

МИНЕРАЛОГИЯ СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РУД СКАРНОВОГО ШЕЕЛИТ-СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДОННОГО (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

В.И. Гвоздев¹, Д.Г. Федосеев¹, А.В. Гуриков², С.И. Садкин², Б.И. Семеняк¹, В.В. Раткин³

¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: gvozdev@fegi.ru; fedoseev@fegi.ru

²ООО ГП «Таежная экспедиция» ул. Рощина, 47, с. Рощино, Красноармейский район, Приморский край; e-mail: agurikov@yandex.ru

³ФГБУН Институт геологии рудных месторождений РАН, Старомонетный пер. 35, г. Москва, 119017; e-mail: ratkin@yandex.ru

Поступила в редакцию 10 июня 2013 г.

По керну буровых скважин изучены руды скарнового шеелит-сульфидного месторождения Кордонного, расположенного в Малиновском рудном узле Приморского края. Рассмотрена минералогия двух типов сульфидных руд, характеризующих вольфрамовую и олово-полиметаллическую минерализации, которые сопровождаются разными ассоциациями сульфосолей – Pb-Bi и Ag-Pb-Bi, соответственно. Приведено краткое описание редких минералов (гунгаррит, виттит, лиллианит, викингит и др.), показаны их взаимоотношения и охарактеризованы типоморфные особенности. Обсуждаются вопросы генезиса руд и дается их сравнение с минерализацией эталонных объектов региона.

Ключевые слова: скарны, минералогия, вольфрамовые месторождения, генезис, Приморский край.

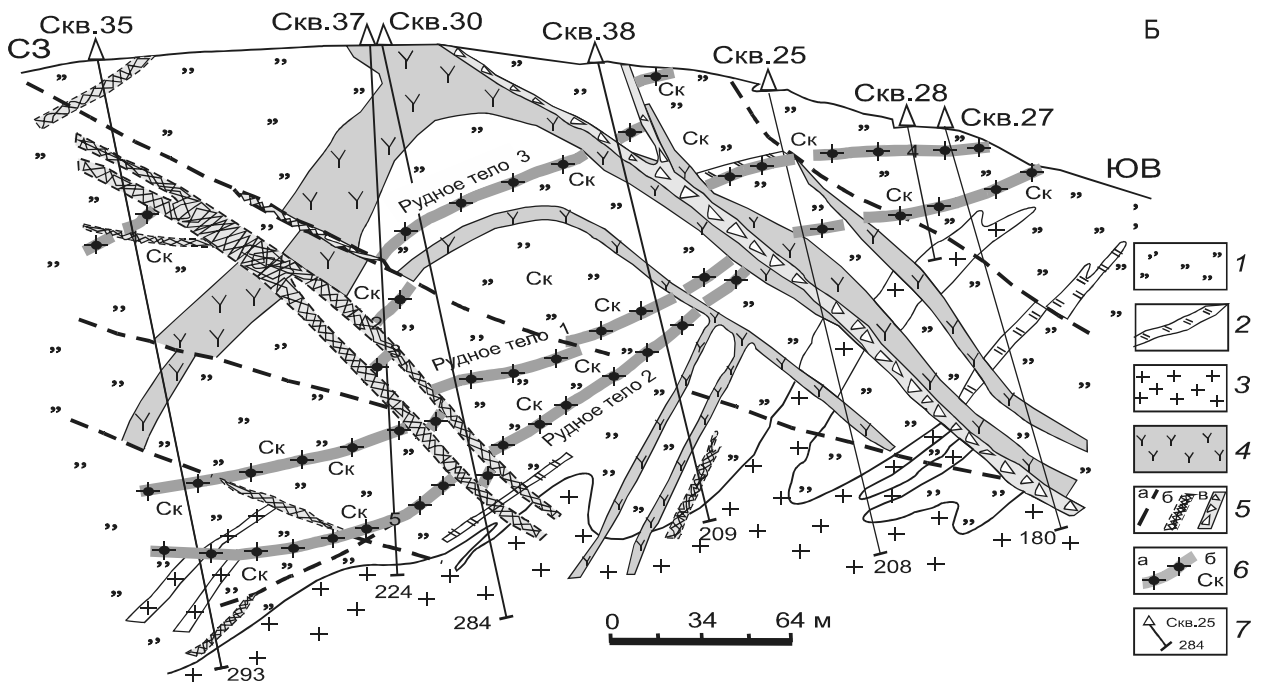
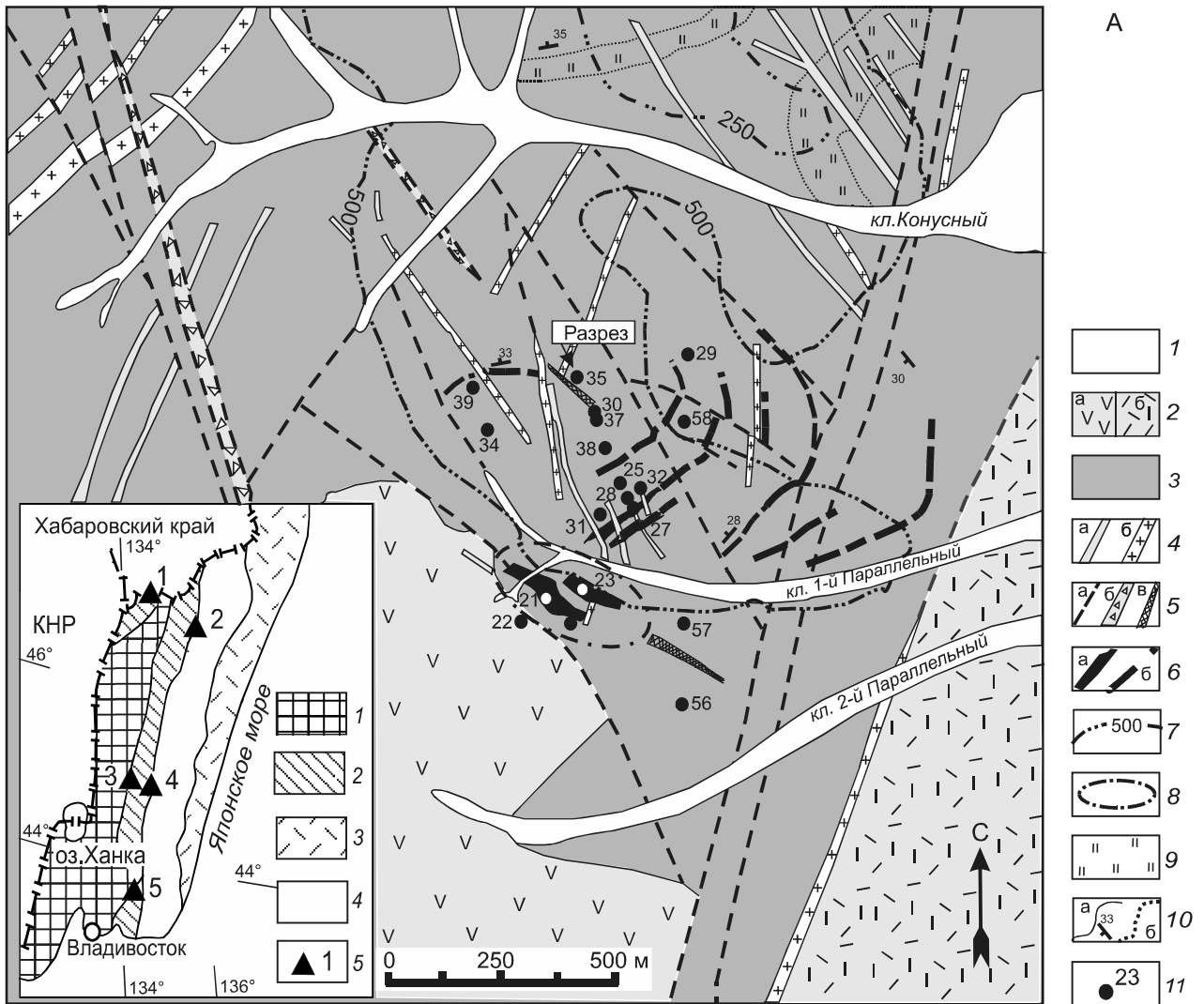
ВВЕДЕНИЕ

Руды скарновых шеелит-сульфидных месторождений Приморского региона (Лермонтовское, Восток-2, Скрытое) являются комплексными и содержат Cu, Bi, Au, Ag и другие элементы [4–6, 11, 14, 15, 18]. К этому же типу относится месторождение Кордонное, состав руд которого и минералогия сопутствующих элементов плохо изучены.

