

**МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕРЕЗИТОВОГО
ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВЕРХНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)**

Показано, что в рудных телах Березитового золото-полиметаллического месторождения совмещены одновременные минеральные ассоциации. Включения самородного золота и теллуридов Au и Ag отмечены во всех минеральных парагенезисах. Установлена общая направленность процесса отложения золота от самородного высокопробного до развития теллуридов золота. Результаты минералого-геохимического исследования позволяют предположить, что гидротермальная ремобилизация вещества происходила в зоне тектоно-магматической активизации.

Ключевые слова: месторождение, рудные минералы, геохимическая аномалия, сульфиды, теллуриды, самородное золото.

**MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF BEREZITOVOYE
GOLD-POLIMETALLIC DEPOSIT (URRER PRIAMURUYE)**

It is shown that there non-contemporaneous mineral associations are combined in the ore-bodies of the Berezitovoe gold-polymetallic deposit. Inclusions of native gold and Au- and Ag-tellurides are registered in all mineral parageneses. The general tendency for a process of gold deposition is established from native high-standard gold up to the development of Au- tellurides. The results of mineralogical-geochemical investigations allow assuming that the hydrothermal substance remobilization was proceeding in zone of tectonic-magmatic activation.

Keywords: deposit, ore minerals, geochemical anomaly, sulfides, tellurides, native gold.

Введение

Березитовое золото-полиметаллическое месторождение открыто в 1932 г. при отработке россыпного золота в междуречье рек Хайкта и Большой Ольдой. Месторождение залегает в южной краевой части Могочинского выступа Западного Становика и находится на пересечении субширотной Сергачинской и ССЗ Хайктинско-Лопчинской зон разломов [3]. Образование месторождения увязывается с заключительным этапом формирования амуджиканского комплекса субщелочных гранитоидов [2]. С этим же комплексом ряд исследователей связывает становление месторождений Дарасун, Теремки, Талатуй, контролируемых Дарасунско-Балейским глубинным разломом [12]. Рудное поле Березитового месторождения металлогенически входит в состав Южно-Тукурингского золотоносного пояса площадью около 70 км², ограниченного с юга одноименным разломом [1]. В геологическом строении рудного поля участвуют рифейские роговообманковые кристаллосланцы и гнейсы могочинской серии, раннепротерозойские метаморфизованные габбро, габбро-анортозиты, нерасчлененные гранитоиды нижнетриасовые субвулканические образования десовского комплекса от базальтов до трахириолитов, позднеюрские дайки гранодиорит- и гранит-порфиров СЗ простирания [6, 7].

Результаты последних геохронологических исследований указывают на мезозойский возраст небольших тел и даек субщелочных порфировидных гранитоидов, абсолютные величины которых соответствуют 132-128 млн. лет [8]. Возраст формирования рудных метасоматитов месторождения, определенный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом по серициту, сопоставим с возрастом субщелочных гранитоидов и колеблется в пределах 133-127 млн. лет [16].

Рудная минерализация приурочена к гранитоидам и концентрируется в эксплозивных рудных телах мезозойского возраста, преимущественно ССЗ, реже СВ простираний. Первые совпадают по направлению с дайками гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров, сформировавшихся в заключительную фазу Хайктинского комплекса; вторые – с дайками диорит-порфиров и спессартитов, выделенных К.Д. Вахтоминым (1981) как самостоятельный раннемеловой комплекс. Максимальная мощность эксплозивных тел 100-160 м, протяженность – до 1000 м, сложены они обломками вмещающих их гранитоидов и габбро. Контакты тел четкие, резкие, неровные и осложнены апофизами, породы интенсивно замещены турмалин-гранат-хлорит-карбонат-серицит-кварцевыми метасоматитами. Промышленное золото-полиметаллическое оруденение наиболее изучено в эксплозивной метасоматической зоне №1. Всего на рудном поле разведано около 10 метасоматических зон: Константиновская, Южная, Фланговая, Береговая, № 2, № 13, № 13 Б, участки Диоритовый и Трудный. В пределах Южной рудной зоны широко проявлены дайки диоритовых порфиритов, андезитов и трахириолитов. Простирание первых субмеридиональное, остальных – субширотное и северо-западное.

Минеральный состав эксплуатируемого рудного тела № 1 изучался геологами Н.Н. Лисовым (1936), Н.И. Шамбуровым (1963), В.А. Ваненко (1977), А.К. Иванищенко (1982), и сотрудниками ДВО РАН – Б.Л. Залищак (1978), А.С. Вах и др. [4]. По их данным, распространенными рудными минералами месторождения являются: галенит, сфалерит, пирит, пирротин, марказит. Второстепенными – магнетит, халькопирит, арсенопирит, ильменит, самородное золото. Редко встречаются станнин, шеелит, теннантит, молибденит, гематит, халькозин, самородный висмут, буланжерит, джемсонит, менегинит, сурьмянистый бурсаит-козалит, иорданит. Анализ мономинеральных фракций пирита и халькопирита из золотоносных метасоматитов зоны № 1 показал повышенное содержание Pt 0.56 – 14.1 г/т, Pd 0.016 – 0.101г/т, Ru 0.081 – 0.675 г/т [10]. Минеральные формы платиноидов не установлены.

