4,1	15,5	8,8	10,4	3,0	2,5	2,9	8,2	6,0	4,8	13,0	5,2	24,6	49,6
Ni	10,0	7,0	9,0	28,0	8,0	6,0	2,5	6,0	11,0	14,0	13,0	13,0	10,0	266	99,0
V	80	69	79	558	110	29	63	40	94	300	939	1490	332	177	9970
Sc	<5	<5	10	10	10	<5	<5	<5	<5	<5	10	10	10	<5	<5
Cu	40	<10	2580	<10	50	60	550	100	100	30	170	90	940	340	140
Pb	11	11	38	80	18	84	32	61	15	79	42	39	925	1680	208
Zn	74	61	155	415	103	34	31	41	34	88	99	63	271	323	155
Bi	<0,1	<0,1	1,0	2,3	0,2	0,5	0,2	11,7	<0,1	<0,1	1,4	0,4	55,4	4,0	3,2
Se	3,9	3,1	6,9	7,3	2,6	4,4	2,6	1,5	2,5	5,5	1,8	6,6	26,0	н/а	110,0
Te	6,0	5,1	4,1	2,4	3,6	2,1	2,4	1,3	1,0	41	6,2	11	2,8	н/а	780
Sb	0,25	0,25	4,2	1,5	0,6	0,8	3,9	1,9	1,4	39,9	14,9	12,9	2,7	374	1070
As	2,5	2,5	40	30	30	20	50	30	60	410	270	230	170	2510	2420
Ge	1,0	1,0	7,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	5,0	2,0	3,0	5,0	5,0
Ga	23	23	14	29	20	20	20	20	13	22	20	25	8	17	29
Cd	1,30	0,60	0,60	1,60	3,00	2,00	3,90	1,40	3,30	1,00	<0,2	<0,2	4,30	3,00	2,70
In	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tl	0,7	0,6	0,25	1,5	0,6	0,6	1	0,8	0,7	34,3	1,7	3,5	0,25	142	441
Rb	98,7	83,2	115	346	118	151	198	180	146	205	199	196	57,5	209	198
Sr	1300	1420	140	160	410	240	300	330	210	990	290	450	280	220	350
Ba	2010	2060	570	340	710	1110	1260	1390	2320	1880	1230	970	200	910	1030
Cs	15,4	5,8	1,3	58,3	5,1	0,7	0,1	1,3	1,6	2,2	1,2	2,3	0,1	2,9	5,4
Y	12,5	19,3	6,8	19	39,2	11,9	6,5	9,6	6,8	14,5	26,5	34,7	64,5	8,4	10,7
Ta	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nb	7	7	5	9	19	6	<1	<1	3	6	14	7	1	3	4
Be	<5	<5	9	11	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	10
Li	<10	<10	140	360	40	<10	<10	20	30	<10	10	30	320	20	30
W	5	7	4	16	11	5	1	1	4	60	21	29	2	23	17
Mo	3	<2	2	3	6	<2	3	4	3	<2	<2	<2	16	34	58
Sn	<1	<1	2	3	3	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	2	4	3
Th	7,0	7,0	3,3	5,9	0,7	17,9	22,3	3,4	21,6	7,2	11,1	18,9	15,9	5,6	8,2
U	1,64	1,74	4,12	2,67	1,02	2,96	7,74	1,9	1,83	4,97	7,68	4,06	13,2	6,5	7,13

Чётко установить геохимический профиль гумбеитов на данном этапе проведенного исследования не представляется возможным, однако можно отметить тенденцию: повышены содержания таких элементов, как Bi, Cu, Pb, Zn, Mo, Se, Li, U. Таким образом, можно выделить *золото-теллуридную* (Au, Sb, As, V, Tl, Te, Hg, W) геохимическую ассоциацию, связанную с рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциацией (Ros-Fl-Cc-Adl-

Qz). На достаточно условном уровне можно обозначить (*уран*)-*полиметаллическую* (Bi, Cu, Pb, Zn, Mo, Se, Li, U) ассоциацию, которая, по-видимому, связана процессами гумбеитизации и, возможно, скарнирования. Этот вопрос требует дальнейшего изучения. Стоит отметить, что брекчиево-жильные руды несут повышенные концентрации не только золота, но и целого ряда попутных элементов (рис. 8, табл. 2).