Авторами по керну буровых скважин, образцам и пробам из горных выработок (канавы, расчистки) выполнено детальное изучение минерального состава метасоматических пород и руд месторождения. Состав редких минералов был заверен анализами на рентгено-спектральном микроанализаторе GEOL JXA-8100 с ЭДС производства Oxford Instruments, а их качественная диагностика осуществлялась на сканирующем электронном микроскопе EVO-50XVP с системой INCA Energy 350 производства Oxford Instruments. Это позволило открыть ряд новых для месторождения минералов: сульфосолей лиллианит-густавитовой серии, сульфидов и сульфотеллуридов висмута, самородное золото и др., а также охарактеризовать их возрастные взаимоотношения и условия нахождения.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ

Скарновое шеелит-сульфидное месторождение Кордонное – один из перспективных вольфрамовых объектов Малиновского рудного узла (Приморский край), в котором известно крупное по запасам WO₃ месторождение Скрытое и ряд рудопроявлений (Легкое, ключа Александра и др.). Сведения о геолого-структурной позиции, геологическом строении рудного узла и месторождения с разной степенью детальности приведены в работах разных авторов [1, 3, 6–8, 19, 24; Кораблинов и др., 1985 г.; Лосив и др., 1985 г.; Гуриков и др., 2012 г.]. По их данным (рис. 1), в геологическом строении района и месторождения принимают участие породы олистостромовой толщи (матрикс – алевролиты, песчаники, сланцы, туфопесчаники, вулканогенные породы юрского возраста; олистолиты – блоки, пластины карбонатно-кремнистых пород пермского возраста) Самаркинской аккреционной призмы. Вольфрамовая минерализация пространственно ассоциирует с гранитоидами второй фазы (111–98 млн лет) Татибинского комплекса [12, 26], возраст которого в Малиновском рудном узле, по данным А.А. Аленичевой с соавторами (U-Pb и Rb-



Sm методы изотопного датирования), составляет 92.5–104 млн лет [1].

На площади месторождения Кордонного (рис. 1 А) магматические образования имеют подчиненное распространение. Они представлены преимущественно вулканогенными породами среднего состава (дорофеевская свита; кампан–маастрихт) позднемелового–палеогенового возраста (Приморская серия) и нескрытым эрозией штоком измененных (грейзенизированных) гранитов предположительно раннемелового возраста (Татибинский комплекс).

Рудные тела на месторождении (рис. 1 Б) представляют собой горизонты (блоки, пластины, линзы) полого залегающих (до 35°) ороговикованных и скарнированных карбонатно-кремнистых пород, протяженность которых достигает нескольких сот метров, при мощности от менее 0.5 до более 2 м. Они формировались в результате последовательно сменявших друг друга во времени процессов стадий минерализации: 1 – роговиков, 2 – скарнов, 3 – полевошпатовых метасоматитов, 4 – грейзенов, 5 – сульфидных руд. В составе руд предварительно выделены вольфрамовые и олово-полиметаллические. Причем, вольфрамовые и олово-полиметаллические руды часто пространственно ассоциируют с разными (по минеральному составу и типоморфным особенностям минералов) скарнами [7] и грейзенами, которые, вероятно, следует связывать с разными временными этапами рудообразования. Наиболее продуктивными на вольфрамовую (концентрации шеелита более 2–3 %; распределен по массе рудных тел крайне неравномерно) и олово-полиметаллическую (концентрации касситерита от менее 0.01 до 1 %) являются участки пересечения горизонтов

скарнированных пород с прожилками (мощностью до 2 см) полевошпат-кварцевого, турмалин-кварцевого и сульфидно-кварцевого состава [3, 5]. В минеральном составе прожилков и сопровождающих их околожильных метасоматитах преобладают кварц, хлорит, амфибол, эпидот, слюды, полевые шпаты, карбонат; менее распространены апатит, турмалин и др. Количество сульфидов (преобладают пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит; менее распространены галенит, сфалерит, станин, молибденит и др.) в прожилках и рудных зонах часто превышает 30 %, что позволяет относить изученное месторождение к сульфидному типу. Комплексность руд месторождения Кордонного определяется постоянным присутствием в них значимого количества Cu, Bi, Pb, Ag, реже – Te, Au, Mo, Sn, Ni, Co (присутствие в рудах халькопирита, висмутовых минералов, касситерита, кобальтина, касситерита и др.); к числу вредных примесей относятся Fe, As и P.

АССОЦИИ И МИНЕРАЛОГИЯ СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РУД

По элементному составу сульфидные руды изученного месторождения можно разделить на два геохимических типа W-P-Fe-As-Cu-Pb-Bi и Sn-B-Fe-As-Cu-Pb-Zn-Ni-Co-Ag-Pb-Bi, которые различаются как по минеральному составу, так и по типоморфным признакам минералов. Первый геохимический тип характеризует вольфрамовые руды (преобладают пироксеновые скарны с наложенным халькопирит-пирротинным оруденением; кварцевые прожилки с шеелитом, апатитом, арсенопиритом и др.) и сопровождается ассоциацией сложных Pb-Bi сульфосолей. Второй геохимический тип характеризует оловянно-

Рис. 1. Схематическая геологическая карта (А) и разрез (Б) месторождения Кордонного (по материалам П.В. Кораблинова и др., 1985 г. с добавлениями А.В. Гурикова и С.И. Садкина).

А: 1 – четвертичные отложения (галечники, пески, суглинки и др.); 2 – вулканический комплекс (K_2-P_1vk): андезиты, андезибазальты (а), риолиты, дациты, кластолавы дацитов (б), их туфы и туффиты; 3 – вулканогенно-сланцевая толща (J_1vs_2), средняя подтолща: филлиты, кварциты, известняки, вулканогенно-осадочные породы среднего и основного состава, базальты; 4 – дайки (K_2-P_1vk ?) среднего (а) и кислого (б) состава; 5 – разрывные нарушения: разломы (а), зоны брекчирования (б), зоны повышенной трещиноватости (в); 6 – скарново-рудные тела: установленные (а), предполагаемые (б); 7 – изолинии глубины залегания массива гранитов по данным ВЭЗ и ВП; 8 – контуры штокверкового тела; 9 – горизонты кремнистых пород; 10 – геологические границы и углы их падения (а), фациальные границы (б); 11 – буровые скважины и их номер.

На врезке (фрагмент схемы террейнов Сихотэ-Алинского орогенного пояса и прилегающих территорий, по В.В. Голозубову [8] и А.И. Ханчуку с соавторами [25]): 1 – Ханкайско-Бурейский кристаллический массив и его обрамление, 2 – Самаркинская аккреционная призма (турбидит-олистостромовая), 3 – Прибрежный вулканический пояс, 4 – осадки турбидитового бассейна и прилежащих к нему островных дуг, 5 – скарновые месторождения шеелита (1 – Лермонтовское, 2 – Восток-2, 3 – Скрытое, 4 – Кордонное, 5 – Беневское).