Результаты исследования

Исследовались минералого-геохимические особенности зоны № 1, вскрытой карьером в вертикальном диапазоне 200 м по образцам, отобраным авторами из балансовых и забалансовых руд, околорудных метасоматитов. Минераграфические и петрографические исследования проведены на поляризационном оптическом микроскопе AxioPlan-2, оптико-минералогические – Stemi 2000-C. Диагностика микровключений и химические анализы минералов выполнены в ДВГИ ДВО РАН на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8100 с энергодисперсионным спектрометром INCA; ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV со спектрометром фирмы OXFORD. Исследования поверхности образца проводились во вторичных электронах (SE) и в отраженных (BE, COMPO). Выполнено 1500 элементоопределений и получены энергодисперсные спектры по каждой точке исследования. Элементный анализ сложной для оптической диагностики поверхности образца выполнен в отраженных электронах. Геохимическая оценка проводилась программами «Surfer» и «Gold Digger», с неоднократной «доводкой» вариантов карт и разрезов геохимических аномалий. Предварительная база данных в виде матрицы создавалась в программах «Access» и «Mapinfo».

В результате минералогического исследования руд Березитового месторождения установлено, что рудная минерализация образует ориентированно-прожилковую и рассеянную вкрапленность в

гранат-слюдисто-кварцевых и серицит-хлорит-кварцевых метасоматитах, гнездовую и тонко рассеянную – в гидротермальных жилах кварцевого, кварц-карбонатного составов. Рудные минералы в зоне № 1 составляют менее 10%, на отдельных участках рудного тела достигают 45% (таблица).

Среднее содержание минералов полисульфидных руд

Минералы	Т 8	Т 47	Т 1	Т 74	Т 18А	Т 18	Т 56	Среднее
Магнетит	0,1	ед. зн.	зн.	26	6,5	0,9	0,5	4,9
Гидрогетит	0,02	-	0,1	-	-	-	1	0,2
Турмалин	ед. зн.	-	зн.	0,1	ед. зн.	зн.	-	0,01
Скрап	зн.	0,1	зн.	-	-	зн.	0,02	0,02
Гематит	-	ед. зн.	-	-	-	-	-	ед. зн.
Пирит	16	0,1	16,3	10	5,7	24,5	27,4	14,3
Галенит	0,7	0,2	14	11,5	2,6	2,6	ед. зн	4,6
Сфалерит	5,4	ед. зн.	36	46,4	32,3	28,2	0,04	21,2
Полевой шпат	-	ед. зн.	ед. зн.	зн.	ед. зн.	8,1	зн.	1,2
Гранат	-	0,01	8	2	3,8	2,2	0,3	2,3
Серицит	-	1,2	-	-	-	-	-	0,2
Слюда	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1	зн.	зн.	0,06
Карбонаты	-	6,1	-	-	-	-	-	0,9
Кварц	77	92	25,6	3,8	49	33,3	70,7	50,2
Амфибол	ед. зн.	-	-	-	-	-	ед. зн.	ед. зн
Циркон	-	-	зн.	ед. зн	0,02	зн.	ед. зн.	0,003
Арсенопирит	ед. зн.	-	-	-	-	0,1	-	0,01
Апатит	-	-	-	ед. зн.	-	зн.	зн.	ед. зн.
Графит	-	-	-	-	ед. зн.	-	-	ед. зн.
Обломки пород	-	0,3	-	-	-	-	0,1	0,05
Эпидот	-	-	-	-	-	-	зн.	зн.
Халькопирит	-	-	-	-	-	зн.	-	зн.
Золото в сростках с кварцем	-	7 зн.	-	-	-	-	-	ед. зн.
Золото свободное	-	38 зн.	-	-	-	зн.	ед. зн.	зн.

Примечание: оптико-минералогический анализ выполнен в ИГиП ДВО РАН Е.Н. Воропаевой, Л.О. Козак, С.Г. Некрасовой; ед. зн ≤10 зерен, зн. ≥ 10 – 100 зерен.

Среди рудных минералов преобладают сфалерит, пирит, магнетит, галенит и на верхних горизонтах – марказит, гель-пирит; реже отмечаются пирротин, халькопирит, арсенопирит, гематит, блеклая руда и Au-Ag сплавы. Микровключения размером ≤0,005 мм диагностированы РЭМ-методами. Установлены: теллурувисмутит (Bi_2Te_3), жозеит-В ($\text{Bi}_{4+1}\text{Te}_{2-1}\text{S}$), гессит (Ag_2Te), петцит (Ag_2AuTe_2), твердый раствор $(\text{Ag,Au})_2\text{Te}$, матильдит (AgBiS_2) [15]. В серицит-хлорит-карбонатно-кварцевом метасоматите выявлены редкоземельные минералы ортит, монацит. Теллуриды висмута и благородных металлов отмечены в бананцах и в забалансовых рудах зоны № 1.

