

А. В. МОЛЧАНОВ, А. В. ТЕРЕХОВ, В. В. ШАТОВ, В. Н. БЕЛОВА,
А. В. РАДЬКОВ, О. Л. СОЛОВЬЕВ, М. А. СТЕПУНИНА (ВСЕГЕИ)

ЛЕБЕДИНСКИЙ ЗОЛОТОРУДНЫЙ УЗЕЛ (ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, МЕТАСОМАТИТЫ И ОРУДЕНЕНИЕ)

Представлены результаты прогнозно-поисковых работ, основанных на исследовании петрографо-геохимических особенностей гидротермально-метасоматических образований в пределах Лебединского золоторудного узла. Работы выполнены сотрудниками отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ в 2009–2012 гг. в рамках договора с ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология». Выделены три типа оруденения, связанных с гидротермально-метасоматическими образованиями (березитами и гумбеитами). Даны рекомендации для проведения дальнейших детальных работ на перспективных участках для выявления новых промышленно значимых золоторудных объектов.

Ключевые слова: *метасоматиты, рудоносность, Лебединский рудный узел, Южная Якутия.*

Presents the results of forecasting and prospecting is based on a study of petrographic and geochemical characteristics of alteration systems developed within Lebedinsky gold ore cluster. The works were completed by officers of metallogeny and geology of mineral deposits VSEGEI in the period from 2009–2012 under the GU GGP RS (Yakutia) "Yakutskgeologiya". This research made it possible to distinguish three types of mineralization are associated with manifestations in the host Lebedinsky gold ore cluster alteration systems (beresites and gumbeyti). The authors make recommendations for conducting further detailed work within the prospective areas to identify new commercially significant gold objects.

Keywords: *alteration systems, ore-bearing, Lebedinsky ore cluster, South Yakutia.*

Введение. Лебединский рудный узел находится в Центрально-Алданском золотоносном рудно-россыпном районе (ЦАР) – старейшем регионе золотодобычи Якутии (рис. 1). В нем ежегодно добывается до 8,5 т золота, из них рудного золота около 7 т [2].

На исследуемой площади в 30–80-е годы прошлого столетия обрабатывались многочисленные золоторудные залежи кварцево-жильного типа, локализованные в субгоризонтальных зонах разуплотнения в доломитовой толще венд-кембрийского возраста, несогласно залегающей на архейском кристаллическом фундаменте. Здесь с 2009 по 2012 г. специалистами Алданского филиала ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология» и отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ проводились поисковые работы на обнаружение нетрадиционных типов промышленного золотого оруденения.

Методика и методы исследования. Исследования проводились на основе комплексного петрографо-геохимического изучения гидротермально-метасоматических образований, что очень важно, поскольку в настоящее время проблема использования гидротермально-метасоматических образований и их геохимических особенностей для целей прогнозного районирования и оценки перспектив рудоносности территорий на стадии проведения крупномасштабных поисковых, поисково-оценочных работ является одной из наиболее значимых проблем прикладной геологии. В разные годы в нашей стране ее решали В. А. Жариков, Б. И. Омеляненко, Е. В. Плющев, Г. П. Зарайский, В. Д. Бо-

голепов, О. П. Ушаков, Н. И. Наковник, Н. И. Курек, А. И. Курек, Д. В. Рундквист, И. Г. Павлова, В. Л. Русинов, Г. Н. Щерба, Г. Т. Волостных, В. Г. Чекваидзе, А. Е. Шлыгин, П. Ф. Иванкин, О. Н. Грязнов, Г. М. Беляев, В. В. Шатов, А. П. Мотов, А. В. Молчанов и другие исследователи. Особое звучание эта проблема приобрела в связи с разработкой специальной методики крупномасштабного картирования слабопроявленных гидротермально-метасоматических (ГМ) изменений [10, 11].

Наша работа строилась на тщательном микроскопическом анализе эпигенетической минерализации в прозрачно-полированных шлифах (ППШ). Были изучены ППШ, характеризующие определенное гипсометрическое положение по оси скважин, пробуренных на участках поисковых площадей Колтыкон-Самодумовская (скважины 10–16, 201, 202), гора Рудная (скважины 79, 203, 219) и Орто-Сала-Верхнекурунахская (скважины 60, 61). Из всего массива проб на основе петрографических исследований были составлены две выборки: неизменные породы (менее 20% ГМ новообразований); породы, претерпевшие ГМ изменения от 20% новообразований вплоть до полного замещения исходной породы. Детальное исследование рудной минерализации выполнялось на приборе SamScan MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instr.).

Геохимические исследования (в лабораториях ВСЕГЕИ) ГМ новообразований были направлены на определение комплекса редких, радиоактивных и благороднометалльных элементов методами ISP MS, атомной абсорбции (полного кислотного

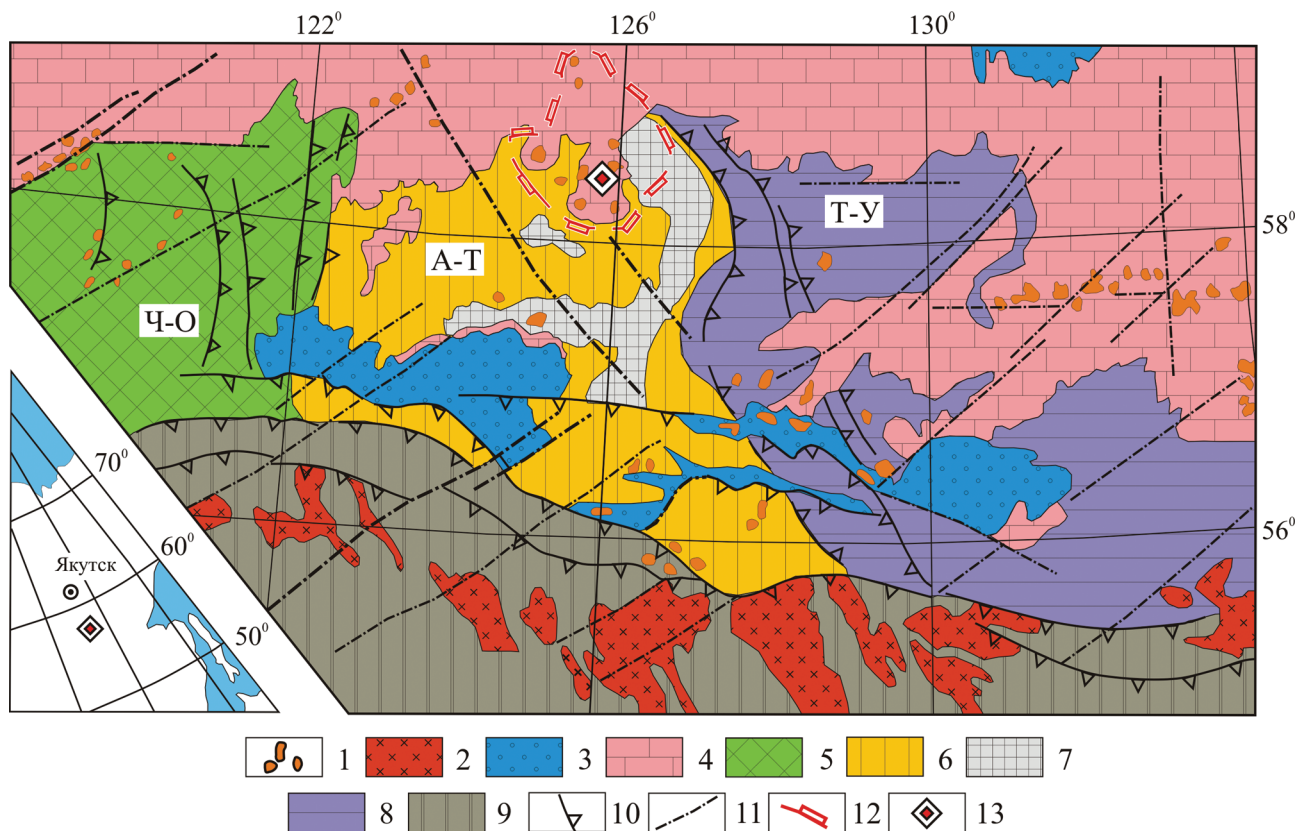


Рис. 1. Геологическая позиция Лебединского золоторудного узла в структурах центральной части Алданского щита [6]
 1 – мезозойские щелочные интрузии; 2 – мезозойские гранитоидные интрузивы; 3 – юрские терригенные отложения; 4 – рифейско-кембрийский платформенный чехол; 5 – олекминский комплекс; 6 – иенгрский комплекс; 7 – федоровская серия; 8 – тимптоно-желтулинский комплекс; 9 – зверевский и становой комплексы; 10 – главные разломы; 11 – второстепенные разломы; 12 – граница Центрально-Алданского рудного района; 13 – Лебединский золоторудный узел. Ч-О – Чаро-Олекминский, А-Т – Алдано-Тимтонский, Т-У – Тимптоно-Учурский мегаблоку

вскрытия), холодного пара и рентгеноспектральным флуоресцентным (XRF) анализом. Данные подвергались математической и статистической обработке для получения фоновых значений содержания элементов в неизмененных породах. Затем путем деления исходных значений геохимических признаков гидротермально-измененных пород на соответствующие значения фона, рассчитанного по среднегеометрическим содержаниям элементов в исходных породах, нормировался весь блок геохимических данных.