Б: 1 – ороговикованные породы (алевролиты, сланцы, вулканы среднего состава); 2 – пластины кремнистых пород; 3 – грейзенизированные граниты; 4 – дайки основного состава (диабазовые и диориновые порфириты); 5 – разрывные нарушения: а – разломы, б – зоны трещиноватости, в – зоны брекчирования; б – рудные тела (а) и скарнированные породы (б); 7 – буровые скважины, их номер и глубина.

полиметаллические руды (кварцевые прожилки с касситеритом, турмалином пиритом, сфалеритом, галенитом и др.; в андрадитовых скарнах) и сопровождается ассоциацией Ag-Pb-Bi сульфосолей.

Ассоциация Pb-Bi сульфосолей преобладает на месторождении и пространственно тяготеет к участкам руд с халькопиритом и пирротинном, образовавшимся по пироксеновым скарнам, вдоль полевошпат-кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков с шеелитом. В составе таких руд, кроме пирротина и халькопирита, часто присутствует арсенопирит, редко – сфалерит и галенит. В химическом составе халькопирита и арсенопирита (табл. 1, ан. 1–5) значимого количества примесей не установлено; в сфалеритах (табл. 1, ан. 16–19) – 5.36–7.66 мас. % Fe и 0.76–1.28 мас. % Cd; в галенитах (табл. 1, ан. 13) – до 6.20 мас. % Bi и до 0.95 мас. % Ag. Иногда в галенитах этой ассоциации встречаются участки (качественные анализы), где соотношение висмута и серебра близко к 1:1 (распад твердого раствора матильдита). Висмутовые минералы образуют тесные сростания с халькопиритом (рис. 2 А), арсенопиритом (рис. 2 В, Г; по границам метазерен) и пирротинном (рис. 2 Е; периферия метазерен) или вкрапленники изометричной формы (до 0.1 мм в поперечнике) среди кварца (рис. 2 Б, Д). Из висмутовых минералов присутствуют гунгаррит, виттит, лиллианит, висмутин, самородный висмут, сульфолеллуриды висмута; редко встречаются самородное золото и галенит. Типоморфной особенностью свинцово-висмутовых сульфосолей является устойчивая примесь серебра более 1 мас. %. Причем наиболее низкие концентрации серебра установлены в гунгаррите (1.64 мас. %), а более высокие – в лиллианите (до 6.29 мас. %).

Ассоциация Ag-Pb-Bi сульфосолей менее распространена по сравнению с предыдущей ассоциацией. Она наблюдалась в участках окварцевания руд первого геохимического типа (рис. 3), где пирротин практически полностью замещен пиритом и марказитом. В этих рудах, кроме арсенопирита, пиррита и марказита, присутствуют герсдорфит, кобальтин, халькопирит, сфалерит, галенит, станнин, касситерит и др. Здесь арсенопирит интенсивно раздроблен и содержит микровкрапленники пирротина и халькопирита (рис. 3 А); трещины часто выполнены кварцем и карбонатом, иногда с касситеритом, сфалеритом и висмутовыми минералами; пирротин вокруг вкрапленников сфалерита и касситерита полностью замещен мелкокристаллическим агрегатом пирита, марказита и мельниковита-? (рис. 3Б); халькопирит обычно не изменен, но иногда замещается кобальтином, а по его границам наблюдается тонкая (менее 0.01 мм)

вкрапленность галенита и висмутовых минералов (рис. 3 В). Состав сульфидных минералов из этих руд приведен в таблице 1. Интересно отметить, что здесь сфалериты содержат эмульсионную вкрапленность станнина, являются более высокожелезистыми (до 11.16 мас. % Fe) и содержат устойчивую примесь марганца (до 0.95 мас.%; ан. 14-15, 20). В галенитах этой ассоциации установлены примеси висмута и серебра, соотношения которых близки к 3:1 (табл. 1, ан. 10–12). Висмутовые минералы в этой ассоциации (рис. 3 Г–Е) представлены минералами густавитового ряда (викингитом, ширмеритом, берриитом-?) сульфотеллуридами висмута, самородным висмутом, висмутином; присутствуют икунолит, матильдит и самородное золото.

Краткое описание минералов

Гунгаррит – редкий минерал в вольфрамовых рудах месторождения. Наблюдался в тесных сростаниях с халькопиритом, образуя таблички (до 0.005 мм в длину) изометричной, вытянутой формы (реликты ?) среди виттита (рис. 2 А). По оптическим характеристикам минерал имеет отражение (более 40 %), близкое к отражению виттита, но ниже, чем у халькопирита, и чуть более интенсивную анизотропию. В составе гунгаррита установлена примесь серебра до 1.64 мас. % (табл. 2; рис. 4).

Виттит – встречается чаще, чем гунгаррит. Он образует мономинеральные агрегаты (до 0.01 мм в поперечнике) зерен среди кварца и иногда содержит микровкрапленники гунгаррита. Минерал имеет отражение, близкое к отражению халькопирита, и, по сравнению с ним, голубоватый оттенок; анизотропия отчетливая, особенно по границам зерен и двойников, без цветных эффектов; двуотражение не наблюдалось. В составе виттита установлена устойчивая примесь серебра в количестве 2.0 мас. % (табл. 2, ан. 2–4; рис. 4).

Лиллианит – достаточно широко распространен в вольфрамовых рудах месторождения, пространственно тяготея к участкам окварцевания с арсенопиритом (рис. 2 Б). Он наблюдался в виде изометричных вкрапленников размером до 0.05 мм, которые часто распадаются на галенит и самородный висмут, образуя субграфические структуры распада твердого раствора. Оптические характеристики лиллианита очень близки к характеристикам виттита, но отражение чуть ниже, а анизотропия – чуть выше. По химическому составу на классификационных диаграммах (рис. 4) все изученные лиллианиты попадают в центральную часть поля минералов густавит-лиллианитовой серии со значениями $N_{хим}$, близкими к 4. В химическом составе лиллианита установле-