Закключение. Золотое оруденение Центрального Алдана всегда считалось уникальным по своему генезису и не имеющим аналогов в мире. Отчасти это связано с тем, что до недавнего времени охватывались лишь месторождения, расположенные близ поверхности, интенсивно окисленные, с сильно затухшими первичными генетическими признаками. Вовлечение в отработку и изучение глубоких горизонтов известных месторождений, а также месторождений с первичными неокисленными рудами, привело к установлению хорошо изученных месторождений-аналогов. Специфический состав жильной и рудной минерализации, наряду с характером метасоматических изменений, структурно-текстурными особенностями руд, геохимическими особенностями и типом магматизма, позволяет рассматривать Самолазовское месторождение в качестве типичного представителя эпitherмального Au-Te оруденения, ассоциированного с щелочным магматизмом (A-type) [13, 17, 18], наиболее яркими представителями которого являются такие объекты, как Крипл-Крик (США), Поргера, Лэдолам (Папуа — Новая Гвинея), Империтор (Фиджи). В Центрально-Алданском рудном районе данный тип представлен месторождением Подгольное [15, 16].

По текстурно-структурным особенностям и условиям залегания на Самолазовском месторождении выделяются три типа благороднометалльного оруденения: 1) прожилково-вкрапленный стратиформный (самолазовский); 2) прожилково-вкрапленный штокверковый; 3) брекчиево-жильный.

Самолазовский тип оруденения в настоящее время полностью отработан, а глубокие горизонты месторождения характеризуются прожилково-вкрапленными штокверковыми и брекчиево-жильными рудами.

Прожилково-вкрапленный штокверковый тип локализован в виде объёмных минерализованных зон внутри мезозойских интрузий, представлен в различной степени гумбеитизированными сиенитами с наложенной прожилково-вкрапленной рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциацией (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz). Главный рудный минерал — пирит, менее распространен марказит, редкими минералами являются сульфосоли — бурнонит и блеклые руды, отмечаются единичные образования колорадоита, антимонита, арсениопирита. Формы нахождения золота в данном типе руд нами не определены. Содержание Au в керновых пробах до 40 г/т (среднее 2,9 г/т при бортовом содержании 0,6 г/т).

Брекчиево-жильный тип представлен крутопадающими минерализованными зонами дробления (брекчии, переходящие в жилы) внутри интрузии сиенитов и тел фельдшпатолитов, развитых по породам кристаллического фундамента. Брекчии состоят из обломков скарнов, фельдшпатолитов, сиенитов и гумбеитов; цемент брекчий и материал выполнения жил выражен минералами рудоносной гидротермально-метасоматической ассоциации (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz). Главные рудные минералы — пирит и марказит, менее распространены сфалерит и галенит. Редкие минералы — калаверит и колорадоит. Золото в рудах встречается крайне редко в виде субмикронных выделений в брекчированном пирите. Для пирита и марказита характерны примеси Sb, As, Te, V. Данный тип руд отличается высокими (первые сотни граммов на тонну) содержаниями Au, но в самородном виде оно встречается

крайне редко и представлено лишь субмикронными выделениями. Присовокупив к этому данные технологических исследований, проведенных в ходе разведочных работ, можно предположить, что большая часть золота сосредоточена в сульфидах в виде тонкодисперсных включений. Содержание Au в керновых пробах до 731 г/т (среднее значение 50 при бортовом содержании 0,6 г/т).