На завершающем этапе обработки материала строились комплексные петрографо-геохимические колонки с характеристикой распределения ГМ образований в пространстве, что позволило создать единую картину геохимической и ГМ зональности с рекомендациями прогнозно-поискового характера.

При геохронологических исследованиях цирконов U-Pb локальным методом (ЦИИ ВСЕГЕИ) для определения возраста щелочных пород применялся прибор SHRIMP II.

Лебединский золоторудный узел. В его строении принимают участие глубокометаморфизованные породы архейского и протерозойского возрастов, слагающие нижний структурный этаж региона, а также осадочные терригенно-карбонатные породы вендско-кембрийского возраста и терригенные образования ранней юры, относимые к плитному комплексу Сибирской платформы (рис. 2).

Наиболее молодыми геологическими образованиями являются многочисленные дайки, а также

малые послонные и лакколитообразные интрузии порфировых субщелочных пород калиевого петрохимического ряда, сформированные на этапе мезозойской тектоно-магматической активизации региона.

В разрезе нижнего структурного этажа установлены сложноразбитые метаморфические породы позднего архея и раннего протерозоя верхнеалданской и федоровской серий.

Вещественные производные верхнеалданской серии представлены метаморфитами нимырской и васьевской свит, которые сложены переслаивающимися кордиеритовыми, силлиманит-кордиеритовыми, биотит-кордиеритовыми, биотит-гранат-кордиеритовыми гнейсами и кристаллосланцами, разнообразными кварцитами, а также гиперстеновыми, биотит-гиперстеновыми гранат- и графит-содержащими гнейсами с линзами и прослоями биотитовых, биотит-гранатовых, гранат-кордиеритовых, биотит-кордиеритовых, биотит-графитовых гнейсов. Реже встречаются роговообманково-гиперстеновые, гиперстеновые, гиперстен-диопсидовые кристаллосланцы и кварциты. Возрастом формирования пород верхнеалданской серии как метаморфической толщи считается позднеархейский – 2700–2900 млн лет [2–5, 7, 8].

В строении федоровской серии принимают участие роговообманковые, гиперстен-диопсид-роговообманковые, гиперстен-роговообманковые кристаллосланцы и гнейсы, реже диопсидовые, биотитовые, биотит-

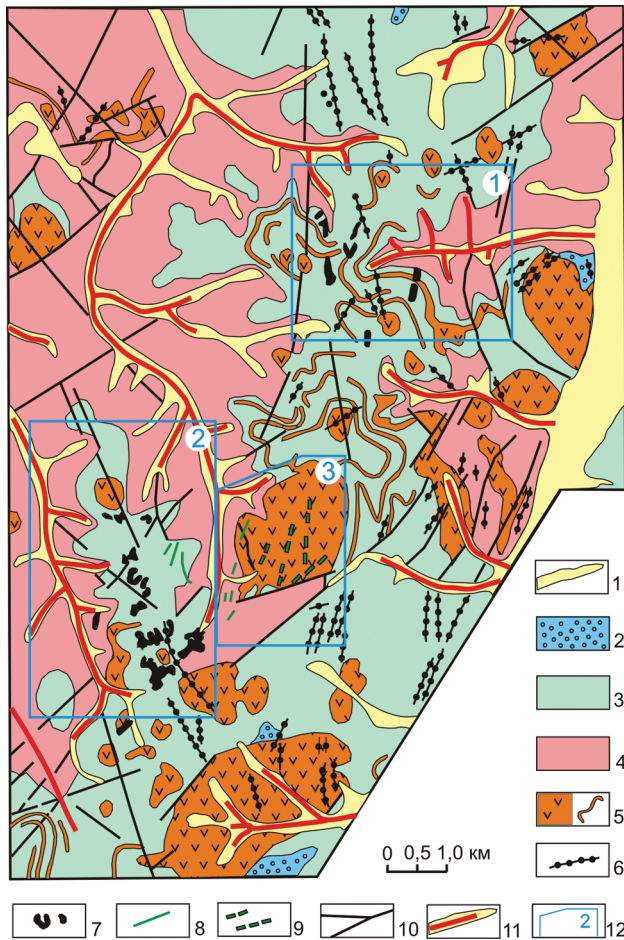


Рис. 2. Геологическая карта Лебединского золоторудного узла по [2] с участками поисковых исследований ВСЕГЕИ и Алданского филиала ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология»

1 – четвертичные и неоген-четвертичные отложения: песчано-галечные смеси, супеси, суглинки, щебень, глыбы; 2 – нижняя юра: песчаники, алевролиты, гравелиты, линзы конгломератов и конглобрекций, углистые алевролиты; 3 – венд – нижний кембрий: нерасчлененные доломиты, мергели, известняки, линзы кремней; 4 – архей: биотит-амфиболовые, диопсид-роговообманковые кристаллические сланцы, диопсидовые породы, мраморы, кальцифиры, гнейсы, граниты; 5 – мезозойский магматический комплекс: штоки, лакколиты (а) и пластовые тела (б) монзонит-сиенитовой и лейцит-щелочносиенитовой формаций; 6 – дайки сиенит-порфиров, ортофиров, кварцевых порфиров, сельвсбергитов, тингуаитов; 7 – рудные залежи; 8 – рудные жилы; 9 – зоны прожилково-вкрапленной минерализации в мезозойских интрузивах; 10 – разломы; 11 – аллювиальные россыпи золота; 12 – поисковые площади (цифры в кружках): 1 – Колтыкон-Самодумовская, 2 – Орто-Сала-Верхнекуранахская, 3 – гора Рудная

амфиболовые, биотит-гиперстеновые кристаллосланцы и в меньшей степени гнейсы. В основании и средней части разреза встречаются сфенсодержащие диопсидовые кристаллосланцы, линзы диопсид-скаполит-плагиоклазовых флогопит-, иногда волластонитсодержащих пород, а также мраморов и кальцифиров. В верхней части свиты отмечаются прослои биотит-гиперстеновых гнейсов. Радиологический возраст метаморфитов федоровской серии оценивается неоднозначно. Так, собственно метаморфическая толща образовалась в начале раннего протерозоя (2,2–2,4 млрд лет) и претерпела еще одно метаморфическое преобразование на рубеже 1,8–2,0 млрд лет [7, 8].

Плитный комплекс, породы которого с резким структурно-стратиграфическим несогласием переключают метаморфиты нижнего структурного этажа, представлен толщей карбонатных отложений венда – раннего кембрия (усть-юдомской, тумулдурской и унгелинской свит) и терригенных образований ранней юры (юхтинская свита). Повсеместно распространены маломощные рыхлые отложения кайнозоя.

Усть-юдомская свита вендских отложений – наиболее мощная среди венд-кембрийских отложений и единственная, вскрытая подавляющим числом скважин. Вещественные составляющие этой свиты представлены розовыми, желтовато-розовыми, желтыми, шоколадными глинистыми доломитами, доломитовыми известняками с прослоями известковистых гравелитов и мергелей, которые переслаиваются с серыми, желтовато-серыми, кремевыми тонкозернистыми до пелитоморфных доломитами.

Отложения тумулдурской свиты выше по разрезу усть-юдомской свиты выходят на современную дневную поверхность между р. Якоkit и руч. Черчерка. Свита сложена серыми, желто-серыми, темно-серыми массивными доломитами, часто битуминозными, с прослоями известковистых и оолитоподобных доломитов.

Вещественные составляющие унгелинской свиты венчают нижнекембрийский разрез и представлены пестроокрашенными глинистыми доломитами, мергелями и доломитами. Отчетливо выделяются три подсвиты: *нижняя*, преимущественно доломитовая с прослоями кремней, *средняя*, глинисто-доломитовая, и *верхняя*, доломитовая.

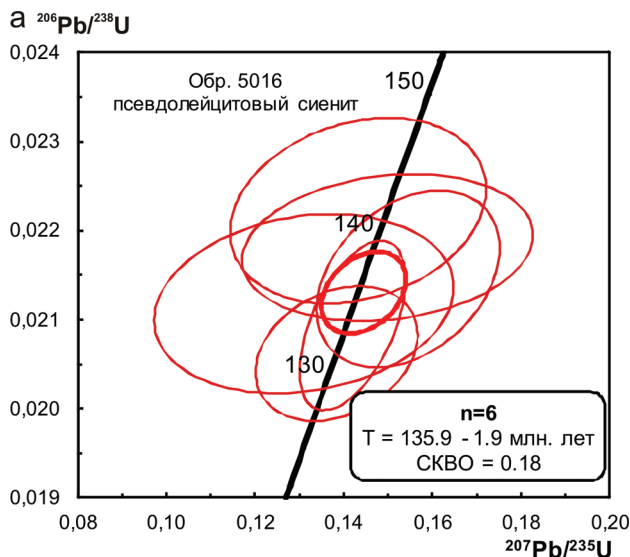
Нижнеюрские отложения – породы юхтинской свиты – выходят на современную дневную поверхность на высоких частях водоразделов в южной части площади: полевошпатовые песчаники с прослоями гравелитов, алевролитов и конгломератов.