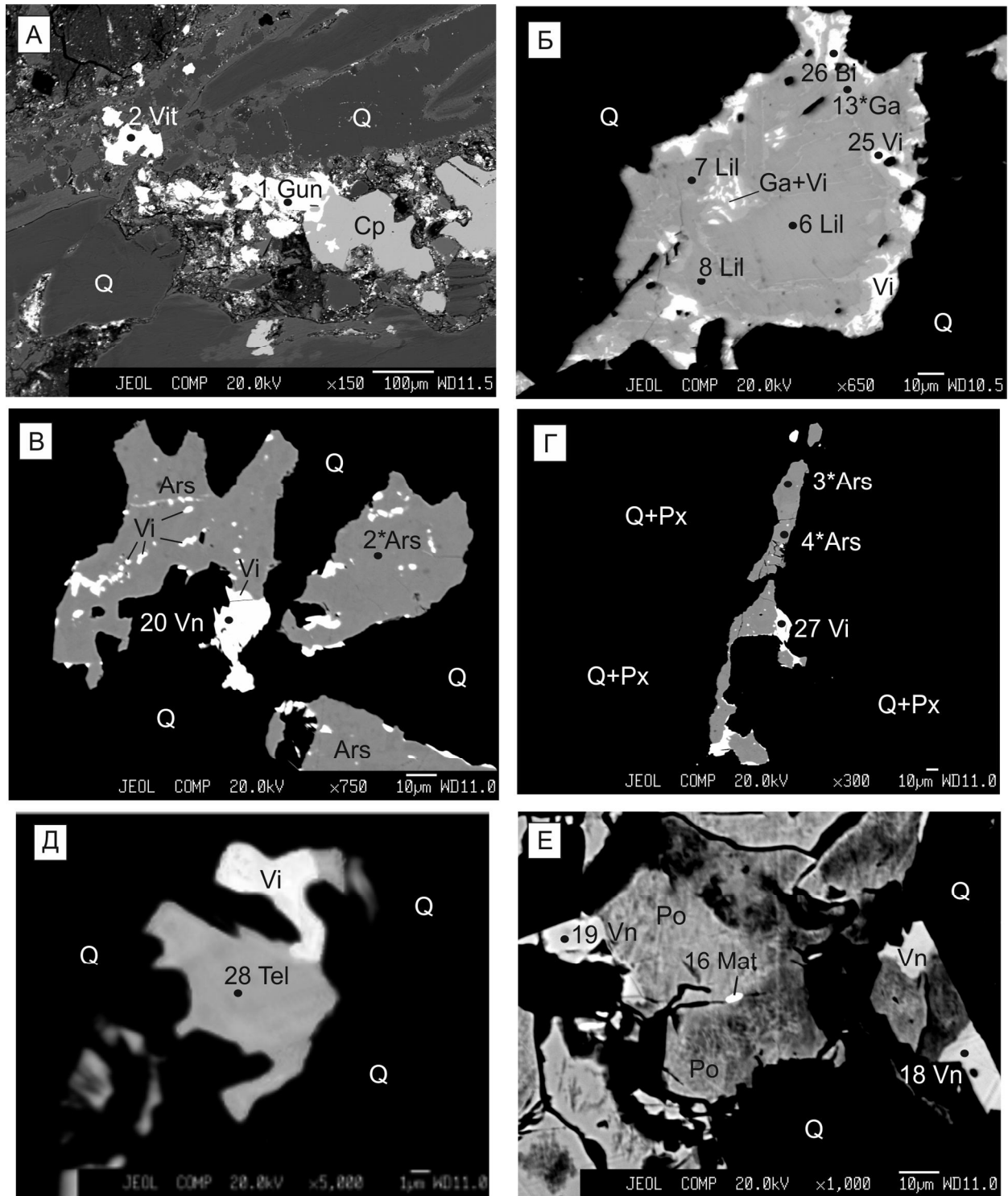


Рис. 2. Взаимоотношения редких минералов в вольфрамовых рудах в отраженных электронах.

А – срастания гунгаррита (Gun) и витгита (Vit) с халькопиритом (Cp), которые совместно с хлоритом (темно-серое, черное) выполняют межзерновое пространство кварца (Q); Б – среди кварца (Q) изометричные вкрапленники лиллианита (Lil), который в центральной части распадается на самородный висмут и галенит (Ga+Vi; субграфическая структура), а по периферии замещается более крупными зернами галенита (Ga) и самородного висмута (Vi); В – самородный висмут (Vi) и висмутин (Vn) развиваются по периферии вкрапленников арсенипирита (Ars) и границам двойников его зерен (зальбанда кварцевой жилы с шеелитом); Г – то же самое в окварцованном пироксеновом скарне (Q+Px); Д – характерные срастания сульфотеллурида висмута (Tel) с самородным висмутом (Vi) среди кварца (Q); кварцевая жила с арсенипиритом и шеелитом; Е – висмутин (Vn) совместно с пирротинном (Po) выполняют интерстиции между зернами кварца (Q); в микротрещинах с поздним кварцем и карбонатом встречается матильдит (Mat); кварц-сульфидный прожилок с шеелитом. Здесь и на рис. 3 точки с цифрами – номера анализов в табл. 2; цифры со звездочкой – в табл. 1.

Таблица 1. Состав сульфидных минералов месторождения Кордонного, мас. %.

Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
As	43.57	44.56	47.34	42.75	46.19	46.96	44.49	44.25	45.69	-
Fe	35.33	35.28	33.81	35.49	35.17	8.61	9.28	10.18	1.72	-
Ni	-	-	-	-	-	23.13	18.22	20.74	-	-
Co	-	-	-	-	-	2.73	7.74	3.94	33.29	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80.16
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.78
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.38
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	20.55	19.87	18.28	20.31	19.67	17.66	18.90	18.77	19.56	12.72
Сумма	99.46	99.72	100.81	98.55	101.03	99.09	98.63	97.88	100.25	100.04

Формульные коэффициенты.

Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
As	0.94	0.97	1.05	0.93	0.95	0.98	1.00	1.00	1.01	-
Fe	1.02	1.02	1.00	1.03	1.01	0.24	0.27	0.30	0.05	-
Ni	-	-	-	-	-	0.86	0.51	0.60	-	-
Co	-	-	-	-	-	0.05	0.22	0.11	0.93	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.94
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	1.04	1.01	0.95	1.04	1.00	0.86	1.00	0.99	1.01	0.96
N _{хим}	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

ны высокие концентрации серебра (до 6.29 мас. %; табл. 2, ан 5–9).

Викингит – наиболее распространенный минерал среди Ag-Pb-Bi сульфосолей группы викингита [9, 29]. Он совместно с галенитом и сульфотеллуридом висмута пространственно тяготеет к метавкрапленникам кобальтина (рис. 3 В, Г). Минерал образует таблички размером до 0.01 мм в длину, часто выполняя пространство между зернами кварца. Минерал имеет белый цвет и отражение, как у галенита, от которого отличается только формой зерен. В составе викингита (табл. 2, ан. 10–13) количество серебра варьирует в диапазоне 8.78–9.85 мас. %; иногда отмечаются примеси железа (до 1.7 мас. %) и селена (до 1.00 мас. %), который более характерен для его сростаний с галенитом, сульфотеллуритами висмута и самородным висмутом.

Трежерит и беррит – встречаются редко. Они наблюдались только в олово-полиметаллических рудах в виде реликтов во вкрапленниках (до 0.2 мм в поперечнике), где преобладают галенит и самород-

ный висмут. Минералы имеют оптические характеристики такие же, как у викингита, и, как и он, отличаются от галенита чуть более высокой твердостью (судя по толщине царапин, пересекающих контакт зерен). Эти минералы выделены условно по близости точек их составов к теоретическим составам на классификационной диаграмме (рис. 4).

Матильдит – встречался редко. В вольфрамовых рудах он наблюдался среди кварца, выполняющего микротрещины, секущие вкрапленники пирротина (с халькопиритом и висмутином; рис. 2 Е); в оловополиметаллических рудах – образует тесные сростания с икунолитом и самородным висмутом, реже галенитом. Минерал имеет белый цвет и отражение, близкое к отражению галенита, от которого отличается наличием отчетливой анизотропии и двуотражением по границам зерен. Состав матильдита (табл. 2, ан. 17), находящегося в сростании с самородным висмутом, близок к теоретическому; иногда в нем отмечается примесь селена до 1.43 мас. %; реже встречается Pb-матильдит (табл. 2, ан. 16).

Таблица 1. (Продолжение).

Эл-т	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	11.16	9.74	5.36	6.52	7.66	5.82	9.17
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	4.33	0.50	-
Zn	-	-	-	54.28	55.77	59.22	58.15	54.37	58.51	56.61
Pb	82.26	79.74	78.51	-	-	-	-	-	-	-
Bi	4.25	5.16	6.20	-	-	-	-	-	-	-
Ag	1.18	1.30	0.95	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	0.70	0.50	1.28	0.76	1.07	1.27	0.68
Mn	-	-	-	0.95	0.30	-	-	-	-	0.35
S	12.74	12.72	12.40	33.18	32.61	32.34	33.56	31.97	31.71	32.63
Сумма	100.43	98.92	98.06	100.28	98.93	98.19	98.97	99.40	97.80	99.45

Формульные коэффициенты.

Эл-т	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	0.19	0.17	0.09	0.11	0.13	0.10	0.16
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	0.07	0.01	-	-
Zn	-	-	-	0.79	0.83	0.90	0.86	0.82	0.89	0.84
Pb	0.96	0.94	0.94	-	-	-	-	-	-	-
Bi	0.05	0.06	0.08	-	-	-	-	-	-	-
Ag	0.03	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	0.01	0.005	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005
Mn	-	-	-	0.02	0.005	-	-	-	-	0.005
S	0.96	0.97	0.96	0.99	0.99	1.00	1.02	0.97	0.99	0.99
N _{хим}	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Примечание. Ан. 1–5 – арсенопирит, ан. 6–8 – герсдорфит, ан. 9 – кобальтин, ан. 10–13 – галенит, ан. 14–20 – сфалерит (14–15, 20 – из олово-полиметаллических руд, 16–19 – из вольфрамовых руд). Анализы выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, аналитик Г.Б. Молчанова.