Текстурно-структурные взаимоотношения сообщества минералов в рудах позволили определить стадии минерализации, парагенетические минеральные ассоциации в них и последовательность выделения:

- гематит-магнетит-пирротин-пиритI-кварцевая;
- сфалерит-халькопирит-галенит-пиритII-марказит-кварцевая (полисульфидная);
- висмут-золото-серебро-теллуридно-блеклорудная-хлорит-карбонат-кварцевая.

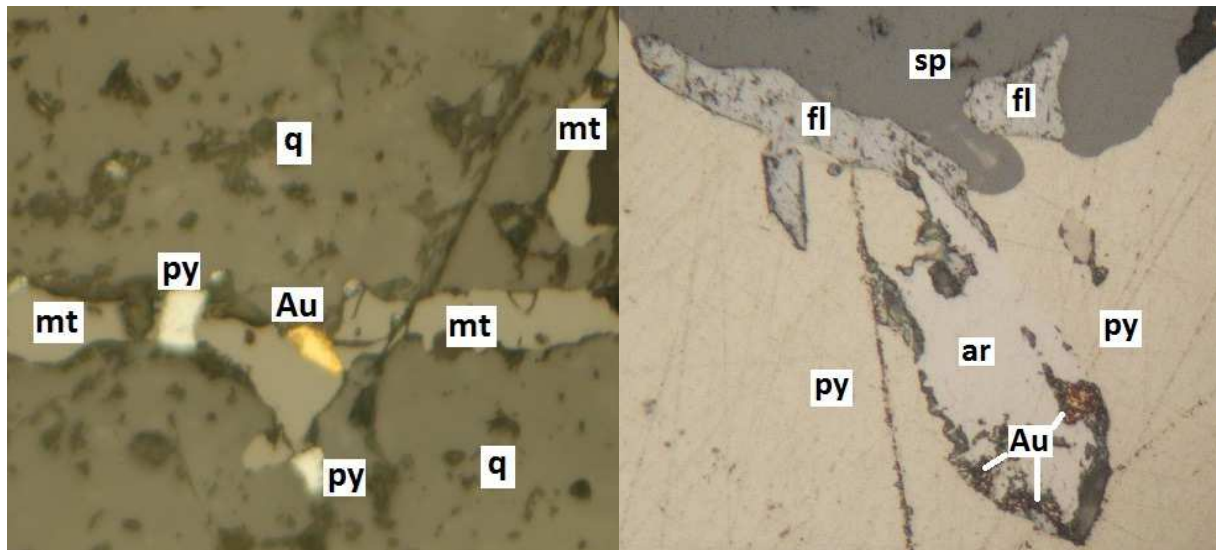
Наиболее ранние гематит-магнетит-пирротин-пиритI-кварцевые прожилки развиты в зальбандах более поздних полисульфидных руд. В пирит-магнетитовых микропрожилках на контакте с кварцем отмечены единичные округлые, овальные и ксеноморфные выделения золота <0,005мм (рис. 1 а). Несколько позже образовалась сфалерит-халькопирит-галенит-пиритII-марказит-кварцевая (полисульфидная) ассоциация по основной ССЗ системе трещиноватости пород и перпендикулярно распо-

ложенным к ним трещинам отрыва. Рудные минералы в ней интенсивно корродируются последующими низкотемпературными минералами. Здесь золото тесно ассоциирует с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пирит-II-марказитом, арсенопиритом (рис. 1 б).

а) б)

Рис. 1. Морфология самородного золота в сульфидах (Au):

а) в микропрожилках пирит (py)-магнетита (mt) по кварцу (q). Аншлиф, увел. 500; б) в межзерновом пространстве



арсенопирит(ar)-пирита (py) с прерывистой каймой блеклой руды (fl) по сфалериту (spl). Аншлиф, увел. 1000.

Висмут-золото-серебро-теллуридная с блеклой рудой ассоциация наложена на ранние рудные минеральные комплексы, которые замещаются поздними серицит-хлорит-карбонат-кварцевыми агрегатами с образованием раскрошенных структур. Самородное золото образует округлые, овальные, проволочные и ксеноморфные выделения в микропрожилках и межзерновом пространстве кварца, серицита, хлорита (рис. 2 а, б, в).

Наиболее крупные выделения золота отмечены в массивной крупнокристаллической руде пирит-галенит-сфалеритового состава зоны № 1 и в СЗ зоне Береговой (рис. 3 а, б).