Для продуктивной гидротермально-метасоматической ассоциации (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz) характерны повышенные содержания таких элементов, как Au, Sb, As, V, Tl, Te, Hg, W, объединённых в *золото-теллуридную* геохимическую ассоциацию.

В формировании Самолазовского месторождения можно выделить несколько последовательных этапов. К первому этапу относится внедрение в мезозое многофазного интрузивного массива и образование высокотемпературных контактово-метаморфических и гидротермально-метасоматических пород: мраморов, скарнов и фельдшпатолитов, которые развиты по породам осадочного чехла, кристаллического фундамента и интрузивного массива. Во второй этап происходило формирование в наиболее ослабленных частях массива Cu-Mo штокерка, которое сопровождалось объёмной и околожильной гумбеитизацией. Однако промышленной ценности данная минерализация не имеет. В следующий этап формирования рудно-магматической системы произошла тектоническая активизация массива, что вызвало образование крутопадающих систем трещин, которые послужили путями движения рудоносных растворов. Рудоносная ассоциация (Ros-Fl-Cc-Adl-Qz) накладывается на скарны, гумбеиты, сиениты и фельдшпатолиты. Во времени формирования она оторвана от процесса гумбеитизации, а ее наложение на все типы пород указывает, по нашему мнению, на формирование за счёт промежуточного очага. Наиболее благоприятной средой для рудоотложения в силу своих физико-химических свойств стали скарны, затем в различной степени гумбеитизированные сиениты; в наименьшей степени благоприятны фельдшпатолиты. Завершилось формирование месторождения дезинтеграцией золотых руд верхних горизонтов с образованием площадной коры выветривания и мощной зоны окисления.

Обнаружение хорошо изученных аналогов для золоторудных месторождений и рудопроявлений Центрального Алдана открывает широкие перспективы прогнозирования новых объектов и позволяет говорить о том, что золоторудный потенциал района ещё далеко не исчерпан и полностью не раскрыт. Район находится на пороге перехода от легкооткрываемых месторождений к месторождениям, сложным для поисков. В данный переходный момент очень важно иметь хорошо обоснованную научно-методическую базу для поисков объектов новых типов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00334 мол_a.

1. Бойцов В.Е. Золоторудные и золото-урановые месторождения Центрального Алдана / В.Е. Бойцов, Г.Н. Пилипенко, Л.А. Дорожкина // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Том 2:

Стратегические виды рудного сырья. — М.: ИГЕМ РАН, 2006. — С. 215–240.

2. Ветлужских В.Г. Золоторудные месторождения Центрального Алдана / В.Г. Ветлужских, В.И. Казанский, А.Я. Кочетков и др. // Геология рудных месторождений. — М.: Наука, 2002. Т. 44. № 6. — С. 467–499.

3. Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю., Бирбков Е.И. Геохимическая зональность Самолазовского золоторудного поля, Центральный Алдан // Руды и металлы. 2002. № 6. — С. 53–58.

4. Гусев В.Н. Самолазовское золотоскарновое месторождение / В.Н. Гусев, В.К. Элюев, Г.Ю. Боярко // Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири: Материалы конференции. — Томск: ТПУ, 2000. — С. 108–117.

5. ГРК «Самолазовское»: информация о запасах месторождения [Электронный ресурс] // ПАО «Селигдар»: [сайт], 2017. URL: <http://seligdar.ru/geography/gold-division/grk-samolazovski/> (дата обращения: 21.12.2017).

6. Казанский В.И. Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // Геология рудных месторождений. — М.: Наука, 2004. Т. 46. № 3. — С. 195–211.

7. Краснов А.Н., Дорожжкина Л.А., Трубкин Н.В. и др. Ванадиевая минерализация золоторудного месторождения Самолазовское, Центральный Алдан // Известия вузов. Геология и разведка. 2004. № 5. — С. 70–72.