Висмутин – распространенный минерал в вольфрамовых рудах. Пространственно он тяготеет к участкам окварцованных руд со скоплениями арсенопирита, где образует сростания с ним (рис. 2 В, Г) и пирротинном (рис. 2 Е) или в кварцевых прожилках с шеелитом, где он совместно с самородным висмутом и сульфотеллуридами висмута выполняет интерстиции между зернами кварца. По оптическим характеристикам висмутин отличается от Рb-Vi сульфосолей более высоким отражением, более интенсивными двуотражением и анизотропией. В химическом составе минерала (табл. 2, ан. 18–21) отмечается устойчивая примесь железа от более 1.0 до 2.58 мас. %. Более низкие (0.47 мас. %) содержания железа установлены во включениях висмутин, локализованных среди герсдорфита.

Икунолит – редкий минерал в рудах месторождения. Он часто слагает каемки по контакту само-

родного висмута с матильдитом и висмутином. По оптическим характеристикам икунолит отличается от висмутин более низким отражением; двуотражение и анизотропия не наблюдались. В химическом составе икунолита (табл. 2, ан. 22–23), как и в висмутине, установлена примесь железа до 2.43 мас. %.

Самородный висмут – распространенный минерал в вольфрамовых рудах, менее – в олово-полиметаллических. Он образует тесные сростания с сульфотеллуридами висмута (рис. 2 Д, рис. 3 Д) и висмутином (рис. 2 В), пространственно тяготея к метавкрапленникам арсенопирита, халькопирита и пирротина. Размеры выделений достигают 0.05 мм в поперечнике. В них иногда наблюдается отчетливая анизотропия. В Рb-Vi сульфосолях часто встречаются участки мирмекитоподобных сростаний самородного висмута с галенитом (рис. 2 Б). Под микроскопом минерал легко определяется по

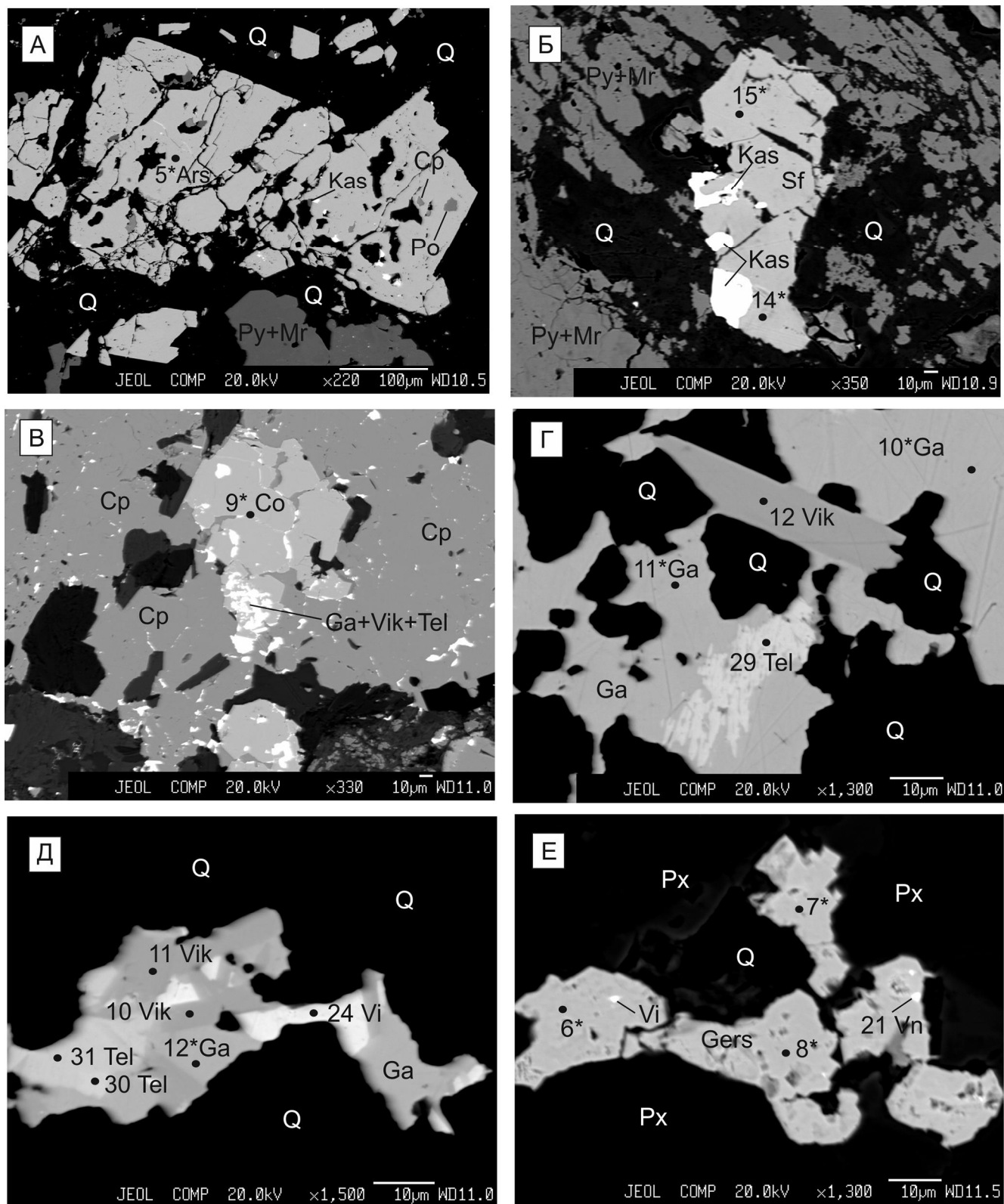


Рис. 3. Взаимоотношения редких минералов в оловянно-полиметаллических рудах в отраженных электронах.

А – раздробленные метакристаллы раннего арсенопирита (Ars) с вкрапленностью пирротина (Po) и халькопирита (Cp); трещины сцементированы кварцем (Q), в которых встречаются зерна касситерита (Kas), самородного висмута и Ag-Pb-Bi сульфоселей (мелкие зерна белого цвета); пирротин полностью замещен мелкокристаллическим агрегатом пирита (Py) и марказита (Mr); участок наложения олово-полиметаллических руд на вольфрамовые; Б – метавкрапленник сфалерита (Sf) с эмульсионной вкрапленностью

соломенно-желтому цвету, высокому отражению и низкой твердости.

Самородное золото – редкий минерал. В вольфрамовых рудах оно встречается в сростках с самородным висмутом и сульфотеллуридами висмута в висмутине. Размеры микрозерен обычно не превышают 2–3 мк, что позволило оценить только его качественный состав ($Au_{0.85}Ag_{0.15}$). В олово-полиметаллических рудах золото более низкопробное ($Au_{0.57}Ag_{0.43}$). Оно наблюдалось в виде микровключений размером 1–2 мк в сфалерите.

Сульфотеллуриды висмута встречаются довольно часто, но их размеры редко превышают 0.02 мм (рис. 2, 3). Изученные минералы имеют близкие оптические характеристики: белый цвет, высокое отражение; двуотражение и анизотропия трудно определяются из-за малых размеров зерен. Большинство проанализированных сульфотеллуридов на диаграммах $Bi(Ag, Pb)-Te-S$ (рис. 5) попадают в поле состава жозеитов L-K-B-D и жозеита-М. Интересно отметить, что для вольфрамовых руд более характерны жозеиты-М и жозеиты-А (качественные анализы), в то время как для олово-полиметаллических – жозеиты-L-K-B-D. Типоморфной примесью всех сульфотеллуридов висмута является примесь свинца (до 14.98 мас. %), причем наиболее высокие концентрации установлены в зернах жозеитов, замещающих галенит (табл. 2, ан. 29, 33), а более низкие (до полного отсутствия примеси свинца; табл. 2, ан. 28) – в жозеитах, находящихся в сростках с самородным висмутом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Новые данные по минералогии месторождения Кордонного позволяют расширить и уточнить представления о минералогии сопутствующих компонентов руд скарновых шеелит-сульфидных месторождений Приморского региона.