Неоген-четвертичные образования распространены повсюду: элювиальные, делювиальные, техногенные, солифлюкционные, карстовые и аллювиальные.

Наиболее древние, *интрузивные образования* региона раннепротерозойского возраста представлены метабазами, залегающими в виде линзовидных тел и участвующими в складчатых деформациях, а также ультраметаморфическими образованиями нимырского гранит-мигматитового комплекса.

Становление комплекса изверженных пород мезозойского возраста на территории центральной части происходило в несколько возрастных этапов: триас-раннеюрский, средне-позднеюрский, позднеюрско-раннемеловой и меловой. Пик вулканической активности пришелся на позднеюрско-раннемеловой период. Образование магматических пород сопровождалось интенсивными, более древними ГМ преобразованиями и рудообразованием. Основные морфологические типы мезозойских интрузий – силлы, лакколиты, штоки и дайки. Завершился меловой магматизм внедрением мелких тел, трубок взрыва [1, 2].

Необходимо отметить, что на площади наиболее распространены магматические образования мезозойского возраста, которые относятся к лебединскому и нижнекуранахскому интрузивным комплексам: роговообманковые сиенит-порфиры, вогезиты, бостониты и лейкократовые сиенит-порфиры. Со становлением этих комплексов парагенетически связано образование основных типов



б

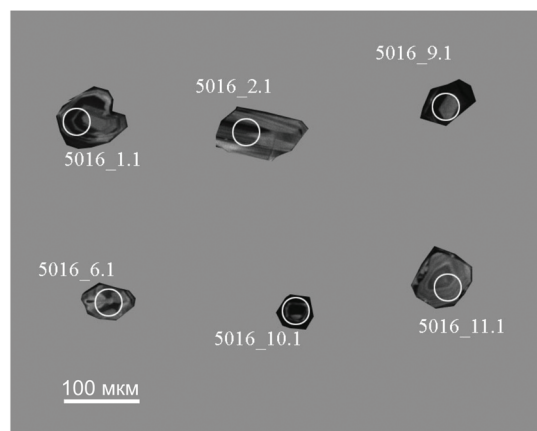


Рис. 3. Диаграмма $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ — $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ конкордантными значениями (а) для цирконов (б) из псевдолейцитовых сиенитов нижекурунахского комплекса, характеризующих возраст магматической кристаллизации пород

Таблица 1
Результаты изучения U-Pb изотопной системы акцессорных цирконов щелочных магматических пород Лебединского золоторудного узла

Образец, зерно, точка	$^{206}\text{Pb}_c$, %	Содержание, г/т			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст, млн лет	
		U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
5016.1.1	0,34	295	402	5,24	1,41	131,6	± 1,9
5016.2.1	0,00	149	144	2,68	1,00	133,6	± 2,5
5016.6.1	0,00	147	155	2,7	1,09	136,9	± 2,6
5016.9.1	0,79	143	160	2,76	1,15	141,7	± 2,7
5016.10.1	2,64	625	630	12	1,04	139,1	± 2,1
5016.11.1	1,00	105	62	1,93	0,61	135,1	± 2,6

Примечание: Ошибки на уровне 1 σ. Ошибки при калибровке стандарта 1%. $^{206}\text{Pb}_c$ и $^{206}\text{Pb}^*$ — обыкновенный и радиогенный свинец. Коррекция на обыкновенный свинец при расчете возраста по измененному ^{204}Pb .

оруденения. Изотопно-геохимические исследования цирконов из образцов щелочных пород нижекурунахского комплекса (рис. 3, табл. 1) указывают на раннемезозойский возраст кристаллизации магматитов ($135,9 \pm 1,9$ млн лет).

Минералого-петрографические исследования ГМ образований. Установлены ГМ минеральные новообразования: основные — кварц, серицит, гематит-гетит, анкерит (кальцит), гидросерицит, альбит, хлорит, калишпат (ортоклаз, микроклин, адуляр), рудные минералы, эпидот, сфен, лейкоксен, актинолит, флогопит, биотит (зеленый), мусковит, рутил, турмалин, апатит, флюорит, пумпеллиит, ярзит, гранат, пренит, пироксен, скаполит, везувиан. Различные сочетания этих минералов образуют устойчивые в структурно-вещественном отношении ассоциации (парагенезисы). По структурно-вещественным характеристикам и термодинамическим параметрам выделено пять ГМ ассоциаций эпигенетических минералов (табл. 2).

Из перечисленных ГМ новообразованных минералов, связанных со становлением щелочных интрузий, доминируют березитовые (~38%), преобладают анкерит-серицит-мусковитовые (B2) и хлорит-анкерит-серицитовые, турмалинсодержащие (B3) и гумбеитовые (G1-G2) фации (~35%). Они проявлены в осадочных породах всех комплексов, представленных доломитами, песчанистыми доломитами, гравелитоподобными породами; в породах фундамента, сложенного кристаллическими сланцами, плагио- и гранитогнейсами, гранитами, мигматитами, кальцифирами; в интрузивных образованиях мезозойского комплекса — сиенитах и сиенит-порфирах; в зонах катаклаза, милонитизации, интенсивного дробления и объемной трещиноватости. Менее распространены пропилитовые ассоциации (~17% наблюдений). Фельдшпатолиды фаций F1 и F2 отмечаются в плагиогнейсах, гранитогнейсах и гранитах, реже в гранитизированных плагиокристаллосланцах фундамента, а фельдшпатолиды фаций F3 и F4 в интрузивных образованиях мезозойского комплекса — сиенитах и сиенит-порфирах.

Наиболее ранние ГМ образования в изучаемых образцах зерна — фельдшпатолиды (A5) фаций F1 и F2, представляющие собой гидротермалиты кварц-калишпатового ± хлорит, альбит) состава, развитые в породах нижнего структурного этажа региона. Они слагают главным образом линзовидные, жильные и шпироподобные тела. Их состав зависит от состава исходных пород, подвергшихся ГМ преобразованиям. Так, по гранитам и гранито-гнейсам развиваются в основном альбитсодержащие кварц-калишпатовые метасоматиты (± хлорит, флогопит), в то время как по кристаллосланцам и плагиосланцам развиваются в основном калишпатсодержащие кварц-альбитовые метасоматиты (± хлорит, флогопит). Фельдшпатолиды (A5) фаций F3 и F4 относятся к высокотемпературным ГМ образованиям, в которых основными породообразующими минералами выступают альбит и ортоклаз при подчиненной роли хлорита. Формирование метасоматитов обусловлено внедрением интрузий мезозойского

Распространенность ГМ-ассоциаций и ГМ-фаций в пределах Лебединского золоторудного узла

ГМ-ассоциация	Индекс ГМ-фаций ¹	Состав ГМ-фаций ²	Распространенность ГМ-ассоциаций ³ , %
A1 Гумбеиты	G3 G4	kfs(ad)+ank+chl+ser(ms)+qtz+/-py,hm,fl,ores ab+ank+chl+py+/-qtz,ms(ser),fl	35
A2 Березиты	B1 B2 B3 B4	qtz+ser+ms+/-hm,cc,py qtz+ser(ms)+ank(cc)+py+/-hm,chl,turm qtz+chl+cc(ank)+ser(ms)+/-turm, ap chl+ank(cc)+ser+qtz+btgreen,ep*, prh	38
A3 Пропилиты	P1 P2 P3	ep+chl+cc+qtz+/-ab,ser act+ep+chl+cc+qtz+/-ab,ser,trem,talk trem+talc+serp+phl+/-cc	17
A4 Скарноиды	S1 S2	px+ep+amf px+skp+ves+grt+/-phl, cc, ep	1
A5 Фельдшпатолиты	F1 F2 F3 F4	qtz+ab(kfs)+/-fl qtz+kfs(ab)+/-fl ab(kfs)+qtz+/-chl kfs(ab)+qtz+/-chl	56

Примечания. 1. Несколько фаций метасоматитов выделяется по количественным соотношениям ведущих и второстепенных минералов. 2. Kfs – калиевый полевой шпат; ad – адуляр; ank – анкерит; qtz – кварц; ab – альбит; chl – хлорит; ms – мусковит; ser – серицит; ep – эпидот; cc – карбонат; hm – гематит; fl – флюорит; ores – рудные минералы; turm – турмалин; ap – апатит; btgreen – биотит; prh – пренит; trem – тремолит; act – актинолит; talc – тальк; serp – серпентин; phl – флогопит; amf – амфибол; skp – скаполит; grt – гранат; px – пироксен; ves – везувиан. 3. Значения распространенности ГМ-ассоциаций даны в процентах от общего количества изученных шлифов по всем скважинам (496 шт.).