8. Леонтьев В.И. Руды и метасоматиты Самолазовского золоторудного месторождения (Центрально-Алданский рудный район) // Новое в познании процессов рудообразования: тезисы докладов Четвёртой Российской молодёжной научно-практической школы. — М.: ИГЕМ РАН, 2014. — С. 193–196.

9. Максимов Е.П., Уютлов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология. — Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2010. Т. 29. № 2. — С. 3–26.

10. Омеляненко Б.И. Околорудные гидротермальные изменения пород. — М.: Недра, 1978. — 215 с.

11. Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 560 с.

12. Рудник В.А. Атомно-объемный метод в применении к метасоматическому минерало- и породообразованию. — Л.: Недра, 1966. — 122 с.

13. Соловьев С.Г. Металлогения шoshонитового магматизма: в 2 т. — М.: Науч. мир, 2014. Т. 2. — 472 с.

14. Черниговцев К.А., Леонтьев В.И. Особенности проявления рудной минерализации Самолазовского месторождения (Центрально-Алданский рудный район) // Новое в познании процессов рудообразования: Материалы Шестой Российской молодёжной научно-практической школы с международным участием, 28 ноября — 2 декабря 2016 г. — М.: ИГЕМ РАН, 2016. — С. 386–389.

15. Bushuev Y.Y., Leontev V.I. The geochemical features of epithermal gold-telluride (Au-Te) ores of the Podgolechnoe deposit (Central Aldan Ore District, Yakutia) // Key Engineering Materials. 2017. Vol. 743. — Pp. 422–425.

16. Leontev V.I., Bushuev Y.Y. Ore mineralization in adular-fluorite metasomatites: Evidence of the Podgolechnoe alkalic-type epithermal gold deposit (Central Aldan ore district, Russia) // Key Engineering Materials. 2017. Vol. 743. — Pp. 417–421.

17. Muller D., Groves D.I. Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization // Mineral Resource Reviews. — Heidelberg: Springer-Verlag, 2016. — 311 p.

18. Richards J.P. Alkalic-type epithermal gold deposits — a review // Magmas, fluid and ore deposits. MAC Short Course Ser., 1995. Vol. 23. — Pp. 367–400.

large deposits of ore minerals. Vol. 2: Strategic types of ore raw materials. Moscow: IGEM RAS. 2006. Pp. 215–240. (In Russian).

2. Vetluzhskikh V.G., Kazansky V.I., Kochetkov A.Ya., Yanovskiy V.M. Central Aldan Gold Deposits. *Geologiya rudnykh mestorozhdenij*. Moscow: Nauka. 2002. Vol. 44. No 6, pp. 467–499. (In Russian).

3. Voroshilov V.G., Boyarko G.Yu., Birbkov E.I. Geochemical zoning of the Samolazovskoye gold ore field, Central Aldan. *Rudy i metally*. 2002. No 6, pp. 53–58. (In Russian).

4. Gusev V.N., Elyuev V.K., Boyarko G.Yu. Samolazovskoye gold skarn deposit. *Prospecting and exploration of Siberian mineral deposits: Proceedings of the conference dedicated to the 70th anniversary of the Geology and Exploration of Mineral Deposits Department at the Tomsk Polytechnic University (Institute)*. Tomsk: TPU. 2000. Pp. 108–117. (In Russian).

5. Informaciya o zapasah mestorozhdeniya Samolazovskoe: sayt PAO «Seligdar», 2017 [Information on the reserves of the Samolazovsko deposit: site of PAO «Seligdar», 2017]. URL: <http://seligdar.ru/geography/gold-division/grk-samolazovski/> (date of the application: 21.12.2017)

6. Kazansky V.I. The unique Central Aldan gold-uranium ore district (Russia). *Geologiya rudnykh mestorozhdenij*. Moscow: Nauka. 2004. Vol. 46. No 3, pp. 161–187. (In Russian).

7. Krasnov A.N., Dorozhkina L.A., Trubkin N.V., Groznova E.O., Myznikov I.K. Vanadium mineralization of Samolazovsky gold deposit, Central Aldan District. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2004. No 5, pp. 70–72. (In Russian).