Ведущая среди сопутствующих компонентов на эталонных объектах Приморского края висмутовая минерализация представлена двумя геохимическими типами: 1 – Pb-Sb-Bi типом с Cu, Sn, Te, Au; 2 – Pb-Bi типом с Mo, Ag, Te, Se, характеризующими вольфрамовые руды [6].

В первом геохимическом типе встречаются свинцово-сурьмяно-висмутовые сульфосоли (кобеллит, яскульскит, висмутовый джемсонит), а другие минералы (Sb-козалит, сульфотеллуриды висмута, висмутин, икунолит и др.) постоянно содержат примесь сурьмы.

Во втором геохимическом типе самостоятельные минералы сурьмы отсутствуют, а в других минералах (лиллианит, козалит и др.) примеси сурьмы не установлены. Здесь для висмутита и сульфотеллуридов висмута характерны повышенные концентрации свинца. Типоморфной особенностью галенитов обоих геохимических типов является постоянное присутствие в них примесей висмута и серебра. Следует отметить, что на крупных по запасам вольфрама месторождениях с размахом оруденения по вертикали более 400 м (Восток-2) наблюдаются оба геохимических типа, а на средних (Лермонтовское) и мелких – только один, второй геохимический тип.

Изученное месторождение Кордонное, как и эталонные объекты (Восток-2, Лермонтовское), характеризуется многоэтапностью минералообразования в рудно-магматической системе [6]. Многие исследователи «многоэтапность» связывают с эволюцией магматических комплексов (в данном случае от монцодиоритов до гранитов), которые в постмагматический период продуцируют растворы, формирующие скарны, грейзены, гидротермальные жилы и ассоциирующее с ними разнометальное оруденение. Это подтверждается и тем, что на всех месторождениях региона ранее наблюдалось по две группы скарнов и грейзенов, которые ассоциируют, соответственно, с вольфрамовой и полиметаллической минерализацией [6, 7].

На изученном месторождении Кордонном первый геохимический тип руд (Pb-Sb-Bi) отсутствует; преобладает второй (Pb-Bi) и появляется третий, Ag-Pb-Bi геохимический тип с минералами серебра лиллианит-густавитового ряда, которые широко распространены на олово-сульфидных (с полиметаллами) месторождениях. Отличительной особенностью месторождения Кордонного является то, что в его полиметаллических рудах присутствует оловянная минерализация (касситерит, станнин), которая сопровождается специфическим набором минера-

станнина и зернами касситерита (Kas) по его периферии; пирротин замещен мелкокристаллическим агрегатом пирита (Py) и марказита (Mr); участок наложения олово-полиметаллических руд на вольфрамовые; В – метавкрапленник кобальтина (Co) замещает халькопирит (Cr) и в свою очередь замещается агрегатом галенита (Ga), викингита (Vik) и сульфотеллуридов висмута (Tel); Г – то же самое, увеличенный фрагмент: срастания галенита с викингитом и сульфотеллуридом висмута (Tel), замещающим галенит; Д – реликты викингита (Vik) среди агрегата галенита (Ga), самородного висмута (Vi) и сульфотеллуридов висмута (Tel) – окварцованный участок олово-полиметаллических руд, наложенных на вольфрамовые; Е – метазерна герсдорфита (Gers) с микровкрапленностью висмутита (Vn) и самородного висмута (Vi) в «позднем» пироксеновом (Px) скарне с полиметаллической минерализацией.

Таблица 2. Состав висмутовых минералов месторождения Кордонного, мас. %.

Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	54.70	31.33	32.87	31.64	35.76	39.56	35.10	34.39	38.49	28.66	28.50
Ag	1.64	2.13	1.94	2.09	3.46	4.08	6.29	5.85	4.20	9.67	9.85
Bi	27.80	50.64	48.79	51.11	45.26	43.71	45.50	44.30	42.88	44.70	46.08
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.27	-
Te	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-
S	14.09	14.51	16.51	14.12	15.39	13.72	13.72	13.78	13.38	14.18	13.92
Сумма	98.23	98.57	100.11	98.96	99.87	101.07	100.61	98.32	98.95	99.48	98.35

Формульные коэффициенты.

Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	3.40	1.92	1.89	1.95	2.11	2.43	2.13	2.12	2.41	1.65	1.71
Ag	0.20	0.25	0.21	0.25	0.39	0.48	0.73	0.69	0.51	1.07	1.13
Bi	1.72	3.07	2.77	3.13	2.64	2.65	2.75	2.70	2.66	2.56	2.74
Fe	-	-	4.87	-	-	-	-	-	-	0.28	-
Сумма Me	5.32	5.24	-	5.33	5.14	5.56	5.61	5.51	5.58	5.56	5.58
Te	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
S	5.68	5.76	6.13	5.67	5.86	5.44	5.39	5.49	5.42	5.29	5.42
Сумма S	5.68	5.76	6.13	5.67	5.86	5.44	5.39	5.49	5.42	5.44	5.42
N _{хим}	6.14	3.08	2.77	2.63	3.65	4.00	4.56	4.41	4.13	5.90	5.90
% Gus	12.3	-	-	-	43.5	38.5	63.6	52.9	42.0	71.4	70.3

Эл-т	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pb	31.34	32.50	20.48	19.83	13.84	-	-	-	-	-	-
Ag	8.89	8.78	10.95	16.62	21.95	27.41	-	-	-	-	-
Bi	44.00	46.60	52.72	52.45	52.02	51.59	78.70	79.89	77.97	80.36	81.39
Fe	-	-	-	-	-	1.74	2.58	1.09	1.19	0.47	2.43
Te	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	0.69	-	-	-	-	1.43	-	-	-	-	-
S	14.02	13.74	14.91	12.48	14.15	15.91	17.90	18.00	17.13	18.08	10.02
Сумма	98.94	101.62	99.06	101.38	101.96	98.28	99.18	98.98	99.53	98.91	97.41

Формульные коэффициенты.

Эл-т	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pb	1.87	1.94	1.18	1.18	0.28	-	-	-	-	-	-
Ag	1.02	1.00	1.22	1.90	0.85	0.99	-	-	-	-	-
Bi	2.60	2.76	3.02	3.10	1.03	0.96	1.92	1.98	2.01	2.01	3.66
Fe	-	-	-	-	-	0.12	0.23	0.10	0.11	0.03	0.40
Сумма Me	5.49	5.70	5.42	6.18	2.16	2.07	2.15	2.08	2.12	2.04	4.06
Te	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	0.11	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-	-
S	5.40	5.30	5.58	4.82	1.84	1.86	2.85	2.92	2.88	2.96	2.94
Сумма S	5.51	5.30	5.58	4.82	1.84	1.93	2.85	2.92	2.88	2.96	2.94
N _{хим}	6.14	5.67	5.25	9.52	4	4	5	5	5	5	7
% Gus	60.7	64.9	88.3	86.5	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. 1 – гунгарит; 2–4 – виттит; 5–9 – лиллианит-густавит; 10–13 – ширмерит (викингит); 14 – трежерит; 15 – берриит; 16 – Pb-матильдит; 17 – матильдит; 18–21 – висмутин; 22–23 – икунолит; 24–27 – самородный висмут; 28–33 – сульфотеллуриды висмута группы жозеитов. Формульные коэффициенты анализов 1–15 рассчитаны на N = 11, при N = N_{хим} – число октаэдров в «галенитоподобном» слое ([по 27]), равное в идеальном случае N_{крист}. Расчет N по формуле: $N = -1 + 1 / (Bi_i + Pb_i / 2 - 0.5)$; процент густавитового компонента (% Gus) по формуле: $\% \text{ Gus} = 1 - (2Bi_i - Pb_i - 1) / 6(Pb_i / 2 + Bi_i - 5/6)$ при условии, что $Bi_i + Pb_i + Ag_i = 1$ [28]; в остальных анализах N соответствует формульным единицам минералов. Анализы выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, аналитик Г.Б. Молчанова.