возраста в апикальной и внутренней частях, в которых они и развиты.

Вслед за фельдшпатолитами формировались **скарны (A4)** и **пропилиты (A3)** (рис. 4, е, ж, з) в породах как архейско-раннепротерозойского кристаллического фундамента, так и в венд-нижнекембрийских отложениях плитного комплекса. По вещественному составу скарны слагают пироксен-гранат-актинолит эпидот-, скаполитсодержащие тела жильной формы, а пропилитовые новообразования – эпидот-хлорит-кальцит-кварцевые альбитсодержащие жильные и прожилково-вкрапленные обособления.

Пропилиты замещаются **березитовыми (A2) новообразованиями** и служат по отношению к последним внешними зонами общей метасоматической колонки. В вещественном отношении основными породообразующими минералами березитов являются кварц, анкерит, серицит (мусковит) иногда с хлоритом, пиритом и крайне редко биотитом (рис. 4, г, д). Установлено, что именно с березитовыми ГМ образованиями связан основной объем рудной прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации (пирит, халькопирит) двух генераций – собственно березитовой и более поздней, которая имеет явно наложенный характер. В морфологическом отношении березиты формируют как прожилковые и жильные, так и сплошные тела по мезозойским магматическим породам и породам цоколя (граниты и гранито-гнейсы). **Гумбеитовые новообразования (A1)** в пределах Томмот-Эльконской зоны рудоносных разломов носят подчиненный характер и, возможно, являются ранней щелочной стадией процесса березитизации (рис. 4, а, б, в).

Наиболее поздние эпигенетические новообразования, выявленные в ходе проведенных работ, – участки гипергенных изменений прожилково-вкра-

пленной рудной минерализации, входящей в состав **березитов (A2)**. Отмечаются выщелачивание карбоната, замещение пирита гематитом и минералами гидроокислов железа, разложение халькопирита с образованием медистой зелени, а также частичное разрушение зерен кварца.

Стоит выделить кварц-пиритовые жильные гидротермалиты мощностью около 0,5 м. Пирит в них располагается в интерстициях между зернами кварца и образует крупные кристаллы неправильной формы около 2–3 см в поперечнике. Жильные гидротермалиты в работах А. И. Фасталович и И. Р. Петровской (1940) рассматривались как основные рудоносные метасоматиты на территории Лебединского золоторудного узла в зонах повышенной проницаемости горизонтальной ориентировки в доломитах.

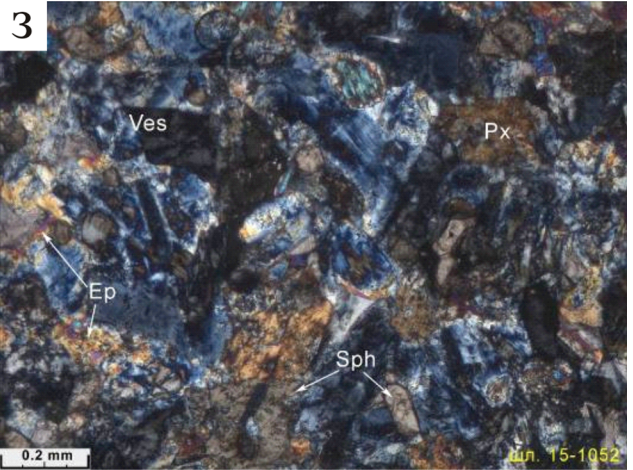
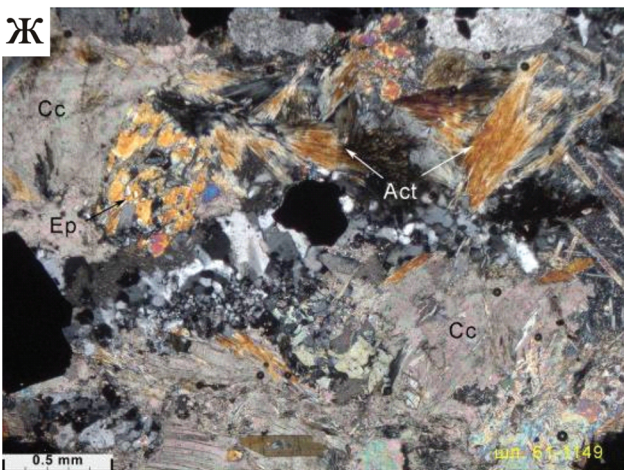
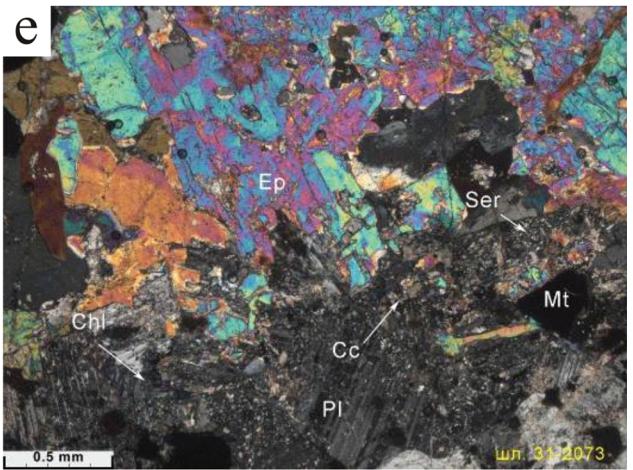
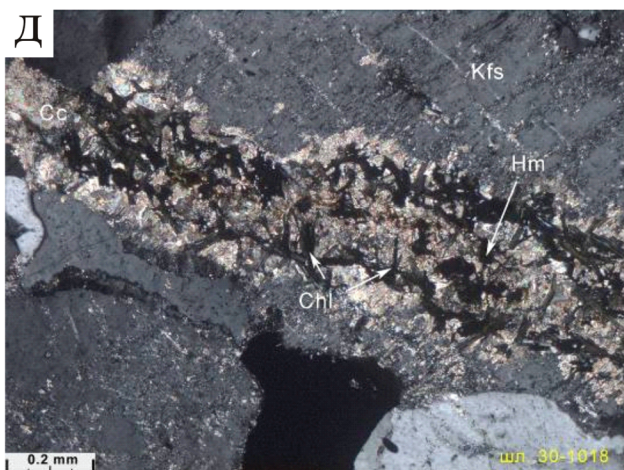
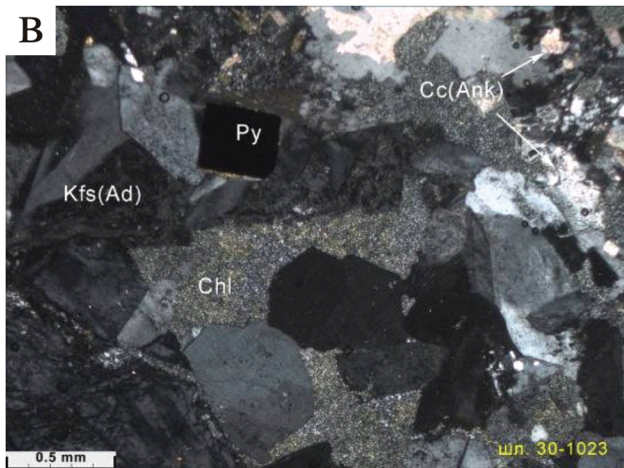
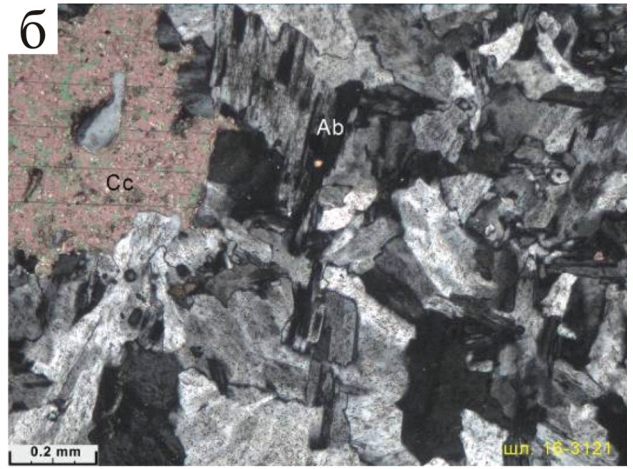
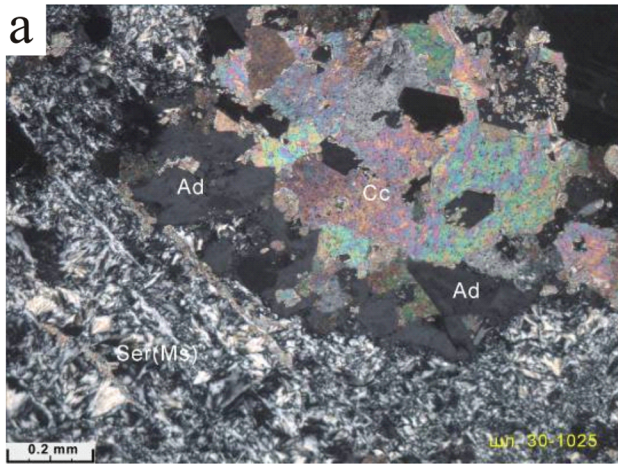
Основные типы оруденения Лебединского золоторудного узла. Выделены три геолого-генетических типа золотого оруденения:

– *жильный (золото-кварц-сульфидный) «лебединский» тип*, локализованный в виде горизонтальных залежей и секущих жильных тел существенно кварц-сульфидного состава. Приурочен к низам карбонатной толщи вендского возраста и в меньшей степени к метаморфитам нижнего структурного этажа;

– *прожилково-вкрапленный и жильно-штоковерковый (золото-редкометалльно-полиметаллический) тип*, локализованный в крутопадающих субмеридиональных разломных структурах кристаллического фундамента;

– *прожилково-вкрапленный (золото-медно-порфировый) тип (гора Рудная)*, локализованный в крутопадающих зонах дробления внутри тел мезозойский интрузий и кристаллического фундамента.