Впервые теллуриды Ni, Pb, Au, Ag были установлены автором в зоне Фланговой СВ до субширотного простирания, расположенной юго-западнее основного рудного тела № 1 [13, 14]. Позднее в зоне метасоматитов на СВ Березитового рудного поля также обнаружены теллуриды Bi, Ag, Au [5]. Более ранними образованиями среди теллуридов эндогенных руд являются теллуриды висмута и никеля, в последующих процессах рудообразования они сменяются теллуридами золота и серебра, а наиболее поздние представлены теллуридами серебра [17]. Смена минералообразования от ранних парагенезисов теллуридов к поздним указывает на длительность формирования рудного процесса и увеличивает перспективы месторождения. Подобная ассоциация теллуридов (Bi, Pb, Au, Ag с отсутствием Ni) выявлена на крупном месторождении Дарасун, входящего в одну рудно-магматическую систему с Березитовым [12].

Геохимическая оценка Березитового рудного поля проводилась по первичным ореолам, выявленным при опробовании коренных пород поверхностных горных выработок и буровых скважин, пунктирной бороздой методом полуколичественного спектрального анализа на 16 элементов способом просыпки: Ag, As, Bi, Co, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V, W, Zn. Для оценки статистических параметров распределения элементов был изучен эталонный объект Березитового рудного поля – зона № 1.

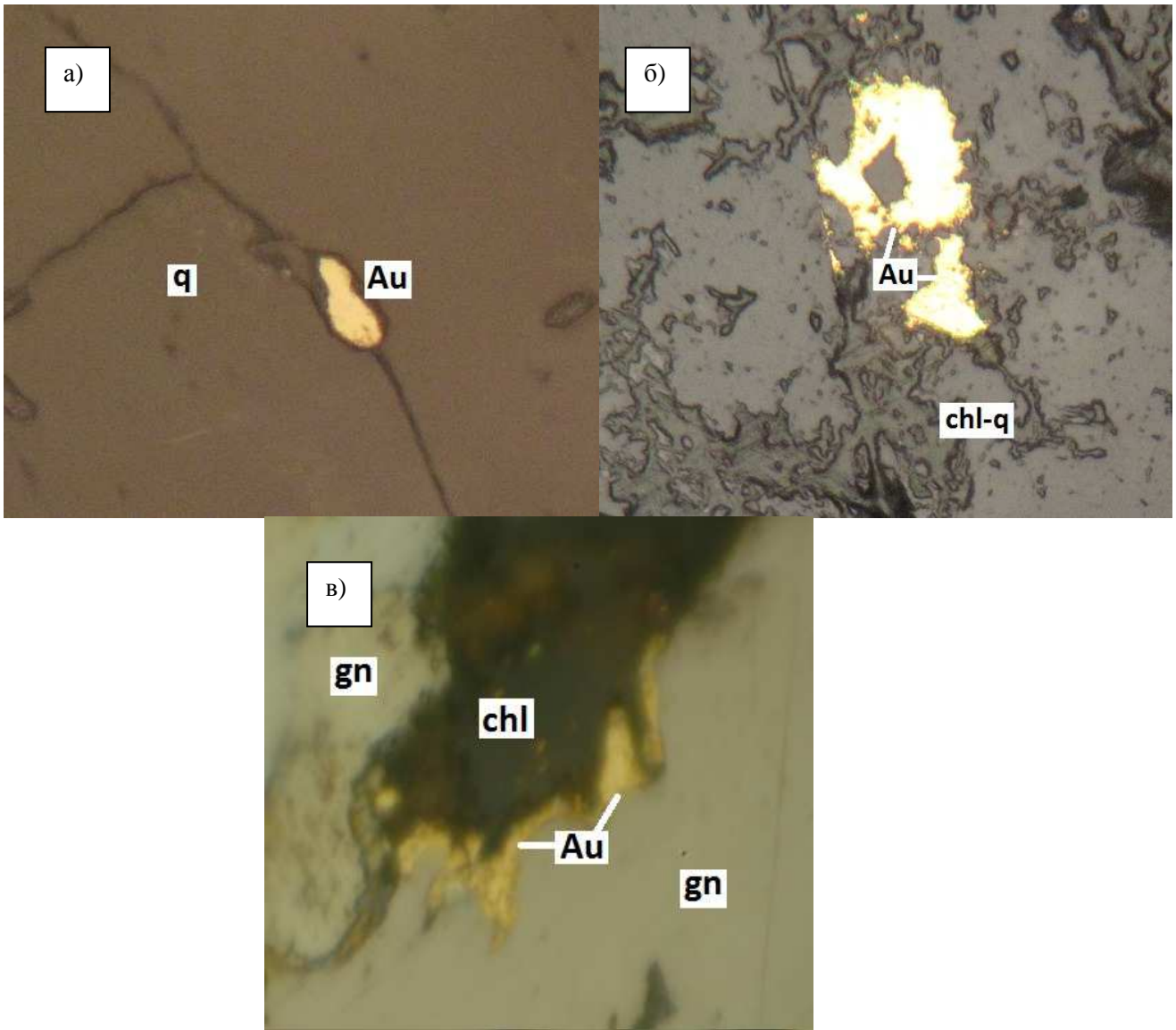


Рис. 2. Характер выделения самородного золота в жильных минералах (Au): а) в микропрожилках по кварцу (q); б) хлорит (chl)-кварцевому(q) агрегату; в) на границе хлорита (chl) – галенита (gn). Аншлиф, увел. 1000.