Таблица 2. (Продолжение).

Эл-т	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Pb	-	-	-	-	-	-	9.53	5.10	5.00	4.40	14.98
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi	86.05	98.86	98.85	98.37	96.15	65.78	65.96	74.75	75.06	73.06	55.41
Fe	1.06	-	-	-	2.40	1.84	-	-	-	-	-
Te	-	-	-	-	-	26.30	19.83	14.57	14.65	20.25	23.24
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	10.19	-	-	-	-	5.05	3.23	3.64	5.58	2.83	5.51
Сумма	97.31	98.86	98.85	98.37	98.55	98.97	98.55	98.06	100.29	100.54	99.14

Формульные коэффициенты.

Эл-т	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Pb	-	-	-	-	-	-	0.30	0.26	0.35	0.24	0.42
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi	3.84	1.00	1.00	1.00	0.91	1.77	2.05	2.06	1.65	3.96	1.53
Fe	0.18	-	-	-	0.09	0.19	-	-	-	-	-
Сумма Me	4.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.96	2.35	2.32	2.00	4.20	1.95
Te	-	-	-	-	-	1.16	1.00	0.93	1.01	1.80	1.05
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	2.98	-	-	-	-	0.88	0.65	0.75	0.99	1.00	1.00
Сумма S	2.98	-	-	-	-	2.04	1.65	1.68	2.00	2.80	2.05
N _{хим}	7	1	1	1	1	4	4	4	4	7	4
% Gus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

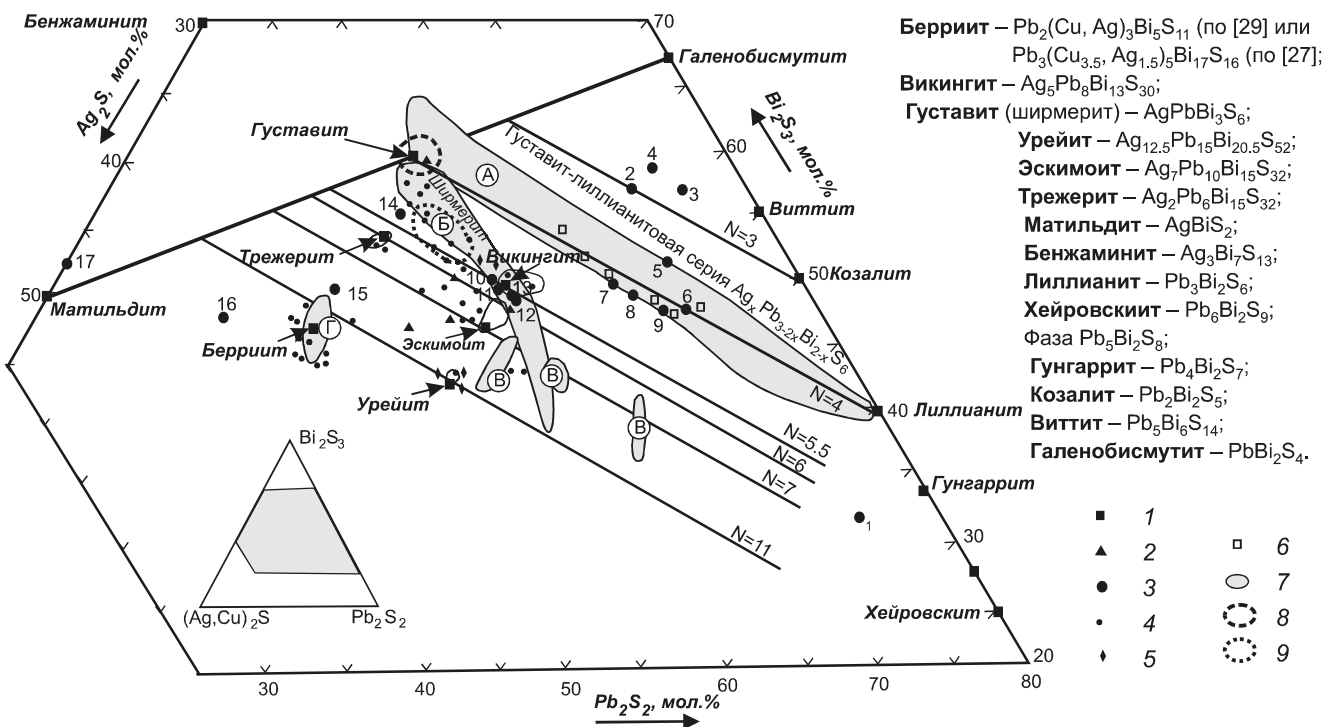


Рис. 4. Диаграмма $Pb_2S_2-(Ag,Cu)_2S-Bi_2S_3$ составов $Ag(Cu)-Pb-Bi$ сульфосолей лиллианит-густавитовой гомологической серии.

1 – теоретические составы сульфосолей; 2 – составы сульфосолей месторождения Скрытое; 3 – составы сульфосолей месторождения Кордонного (цифры соответствуют номерам анализов таблицы 2); 4 – составы сульфосолей по литературным данным [9, 16, 20–23, 29, 30]; 5 – составы сульфосолей Высокогорского и Силинского оловянных месторождений [20–23]; 6 – составы сульфосолей Партизанского полиметаллического месторождения [17]; 7 – области гомогенности, околтуренные по литературным данным [9]; А – густавит-лиллианитовой серии; Б – ширмерита; В – сульфосолей типа IV [27]; Г – беррита; 8 – поле составов сульфосолей олово-вольфрамового месторождения Забытое [2]; 9 – поле составов сульфосолей оловянного месторождения Тигриное [3].

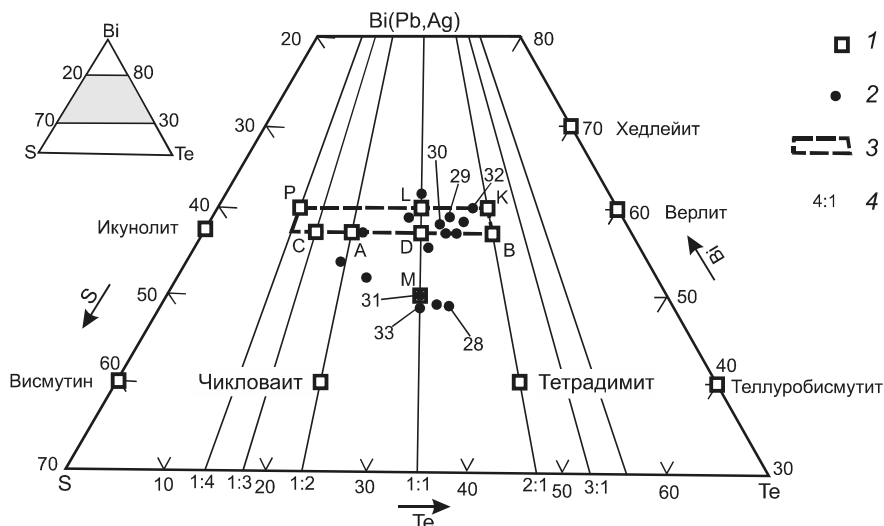


Рис. 5. Диаграмма Bi(Pb, Ag)–Te–S состава сульфотеллуридов висмута месторождения Кордонного.