На Колтыкон-Самодумовской и Орто-Сала-Верхнекуранахской поисковых площадях проявлен



**Химический состав золота
из прожилково-вкрапленного оруденения (в мас. %)**

Номер образца	Au	Ag	Fe	Сумма	Пробность, %
3017	82,47	16,55	0,98	100,0	830
3014	82,94	15,05	2,01	100,0	846
3018	81,13	16,35	2,52	100,0	832

Примечание: Химический состав самородного золота проводился в прозрачно-полированных шлифах с нанесенным углеродным напылением на приборе CamScan MV 2300 с энергодисперсионным микроанализатором LINK Pentafet (Oxford Instr.).

второй тип оруденения (прожилково-вкрапленный), локализованный в крутопадающих структурах кристаллического фундамента. Подчиненное положение здесь занимает первый тип оруденения кварцевожильный, образующий вытянутые субгоризонтальные тела. Дальнейшее описание указанных типов оруденения сделано на примере скв. 15, пройденной через сбросовую структуру с амплитудой порядка 50 м, где породы кристаллического фундамента располагаются в пределах лежащего бока, а породы карбонатного чехла в висячем блоке (рис. 5).

Вмещающие породы представлены гранитизированными биотит-афиболовыми плагиогнейсами, биотит-роговообманково-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами и кальцифирами федоровской серии.

Для изучения условий локализации прожилково-вкрапленного и «лебединского» типов оруденения в пределах поисковой площади проведен комплексный петрографо-геохимический анализ всех типов ГМ образований, вскрытых скважинами, пробуренными Алданским филиалом ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология».

При интерпретации полученных данных установлена четкая приуроченность прожилково-вкрапленного (золото-редкометалльно-полиметаллического) типа оруденения к ареалам распространения березитовых (А2) и гумбеитовых (А1) новообразований (рис. 5). С участками интенсивного проявления (более 40–50%) указанных метасоматитов связаны аномально высокие содержания Au, Ag, Cu, Zn, Pb, а также повышенные содержания W, Mo.

Новообразованная минерализация представлена автоморфными и псевдоморфными выделениями серицита, калиевого полевого шпата, карбоната, хлорита и кварца (рис. 4, г, д); гипогенная рудная минерализация – самородным золотом пробностью от 830 до 846 ‰ с содержанием серебра от 15,05 до 16,55 и железа до 2,52 мас. % (табл. 3). Содержание золота по породе в отдельных штучных пробах до 10–20 г/т. Золото тонкодисперсное (упорное) образует тонкую вкрапленность в дефектах пиритовых зерен (рис. 5, в, д). Редкометалльная минерализация (табл. 4) – шеелит, встречается в ассоциации с пиритом и халькопиритом (рис. 5, б, г), обнаружен также в виде мелких включений в кварце.

Интересно, что в работах Ю. А. Билибина и В. Н. Зверева (1930–1935) содержится описание шеелитоносных пород как узкой скарновой зоны у контакта крупного лакколитообразного тела сие-

нит-порфиров (голец Лебединый). Н. В. Петровская (1951) также указывала на связь шеелита с полумолочным кварцем, характерным для жил в архейском фундаменте. Последнее позволило предположить повышенную шеелитоносность благородно-металльных рудопоявлений в древних породах и в более глубоких горизонтах месторождений. Это подтверждают и проведенные нами исследования.

Кроме того, установлено присутствие теллур- и серебросодержащего галенита, висмутита с высоким содержанием меди, серебра, теллура и свинца, галеновисмутита и теллуровисмутита (табл. 4). Эти минералы образуют мелкую вкрапленность в пирите как в его центральных частях, так и на границе с другими минеральными агрегатами (рис. 5, а, ж, з, и, л). Пирит распространен в тесной ассоциации с халькопиритом более позднего этапа формирования. Возможно развитие ванадийсодержащего рутила (V₂O₅ до 1,89%) по более ранним зернам пирита. Одна из характерных особенностей данных рудных образований – присутствие эндогенного гематита, образующего сложные сростки с кварцевыми агрегатами (рис. 5, е).

Впервые обнаружена радиоактивная минерализация (рис. 5, м), представленная торитом (Th 61,31, Fe 6,89, Zr 4,43, Nd 0,96, Si 6,21, O 20,2%) и локализованная в зоне структурно-стратиграфического несогласия платформенного чехла и кристаллического фундамента (пр. 1107).

Гипергенная рудная минерализация представлена рыхлыми, землистыми выделениями лимонита, гетита, гидрогетита и гематита. Гематит и лимонит образуют псевдоморфозы по кубическим кристаллам пирита, а также выполняют цемент брекчиевидных образований с кварцевыми обломками.

Рудная минерализация характеризуется повышенными надфоновыми значениями двух ассоциаций элементов – AuSbAgAs и CuMoBiPbZnMnWBUCd.

По мнению авторов, в пределах Колтыкон-Самодумовского участка следует провести дальнейшие исследования с целью выявления золоторудных месторождений с **прожилково-вкрапленным и жильно-штокверковым (золото-редкометалльно-полиметаллическим) типом оруденения** в крутопадающих разломных структурах кристаллического фундамента.

Золото-медно-порфировый тип оруденения локализован в крутопадающей (до 85°) минерализованной зоне (Рудная-Коллективная) дробления и интенсивной ГМ проработки в пределах горы Рудная.

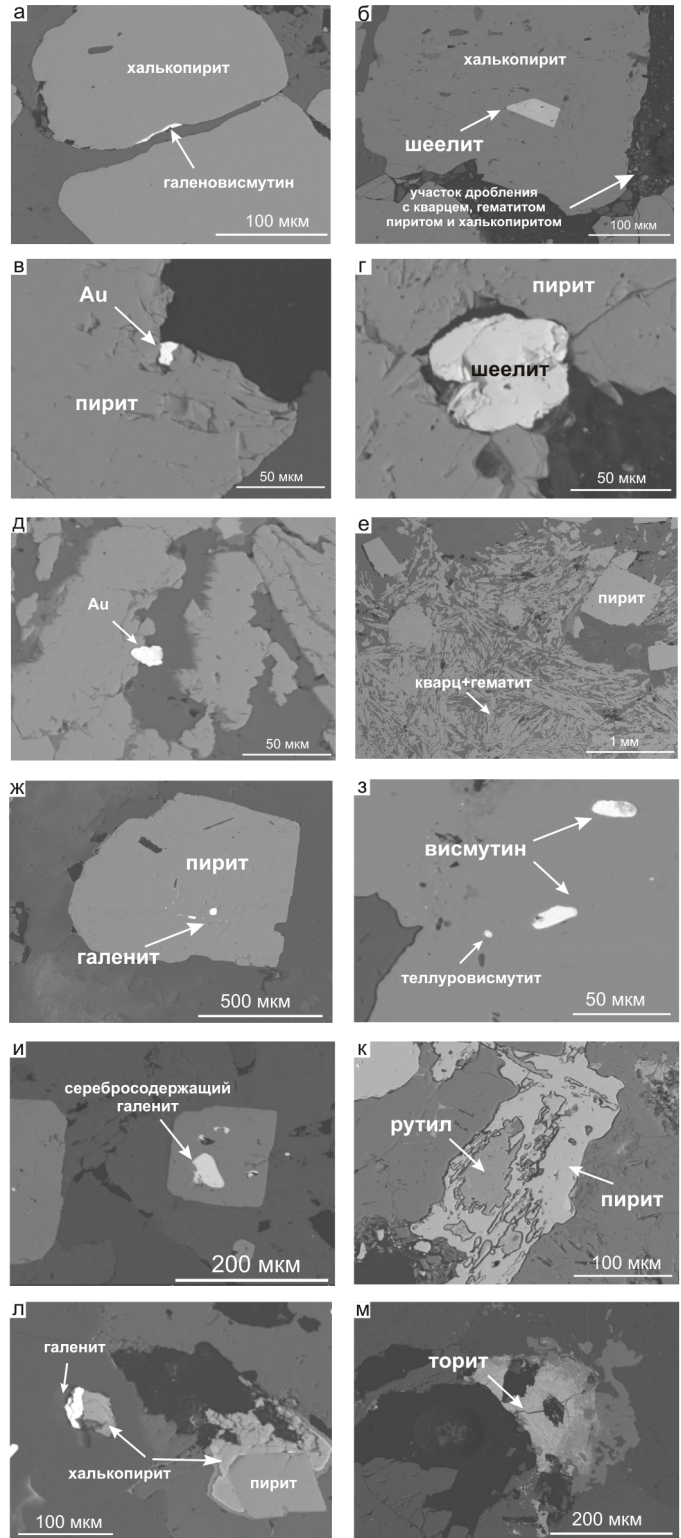
Вмещающие породы – сиенит-порфиры от бежевого до светло-оранжевого цветов. Структура