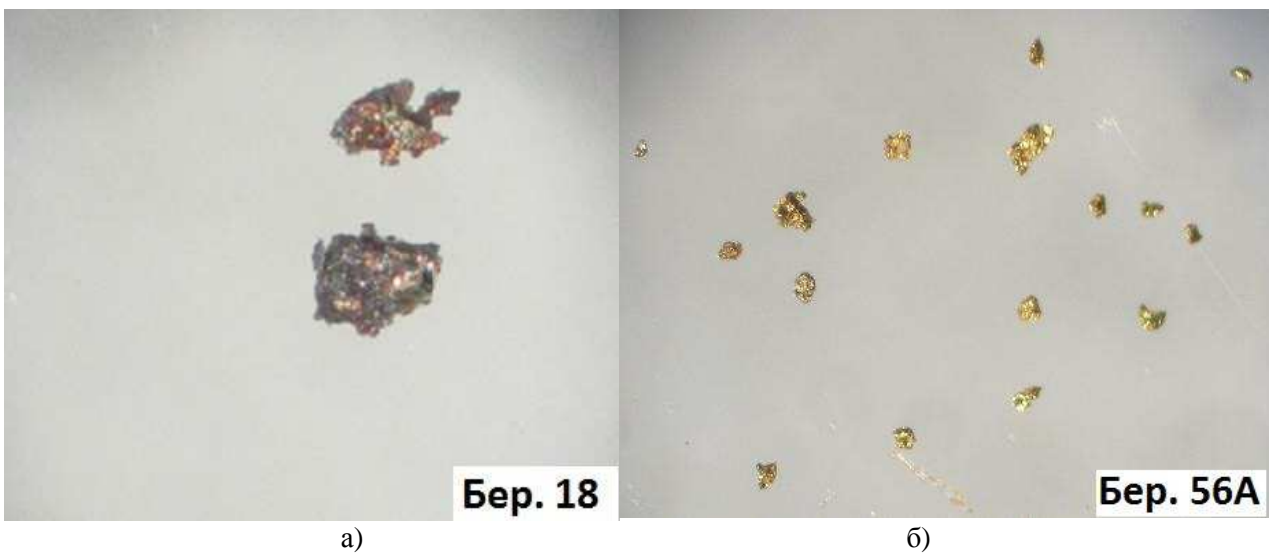
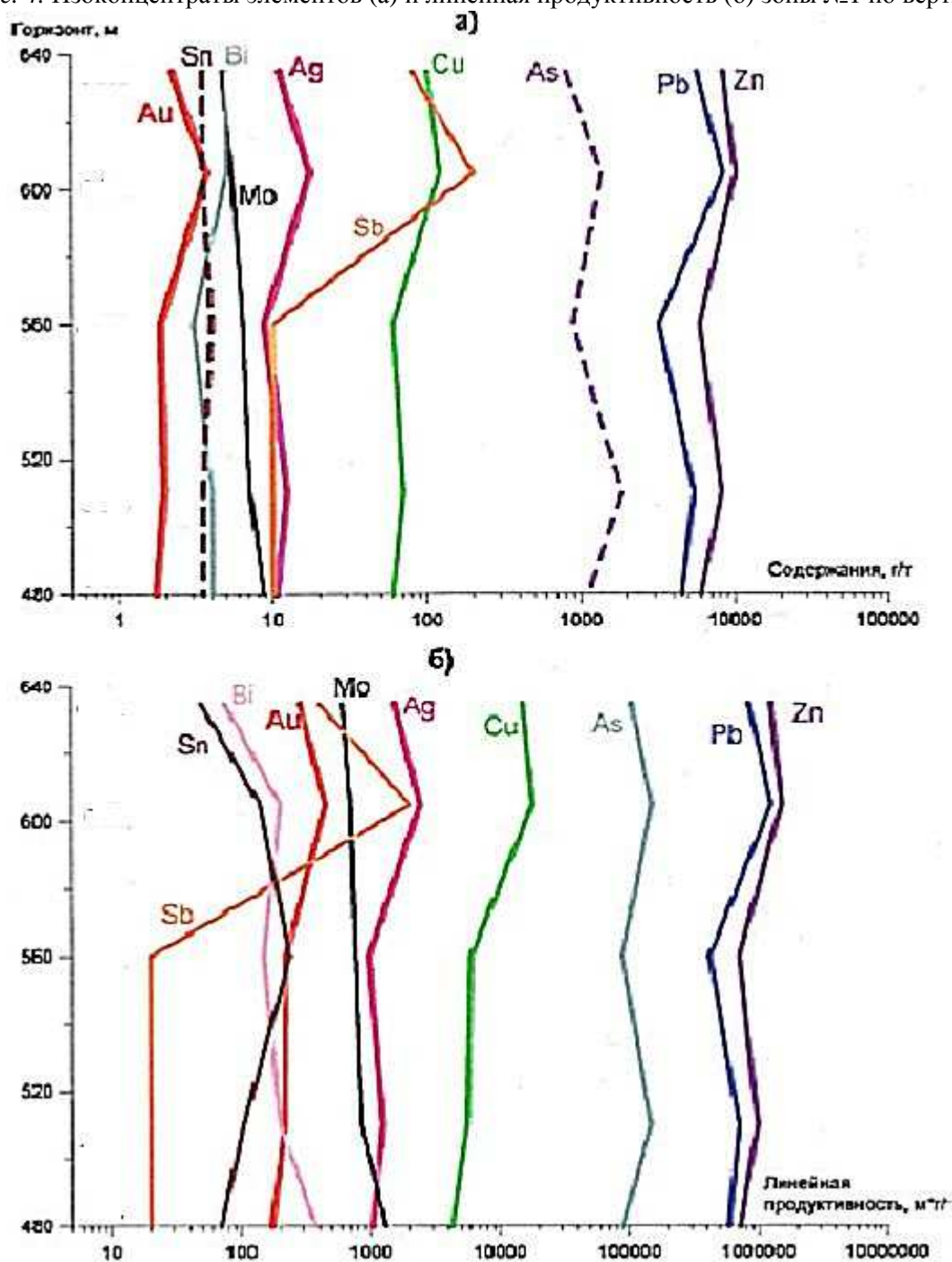