8. Leontev V.I. Ores and metasomatites of the Samolazovskoye gold deposit (Central Aldan ore district). *New in the study of ore formation processes: Abstracts of the IV Russian youth scientific-practical school*. Moscow: IGEM RAS. 2014. Pp. 193–196 (In Russian).

9. Maksimov E.P., Uytov V.I., Nikitin V.M. The Central Aldan gold-uranium ore magmatogenic system, Aldan-Stanovoy shield, Russia. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2010. Vol. 4. No 2, pp. 95–115. (In Russian).

10. Omelianenko B.I. Okolorudnye gidrotermal'nye izmeneniya porod [Wallrock alteration]. — Moscow: Nedra. 1978. 215 p.

11. Plyushchev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V. Metallogeniya gidrotermalno-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg: VSEGEI. 2012. 560 p.

12. Rudnik V.A. Atomno-obemnyy metod v primeneni k metasomaticheskomu mineralo- i porodoobrazovaniyu [Application of atomic-volumetric method to metasomatic mineral- and rock formation]. Leningrad: Nedra. 1966. 122 p.

13. Solov'ev S.G. Metallogeniya shoshonitovogo magmatizma: v 2 tomah [The metallogeny of shoshonitic magmatism: in 2 vol.]. Moscow: The Scientific World Publishing House. 2014. Vol. 2. 472 p.

14. Chernigovcev K.A., Leontev V.I. Features of the ore mineralization of the Samolazovsky deposit (Central Aldan ore district). *New in understanding the processes of ore formation: materials of the Sixth Russian Youth Scientific and Practical School with international participation, November 28 — December 2, 2016*. Moscow: IGEM RAS. 2016. Pp. 386–389. (In Russian).

15. Bushuev, Y.Y., Leontev, V.I. 2017: The geochemical features of epithermal gold-telluride (Au-Te) ores of the Podgolechnoe deposit (Central Aldan Ore District, Yakutia). *Key Engineering Materials*. Vol. 743. 422–425.

16. Leontev, V.I., Bushuev, Y.Y. 2017: Ore mineralization in adular-fluorite metasomatites: Evidence of the Podgolechnoe alkalic-type epithermal gold deposit (Central Aldan ore district, Russia). *Key Engineering Materials*. Vol. 743. 417–421.

17. Muller, D., Groves, D.I. 2016: Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization. *Mineral Resource Reviews*. Springer-Verlag Heidelberg. 311.

18. Richards, J.P. 1995: Alkalic-type epithermal gold deposits — a review. *Magmas, fluid and ore deposits. Mineralogical Assoc. of Canada. Short Course Ser. Vol. 23*. 367–400.

1. Boitsov V.E., Pilipenko G.N., Dorozhkina L.A. Gold and gold-uranium deposits of Central Aldan. *Large and super-*

Леонтьев Василий Иванович — канд. геол.-минер. наук, доцент, СПбГУ¹. <leontev_vi@pers.spmi.ru>
Бушнев Яков Юрьевич — канд. геол.-минер. наук, доцент, СПбГУ¹. <bushuev_yayu@pers.spmi.ru>
Черниговцев Константин Александрович — студент, СПбГУ¹. <konstantin.chernigovtsev@mail.ru>

Leontev Vasilii Ivanovich — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, SPMU¹.
<leontev_vi@pers.spmi.ru>
Bushuev Yackov Yur'evich — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, SPMU¹.
<bushuev_yayu@pers.spmi.ru>
Chernigovcev Konstantin Alexandrovich — Student, SPMU¹. <konstantin.chernigovtsev@mail.ru>

¹ Санкт-Петербургский горный университет (СПГУ). 21 линия, д. 2, Васильевский остров, Санкт-Петербург, 199106, Россия.
Saint Petersburg Mining University (SPMU). 2 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russia.