Рис. 4. Структурно-текстурные особенности и состав ГМ образований Лебединского золоторудного узла

а) калишпат(адуляр)-кальцитовые агрегаты и мелкочешуйчатый серицит (ассоциация А1, фация G3) в гранито-гнейсе; б) кальцит-альбитовые прожилки и ксенобластические агрегаты (ассоциация А1, фации G3 и G4) в гранито-гнейсе; в) калишпат(адуляр)-кварц-хлорит-анкеритовые прожилки (ассоциация А1, фация G3) в гранито-гнейсе; г) интенсивно проявленная березитизация (ассоциация А2, фация В2) в доломите катаклазированном; д) гематит-кальцитовые прожилки (ассоциация А2, фация В3) в биотитовом гранитизированном гнейсе; е) хлорит-кальцит-эпидотовые ксенобластические агрегаты (пропилиты А3, фация Р1) в плагиогнейсе; ж) ксенобластические агрегаты эпидота, кальцита, всеобразный актинолит и прожилки хлорит-кварц-кальцитового состава (ассоциация А3, фация Р2) в плагиогнейсе; з) эпидот-везувиан-пироксеновый скарноид (ассоциация А4, фация S1) по кристаллическим сланцам

Рис. 5. Геолого-генетические типы оруденения, развитые в пределах Колтыкон-Самодумовской и Орто-Сала-Верхнекурахской поисковых площадей на примере скв. 15

а, б, в, г, д, е – рудная минерализация, характерная для прожилково-вкрапленного и жильно-штокверкового (золото-редкометалльно-полиметаллического) типа, локализованного в крутопадающих субмеридиональных разломных структурах кристаллического фундамента; *ж, з, и, к, л, м* – рудная минерализация, характерная для «лебединского» жильного типа (золото-кварц-сульфидного), локализованного в виде горизонтальных залежей и секущих жильных тел преимущественно кварц-сульфидного состава, приурочена к низам карбонатной толщи вендского возраста. Для геологической колонки по скв. 15 одной звездочкой обозначена степень ГМ изменения породы: 1–3 – слабая – умеренная (< 15% новообразований), 4–6 – умеренная – сильная (15–50% новообразований), 7–8 – интенсивная – полная (> 50% новообразований), 9 – полная (> 80%); двумя звездочками показаны значения содержания индикаторных геохимических параметров в единицах фона



мелкозернистая, равномернозернистая. Порфиrowкрапленники обычно светлее основной массы и представлены зональным плагиоклазом либо калиевым полевым шпатом размером не более 1 см. Микроскопически сиенит-порфиры средние и мелкозернистые состоят преимущественно из калишпата таблитчатой и неправильной формы. В качестве второстепенного минерала выступает кварц – интерстициальные ксеноморфные выделения размером от 0,1 до 0,5 см. Порфиробласты калишпата окрашены в бурый цвет, поскольку подверглись пелитизации. Олигоклаз в порфиroidных выделениях идиоморфный.

Для изучения условий локализации золото-медно-порфиrowого оруденения проведен петрографо-геохимический анализ гидротермально измененных пород в скважинах 79 и 219 (пробуренных в пределах зоны Крутая-Коллективная) и канаве № 140, пройденной вкрест простирания перспективной структуры (рис. 6).

Установлено, что для золотого оруденения наиболее четкая связь прослеживается с березитовыми новообразованиями, имеющими жильный характер распространения и наиболее интенсивное проявление в крутопадающих зонах расщепления и дробления внутри мезозойских интрузивных пород.

Березиты (А2) и березитизированные породы представлены кварц-серицит-анкерит-пиритовыми метасоматитами жильной морфологии. Интенсивность проявления березитизации в канаве составляет до 50–60%, а для скважин характерны более низкие значения (до 10–25%), за исключением участков (скв. 79, гл. 13–15,7, 61,2–78 и скв. 219, гл. 85,3–119,8 м), где бурением вскрыты сближенные жильные, прожилковые полнопроявленные крутопадающие тела ГМ образований. Для таких участков наблюдается повышенное содержание рудных элементов, отвечающих данному типу оруденения – Au до 1,6, Ag до 6, Cu до 250 и Pb до 6000 г/т (табл. 5).

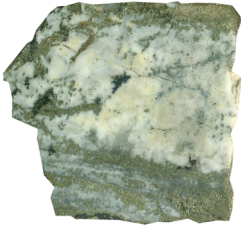
Минеральный состав рудоносных березитов – кварц, серицит, мусковит, гидросерицит, анкерит. Формы выделения новообразованных минеральных агрегатов полиминеральные, автоморфные. Также могут присутствовать зональные прожилки с микрорудитовым внутренним строением.

Гипогенная рудная минерализация представлена первой генерацией самородного золота. Тонкодис-

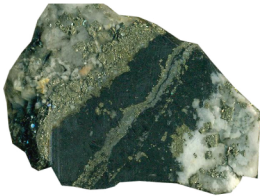
перное золото связано с пиритом и халькопиритом в березитизированных сиенит-порфирах на небольших глубинах (до 20–30 м). Скорее всего его образование связано со множественными интерминерализационными процессами дробления, выщелачивания и переотложения рудного вещества в рудоносных структурах [9]. Кроме того, присутствуют галенит и сфалерит, содержащие Ag.

Гипергенная рудная минерализация выражена второй генерацией самородного золота (рис. 6, *а–д*), образующего комковатые, каплевидные и удлинённые выделения (до 0,2 мм) в при-

Прожилково-вкрапленный и жильно-штокерковый (золото-редкометалльно-полиметаллический) тип оруденения



0 1 2 см



0 1 2 см

Жильный (золото-кварц-сульфидный) «лебединский» тип оруденения

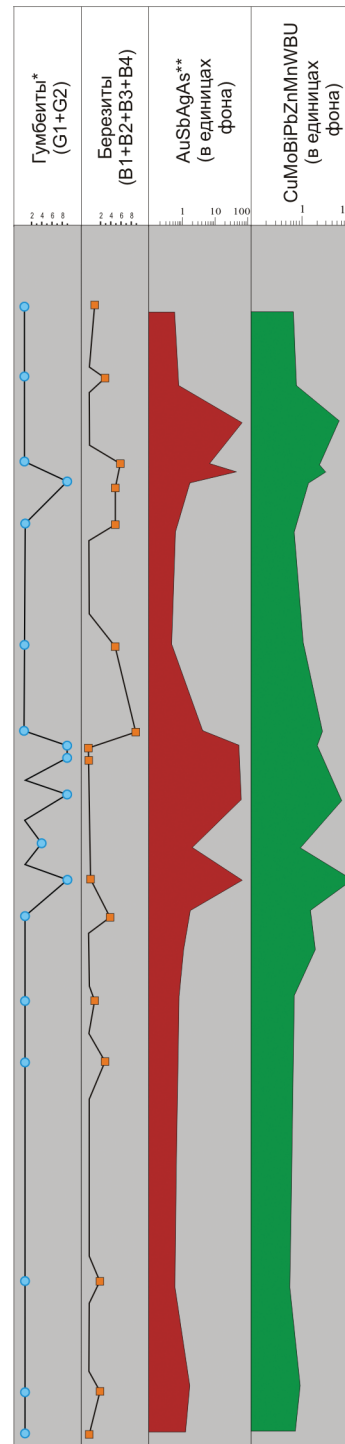
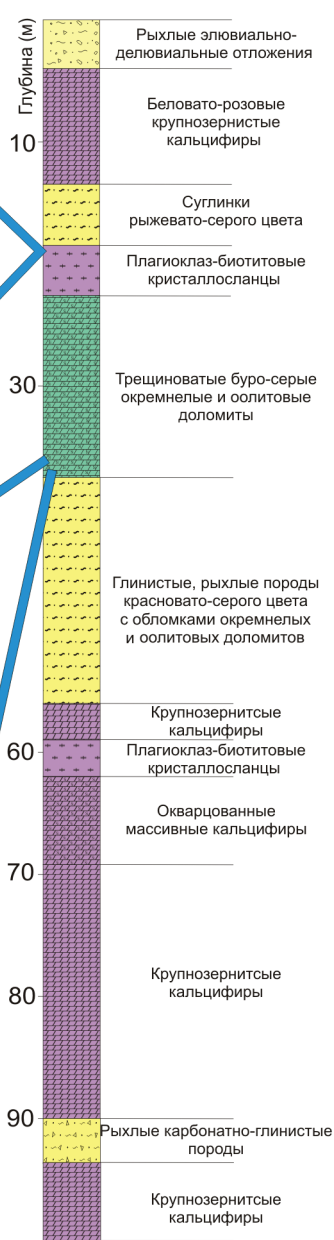


0 1 2 см



0 1 2 см

Геологическая колонка по скв. 15



поверхностной части рудной зоны в гематитизированном пирите.