Рис. 3. Морфология «видимого» золота: а) на верхних горизонтах зоны № 1, увел. 100, б) зоны Береговая (канавка 1058), увел. 100. Биноклярная лупа.

Рассмотрена вертикальная зональность концентрации и линейной продуктивности элементов по первичным ореолам зоны № 1 (рис. 4).

Рис. 4. Изоконцентраты элементов (а) и линейная продуктивность (б) зоны №1 по вертикали.



Установлено, что ближе к поверхности незначительно возрастает концентрация Au, Ag, Pb, Zn, Cu и на порядок увеличивается Sb, аналогично линейной продуктивности. Увеличение содержания Sb к поверхности указывает на изменение физико-химических условий рудообразования от преобладания высоко-хлоридных растворов Au-Ag комплексов нижних горизонтов до близко нейтральных слабощелочных низко хлоридно-сульфидных растворов вверх по разрезу рудной зоны [11]. Концентрация Bi, Mo, Sn в вертикальном диапазоне не изменяется, а линейная продуктивность их несколько уменьшается к поверхности. Содержание As и его линейная продуктивность сопоставимы на нижнем и верхнем горизонтах и демонстрирует волнообразный характер изменения.

Незначительные вариации концентрации большинства элементов в вертикальном диапазоне указывают на положительную динамику оруденения зоны № 1 глубиной. Рассчитан геохимический спектр: $Pb_{70.8}Au_{46}Ag_{40}Zn_{38.6}As_{12}Sb_7Cu_{4.1}Mo_{3.3}(Bi,Sn)_{1.5} - (Co,Cr)_{0.7}V_{0.67}Ti_{0.55}$. На основе разработанных благоприятных геохимических признаков производились интерпретация и прогнозная геохимическая оценка выявленных аномальных участков. Контрастная геохимическая аномалия отмечена по скважине 913 (зона Фланговая), в которой последующими минералогическими исследованиями подтверждена продуктивная золоторудная минерализация (рис. 5).