Золото высокопробное (табл. 6), встречается на контакте зерен кварца и халькопирита, пирита (рис. 6, в-д), замещенных гематитом (с содержанием Си до 1%), гидрогетитом и гетитом в результате вторичных гипергенных процессов, с которыми также связано обогащение первичного золота до крупного высокопробного (841–962 ‰). В отдельных штуфах (MT-153) также обнаружены мелкие выделения церуссита (Pb 74,29, С 5,45, О 20,26%).

Самородное золото второй генерации дает основные промышленные содержания (до 110 г/т) в пределах участка интенсивной ГМ проработки и дробления (канавы № 140). Здесь же наблюдаются аномально высокие содержания меди до 3000, цинка до 200, свинца до 2000 и висмута до 100 г/т.

Рудная минерализация характеризуется повышенными (до 100 ед. фона) надфоновыми значениями двух ассоциаций элементов – AuSbAgAs и CuMoBiPbZnMnWBU.

Предлагается проведение детальных поисковых работ в пределах горы Рудная с целью выявления

**Химический состав* рудной минерализации
из «лебединского» и прожилково-вкрапленного оруденения (в мас. %)**

Номер образца	Bi	Pb	Te	Ag	Cu	S	W	Fe	Cr	Ca	O	Сумма
Шеелит (CaWO₄)												
3017							76,74	0,39		10,95	11,92	100,0
3017							74,02	3,14		10,69	12,15	100,0
3017							74,04	2,07		10,11	13,78	100,0
3014							36,09	51,07		4,85	7,99	100,0
Галенит (PbS)												
1144		89,35				10,65						100,0
1144		88,78				11,22						100,0
1144		85,03	1,41			11,04		2,52				100,0
1144		86,58		2,16		11,27						100,0
1046		78,9				13,25		7,02	0,82			100,0
1046		76,48				14,52		8,37	0,63			100,0
3018		82,44		2,96		14,6						100,0
3018		76,59				17,28		6,14				100,0
Халькопирит (CuFeS₂)												
1144					36,75	34,46		28,79				100,0
1144					35,75	34,09		30,17				100,0
Пирит (FeS₂)												
1144						53,1		46,9				100,0
1046						52,73		47,27				100,0
3017						52,05		47,95				100,0
3014						52,35		47,65				100,0
3014						52,89		47,11				100,0
Висмутин (Bi₂S₃) и галеновисмутин ((PbBi₂)S₄)												
1144	41,33	39,0		1,51	3,75	14,41						100,0
1046	48,8	23,47	0,82	1,95	3,92	14,99		5,27	0,78			100,0
3018	38,17	29,18				12,77		17,65				100,0
3018	51,35	22,63		6,45	1,66	15,23		2,69				100,0
3018	52,04	16,33		5,8	1,42	17,14		7,28				100,0
3018	39,41	30,79				11,87		16,59				100,0
Тетрадимит (Bi₂Te₂S) и теллуrowисмутит (Bi₂Te₃)												
1144	55,8		38,26			4,86		1,08				100,0
1144	56,29		43,71									100,0
1144	57,57		42,43									100,0

* См. прим. к табл. 3.

крупнообъемных золоторудных месторождений с *прожилково-вкрапленным (золото-медно-порфировым) типом*.

Заключение. В результате проведенных петрографо-геохимических исследований выделено пять ГМ ассоциаций эпигенетических минералов – фельдшпатолиты (A5), скарны (A4), пропициты (A3), березиты (A2), гумбеиты (A1).

Установлено, что основными рудоносными ГМ образованиями являются **березиты (A2) и гумбеиты (A1)**, с которыми связаны три различных геолого-генетических типа золотого оруденения:

– *жильный (золото-кварц-сульфидный) «лебединский»*. В минеральном отношении он соответствует пирит-анкеритовым, пирит-кварцевым, полисуль-

фидным, пирит-гематитовым, пирит-магнетит-пирротиновым типам;

– *прожилково-вкрапленный и жильно-штокверковый (золото-редкометалльно-полиметаллический)*, локализованный в крутопадающих субмеридиональных разломных структурах кристаллического фундамента;

– *прожилково-вкрапленный (золото-медно-порфировый) (гора Рудная)*, локализованный в крутопадающих зонах дробления внутри тел мезозойских интрузий и кристаллического фундамента.

Два последних типа наиболее перспективны для выявления новых, в том числе крупнообъемных месторождений золотого и золото-медно-порфирового оруденения в пределах горы Рудная и Колтыкон-Самодумовского участка.

Образец МТ-152 из канавы №140
Au = 152 г/т

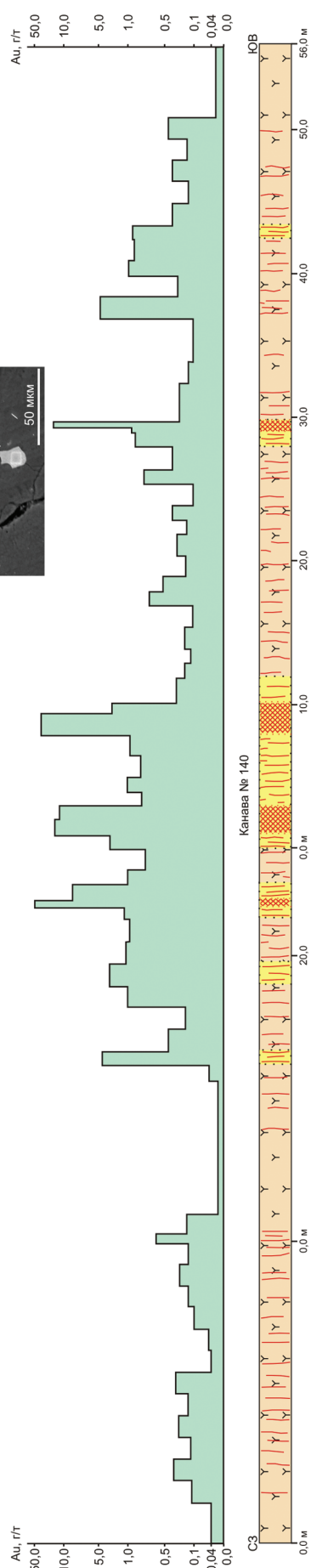
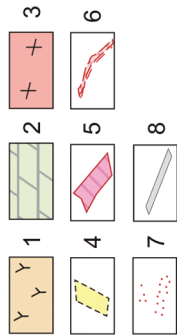
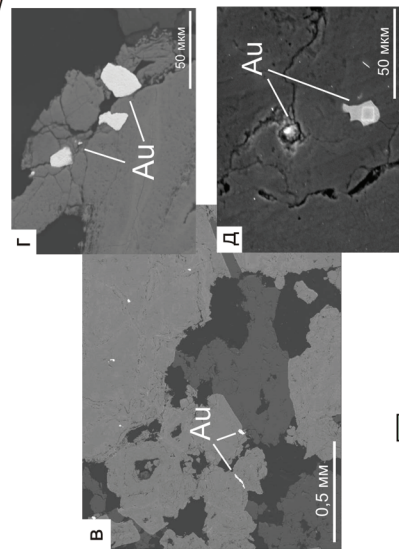
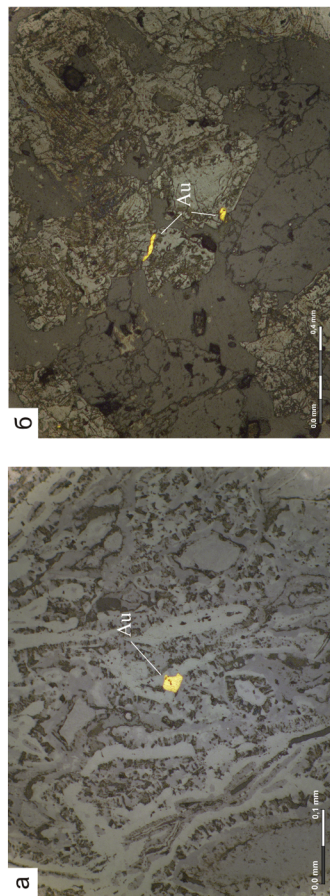
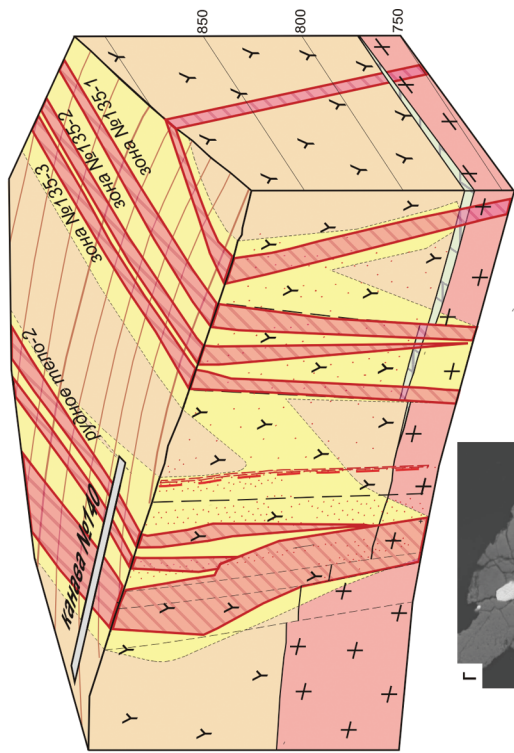
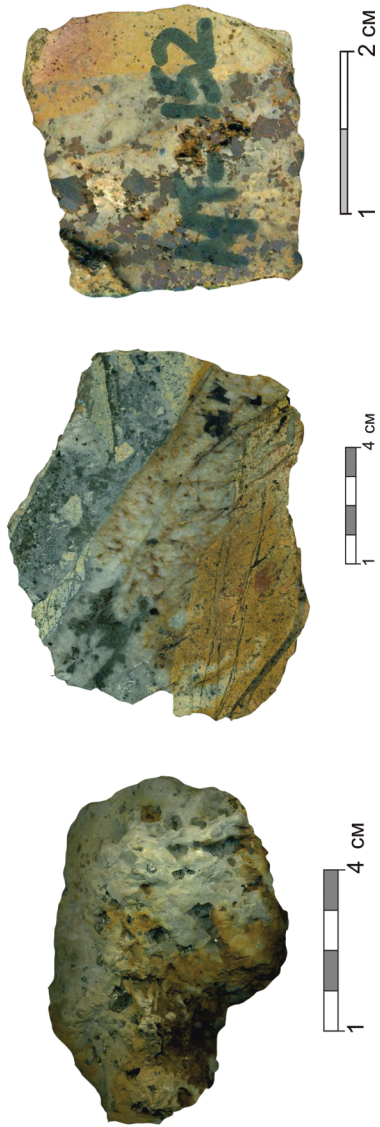