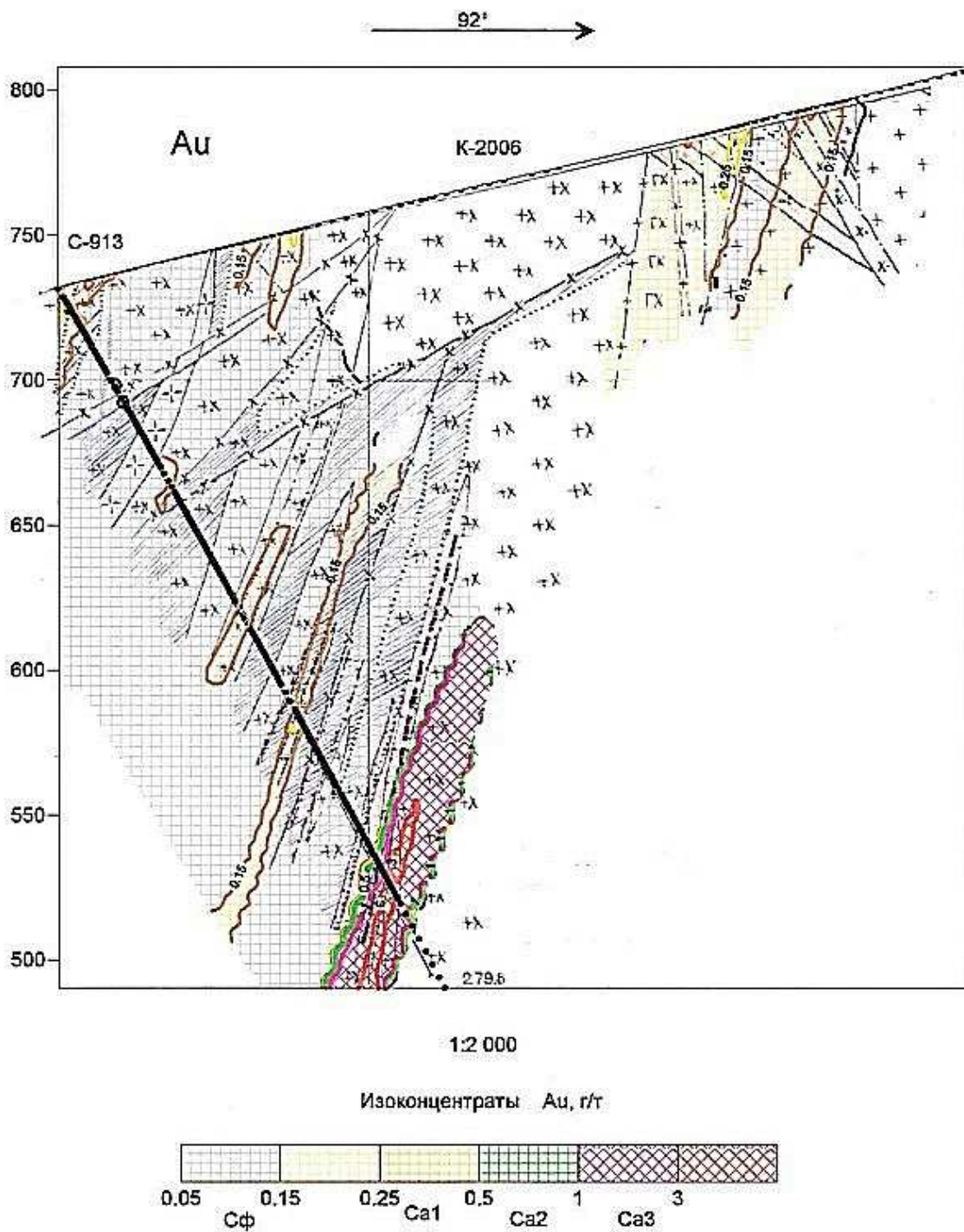


Рис. 5. Первичные ореолы Au по скважине 913 (Фланговая рудная зона).

Выявлен перспективный рудоносный участок в пределах сближенных рудных зон Береговая, Южная, которые можно считать единой минерагенической структурой и вероятным продолжением структуры зоны № 1.

Таким образом, исследованы последовательность и стадийность процесса минералообразования Березитового месторождения. Показано, что в рудных телах совмещены разновременные стадии оруденения. В раннюю стадию образовались вкрапленные руды гематит–магнетит–пирротинового состава, в следующую – полисульфидные минеральные агрегаты, в заключительную – золото-серебро-теллуридный микропарагенезис.

Характер выделения и взаимоотношения самородного золота с сульфидными и жильными минералами в рудах зон: № 1, Фланговая и Береговая идентичен. Микровключения самородного золота отмечены во всех разновременных минеральных ассоциациях: в ранних пирит-магнетитовых микропрожилках и продуктах позднего рудного процесса совместно с серебром и теллуrom. Факт существования разнотемпературных минеральных ассоциаций в рудных телах месторождения указывает на длительность формирования рудной колонны, а следовательно, и на масштабы оруденения.

Самородное золото и теллуриды благородных металлов, никеля, свинца и висмута развиты в метасоматических рудных телах ССЗ, СЗ, СВ направлений, что указывает на общую направленность процесса рудоотложения золота от высокопробного до развития теллуридов золота на площади Березитового рудного поля при многостадийном процессе периодической циркуляции флюидов в обстановках динамических подвижек тектонических путей рудообразующих гидротерм. Что подтверждает ранее высказанное предположение о нескольких стадиях отложения золота в рудной зоне № 1.

Интерпретация и оценка геохимических аномалий, закономерных связей параметров месторождения (тектоники, минерального состава и др.) и первичных ореолов рассеяния позволили выявить геохимические критерии прогноза перспективного участка зон Южная-Береговая, что увеличивает позитивные прогнозы оруденения на месторождении.

На основании изучения минералого-геохимических особенностей месторождения можно говорить о локализации руд Березитового рудного поля в разнообразных структурных условиях и в широком диапазоне температур – от мезотермальных до эпитеpmальных, что позволяет сделать вывод о гидротермальных процессах рудообразования, происходящих в зоне тектоно-магматической активизации.