Рис. 6. Геолого-генетический тип оруденения, развитый в пределах горы Рудная (использованы данные Адланского филиала ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология»)
Морфология рудных, геологическое строение и характер распространения рудоносных метасоматитов участка горы Рудная: 1 – роговообманковые сиенит-порфиры; 2 – доломиты, известняки; 3 – граниты; 4 – рудоносные метасоматиты (березиты А2 и гумбеиты А1); 5 – рудные тела; 6 – шпирит-кварцевые жилы; 7 – зоны интенсивно березитизированных пород; 8 – проекция разведочной канавы № 140; 1 – роговообманковые сиенит-порфиры, 2 – зоны интенсивной березитизации (А1), 3 – полнопрокрашенные рудоносные метасоматиты (березиты А2 и гумбеиты А1), 4 – рудные тела. Образцы с прожилково-вкрапленным (золото-медно-порфировый) типом оруденения: а, б – фото шлифов; в, г, д – данные микрозонда

Таблица 5

**Характер распределения рудных элементов
в березитизированных сиенит-порфирах (гора Рудная)**

Глубина, м	Проба	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
<i>Скважина 79</i>						
2,1	1201	0,012	0,02	5	12	30
13,0	1202	1,6	6	40	250	50
15,0	1203	0,3	0,15	30	30	30
15,7	1204	0,75	0,5	20	60	40
19,0	1205	0,0038	0,02	5	25	30
23,2	1206	0,0059	0,12	30	10	50
32,3	1207	0,0053	0,03	5	12	40
46,3	1208	0,002	0,02	8	10	15
51,0	1209	0,098	0,4	20	50	10
53,5	1210	0,021	0,5	30	100	20
56,5	1211	0,0026	0,02	3	10	20
58,5	1212	0,15	1	8	20	30
61,15	1213	0,1	0,15	25	1000	10
78,0	1214	0,1	0,4	20	500	200
81,6	1215	0,002	0,02	6	12	20
96,7	1216	0,0049	0,1	10	60	20
105,4	1217	0,002	0,02	5	15	10
121,8	1218	0,014	0,04	2	20	10
127,5	1219	0,002	0,02	3	12	15
<i>Скважина 219</i>						
20,0	4023	0,002	0,02	2	12	10
33,5	4024	0,002	0,02	3	12	15
48,0	4025	0,002	0,03	5	15	10
79,0	4026	0,21	2	50	200	10
85,3	4027	0,033	5	50	300	10
100,8	4028	0,015	0,02	3	10	10
119,5	4029	0,058	0,5	250	6000	10
129,2	4030	0,0082	0,02	20	15	30
137,0	4031	0,002	0,02	10	15	50

Примечание: Цветом выделены участки интенсивного (более 35–40%) проявления рудоносной березитовой ассоциации. Аналитические исследования проводились в ЦАЛ ВСЕГЕИ: для золота методом атомной абсорбции (полное кислотное вскрытие), а остальных элементов методом индуктивно-связанной плазмы и масс-спектрометрии (ISP MS).

Определены основной (AuSbAgAs) и вспомогательный (CuMoBiPbZnMnWBU) геохимические поисковые критерии для золоторудных объектов региона.

Рекомендована постановка детальных поисковых работ для наиболее перспективного участка – гора Рудная.

1. *Бойцов В.Е., Верчеба А.А., Пилипенко Г.Н., Жданов А.В.* Металлогенетическое районирование Центрально-Алданского рудного района Республики Саха (Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 5. – С. 23–32.

Молчанов Анатолий Васильевич – доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>.

Терехов Артем Валерьевич – кандидат геол.-минер. наук, науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Artem_Terekhov@vsegei.ru>.

Шатов Виталий Витальевич – кандидат геол.-минер. наук, зам. ген. директора по науке, ВСЕГЕИ.

<Vitaly_Shatov@vsegei.ru>.

Белова Валентина Николаевна – ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Valentina_Belova@vsegei.ru>.

Радьков Александр Владимирович – вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Alexander_Radkov@vsegei.ru>.

Соловьев Олег Леонидович – вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Oleg_Soloviev@vsegei.ru>.

Степунина Мария Анатольевна – инженер I кат., ВСЕГЕИ. <Maria_Kurochkina@vsegei.ru>.

Таблица 6

Химический состав * золота (в мас. %) золото-медно-порфиروهого оруденения (гора Рудная)

Номер образца	Au	Ag	Fe	Сумма	Пробность, %
MT-152	90,27	8,39	1,33	100,0	915
MT-152	87,32	10,19	2,48	100,0	895
MT-152	85,68	14,32		100,0	857
MT-152	92,08	6,89	1,03	100,0	930
MT-152	94,48	4,29	1,23	100,0	957
MT-152	94,50	3,71	1,8	100,0	962
MT-152	87,29	11,51	1,21	100,0	884
MT-152	88,83	7,85	3,32	100,0	919
MT-153	85,05	14,95		100,0	851
MT-153	84,08	15,92		100,0	841
MT-152	90,93	7,36	1,71	100,0	925
MT-152	84,99	15,01		100,0	850
MT-152	84,46	13,54		100,0	862
MT-152	85,76	13,85	0,39	100,0	861

* См. прим. к табл. 3.

2. *Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М.* Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных м-ний. 2002. Т. 44. № 1. – С. 467–500.

3. *Воробьев К. А., Шумбасова Г.А.* Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. второе. Серия Алданская. Лист О-52-ХVIII. – СПб.: ГУГГП «Алдангеология», 2002.

4. *Дук В.Л., Милькевич Р.И., Другова Г.М.* Докембрийская геология СССР. – Л.: Наука, 1988. – С. 222–261.

5. *Искандерова А.Д., Неймарк Л.А., Слупицкий Ю.А.* и др. Новые данные по расчленению Алданского докембрия // Геохронология Восточной Сибири и Дальнего Востока. – М., 1980.

6. *Казанский В.И., Максимов Е.П.* Геологическая позиция и история формирования Эльконского урановорудного района (Алданский шит, Россия) // Геология рудных м-ний. 2000. Т. 42. № 4. – С. 212–230.

7. *Ковач В.П., Котов А.Б., Березкин В.И.* и др. Возрастные границы формирования высокометаморфизованных супракрупных комплексов центральной части Алданского шита: Sm-Nd изотопные данные // Стратиграфия, геологическая корреляция. 1999. Т. 7. № 1. – С. 3–17.

8. *Парфенов Л.М., Кузьмин М.И.* Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 571 с.

9. *Петровская Н.В.* Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 347 с.

10. *Плющев Е.В., Шатов В.В.* Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1985. – 247 с.

11. *Плющев Е.В., Ушаков О.П., Шатов В.В., Беляев Г.М.* Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. – Л.: Недра, 1981. – 262 с.