Перспективными на благороднометальную минерализацию в пределах Березитового месторождения, вероятно, надо считать не только эксплозивные метасоматические зоны субмеридианального и северо-западного простираний, но и северо-восточного направления. Это определяется, по нашему мнению, минералого-геохимическими особенностями и структурной позицией рудного поля, расположенного в клиновидном блоке между рудоконтролирующим глубинным ССЗ разломом, трассируемым под рыхлыми отложениями р. Хайкта, и его оперяющим СВ сколовым нарушением вдоль русла р. Большой Ольдой.

1. Атлас основных золотороссыпных месторождений юга Дальнего Востока и их горно-геологические модели / отв. исполнители А.П. Сорокин, А.П. Ван-Ван-Е. – Хабаровск: Изд-во «Ангар», 2000. – 327 с.

2. Берзина, А.П., Сотников, В.И. Магматические центры с Cu-Mo-порфировым оруденением Центрально-Азиатского подвижного пояса (на примере Сибири и Монголии) // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40 (II). – С. – 1605-1618.

3. Васильев, И.А., Капанин, В.П., Ковтонюк, Г.П., Мельников, В.Д., Лужнов, В.Л., Данилов, А.П., Сорокин, А.П. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск: Зея, 2000. – 168 с.

4. Вах, А.С., Степанов, В.А., Авченко, О.В. Березитовое золото-полиметаллическое месторождение: геологическое строение и состав руд // Руды и металлы. – 2008. – № 6 – С. 44-55.

5. Вах, А.С., Гвоздев, В. И., Авченко, О.В., Горячев, Н.А., Карабцов, А.А., Можаров, О.В. Минералогия золото-висмут-теллуридных руд Березитового месторождения Верхнего Приамурья // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Сборник докладов второй Всероссийской научной конференции 15-16 октября 2012 г., Благовещенск. – Благовещенск, 2012. – С. 83-86.

6. Козак, З.П., Вахтомин, К.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200000. Изд. 2-е. Становая серия. N-51-XV (Уруша). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000а.

7. Козак, З.П., Вахтомин, К.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200000. Изд. 2-е. Становая серия. N-51-XVI (Тахтамыгда). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006.
8. Ларин, А.М., Сорокин, А.А., Котов, А.Б., Сальникова, Е.Б., Великославинская, С.Д., Бучко, И.В. Корреляция возрастных рубежей мезозойского магматизма северного и южного обрамлений восточного фланга Монголо-Охотского складчатого пояса // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания. – Иркутск, 2005. – Т. 2. – С. 19-22.
9. Лихачев, А.П. Общая закономерность размещения месторождений золота по глубинным геофизическим данным // Отечественная геология. – 2012 – № 6. – С. 13-29.
10. Мельников, А.В., Сорокин, А.А., Пономарчук, В.А., Травин, А.В., Сорокин, А.П. Золото-полиметаллическое месторождение Березитовое (Восточная Сибирь): основные минералогические особенности, возраст и связь с магматизмом // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 3. – С. 258-265.
11. Павлова, Г.Г., Бортников, А.А. Физико-химические факторы формирования Au-As, Au-Sb и Ag-Sb месторождений // Геология рудных месторождений. – 2008 – Т. 50б, № 6. – С. 499-506.
12. Прокофьев, В.Ю., Бакшеев, И.А., Зорина, Л.Д., Белявский, Б.В., Бортников, Н.С. Первая оценка возраста золотых руд месторождения Дарасун (Восточное Забайкалье) Sm-Nd методом // Доклады РАН. – 2006. – Т. 409, № 5. – С. 673-676.
13. Рогулина, Л.И., Воропаева, Е.Н., Карабцов, А.А. Теллуридно-никелевая минерализация Березитового золото-полиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье) // Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья: Материалы Всероссийской научно-практической конференции 10-12 ноября 2010. – Улан-Удэ: ЭКОС, 2010. – С. 144-147.
14. Рогулина, Л.И., Молчанова, Г.Б. Благороднометалльная и никелевая теллуридная минерализация Березитового золоторудного поля (Верхнее Приамурье, Россия) // Зап. РМО. – 2011 – № 1 – С. 90-100.
15. Рогулина, Л.И., Анисимова, Г.С., Воропаева, Е.Н. Висмутовая и благороднометалльная теллуридная минерализация Березитового золото-полиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции 29-30 марта 2012. – Якутск: ИД СВФУ. – 2012. – Т. II. – С. 123-126.
16. Сорокин, А.А., Мельников, А.В., Пономарчук, В.А., Травин, А.В., Сорокин, А.П. Возраст и связь с магматизмом золото-полиметаллического месторождения Березитовое западной части Селенго-Станового супертеррейна // Доклады РАН. – 2008. – Т. 421, № 1. – С. 86-89.
17. Спиридонов, Э.М., Плетнев, П.А. Месторождение медистого золота Золотая Гора (О «золото-родингитовой» формации) – М.: Научный мир, 2002. – 202 с.