1 – теоретические составы минералов, 2 – сульфотеллуриды висмута месторождения Кордонного, 3 – область состава жозеитов (А, D, В, К, L, P, С, М) и их теоретические составы, 4 – отношения Te:S. Цифры соответствуют номерам анализов в табл. 2.

лов-попутчиков (ширмерит, викингит, трежерит и др.). На эталонных месторождениях скарны, ассоциирующие с вольфрамовой минерализацией, представлены пироксеном диоксид-геденбергитового и гранатом гроссурярового состава; скарны с полиметаллической минерализацией – геденбергитом и андрадитом. Интересно отметить, что скарны с полиметаллическим (Лермонтовское, Восток-2) и олово-полиметаллическим (Кордонное) оруденением имеют похожий минеральный состав и одинаковые типоморфные особенности минералов. Так, геденбергиты из олово-полиметаллических руд месторождения Кордонного значительно обогащены марганцем (4.21–5.24 мас. % MnO) по сравнению с пироксенами из скарнов, ассоциирующих с вольфрамовой минерализацией (1.26–2.46 мас. % MnO) [7]. Такая закономерность характерна для руд олово-медно-полиметаллических месторождений типа Кочбулак (Кураминская зона Срединного Тянь-Шаня), которые пространственно и генетически ассоциируют с вулканоплутоническими комплексами [9]. Это наблюдается и в Приморском регионе, где в Прибрежном вулканогенном поясе имеют место оловянные месторождения (Высокогорское, Силинское и др.) с похожим составом руд. Учитывая геолого-структурное положение района и месторождения Кордонного (зона сочленения Самаркинского террейна с Прибрежным вулканогенным поясом), выделение в его рудах двух геохимических типов (с вольфрамом и олово-полиметаллами), сопровождающихся разными ассоциациями

сопутствующих элементов (соответственно, Pb–Bi и Ag–Pb–Bi), вполне уместно и подтверждается как минеральным составом, так и типоморфными особенностями минералов руд.

Подводя итог можно сделать следующие выводы:

1. Сопутствующие элементы вольфрамовых руд месторождения Кордонного представлены широким спектром высокотемпературных свинцово-висмутовых сульфосолей (виттит, гунгарит, лиллианит), Pb-содержащими сульфотеллуридами висмута (группа жозеитов) и высокопробным (более 800 ‰) золотом. Причем, значимого количества примеси сурьмы в висмутовых минералах и Sb-содержащих минералов (типа кобеллита) не установлено, что характерно для месторождений или рудных зон с небольшим по вертикали размахом оруденения, локализованных в апикальной части магматических тел (типовой объект – Лермонтовское месторождение).

2. Сопутствующие элементы оловянных руд месторождения Кордонного представлены более низкотемпературными сульфосолями сложного Ag–Pb–Bi состава, Pb-содержащими (до 14.98 мас. % Pb) сульфотеллуридами висмута, матильдитом, низкопробным (500 ‰) золотом и др. Сфалерит из этих руд более высокожелезистый (до 11.16 мас. % Fe) по сравнению со сфалеритом из вольфрамовых и постоянно содержит примесь марганца (как пироксен).

3. В целом, оба геохимических типа ассоциаций сопутствующих элементов руд носят относительно высокотемпературный характер, на что указывает присутствие в них серебро- и висмутсодержащего

галенита (250 °С – твердый раствор галенита и кубической модификации β-матильдита [13]), а также самородного висмута, который кристаллизуется последним при температуре 270 °С [10].

4. По совокупности признаков (геолого-структурной позиции месторождения, стадийности минералообразования, типоморфизму породообразующих, рудных и сопутствующих минералов) месторождение Кордонное можно отнести к группе месторождений скарново-шеелитовой формации, к которой относятся такие известные в Приморском крае месторождения, как Восток-2 и Лермонтовское, а по запасам вольфрама – к группе средних (до 30 тыс. тонн WO₃).

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН № 12-III-A-08-146; № 12-II-CO-08-030; № 12-II-УО-08-017; № 12-III-B-08-165; РФФИ № 12-05-31372 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аленичева А.А., Сахно В.Г., Салтыкова Т.Е. U-Pb и Rb-Sr изотопное датирование гранитоидов Татибинской серии плутонического пояса Центрального Сихотэ-Алиня // Докл. РАН. 2008. Т. 420, № 1. С. 70–75.
- Гвоздев В.И., Недашковский А.П., Сапин В.И. Минералы висмута в рудах месторождения Забытое (Приморье) // Минеральные ассоциации месторождений олова и вольфрама на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 72–81.
- Гвоздев В.И., Орехов А.А. Метасоматические породы и вопросы их генезиса шеелитового месторождения Скрытое (Приморье) // Геология руд. месторождений. 2004. Т. 46, № 6. С. 540–551.
- Гвоздев В.И., Цепин А.И. Висмутовая минерализация в рудах месторождения Восток-2 // Геология руд. месторождений. 2005. Т. 47, № 2. С. 148–163.
- Гвоздев В.И. Висмутовая минерализация в рудах шеелитового месторождения Скрытое и вопросы его генезиса (Приморский край, Россия) // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 28, № 1. С. 72–83.
- Гвоздев В.И. Рудно-магматические системы скарновых шеелит-сульфидных месторождений Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2010. 338 с.
- Гвоздев В.И., Федосеев Д.Г. Скарны вольфрамового месторождения Кордонного // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 2. С. 100–111.
- Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
- Коваленкер В.А., Бортников Н.С., Тронева Н.В. Химический состав и минеральные парагенезисы Ag(Cu)-Pb-Bi-сульфосолей в рудах Кочбулакского месторождения // Минерал. журн. 1984. № 2. С. 15–30.
- Колонин Г.Р. О самородном висмуте как о геологическом термометре. V. Кристаллизация висмута в гидротермальных условиях // Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Новосибирск: Наука, 1971. С. 15–25.
- Коростелев П.Г., Гоневчук В.Г., Гоневчук Г.А., Горбач Г.И., Залевская В.Н., Кокорин А.М., Кокорина Д.К., Левчук Л.С., Недашковский А.П. Минеральные ассоциации грейзенового вольфрамово-оловянного месторождения (Приморье) // Минеральные ассоциации месторождений олова и вольфрама на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 17–60.
- Крымский Р.Ш., Павлов В.А., Руб М.Г., Беляцкий Б.В., Левский Л.К. Rb-Sr и Sm-Nd изотопные характеристики гранитоидов и руд шеелитового месторождения Восток-2, Приморье // Петрология. 1998. Т. 6, № 1. С. 3–15.
- Ненашева С.Н. Экспериментальное исследование природы примесей серебра, сурьмы и висмута в галените. Новосибирск: Наука, 1975. 126 с.
- Нечелюстов Г.Н. О висмутовой минерализации вольфрамовых месторождений грейзеновой и скарновой формаций // Минералогия и генезис вольфрамовых месторождений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1971. С. 250–258.
- Нечелюстов Г.Н., Минцер Э.Ф., Шумкова Н.Г., Жданова Т.А. Кобеллит – самостоятельный минеральный вид // Минералы и парагенезисы минералов рудных месторождений. Л.: Наука, 1973. С. 38–50.
- Онтюев Д.О., Дружинин А.В. и др. Минералы ряда густавит-лиллианит Кти-Тебердинского месторождения (Северный Кавказ) // Зап. ВМО. 1980. Ч. 100. Вып. 3. С. 322–334.
- Симаненко Л.Ф. Висмутовые и висмутосодержащие минералы в рудах Дальнегорского рудного района // Новые данные по магматизму и металлогении Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 51–83.
- Степанов Г.Н., Гвоздев В.И., Романенко И.М. Золото-серебряная минерализация на одном из вольфрамовых месторождений Приморья // Минеральные типы рудных месторождений в вулканогенных поясах и зонах активизации Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 180–191.
- Соловьев С.Г. Геолого-генетические особенности вольфрамового месторождения Скрытое в Центральном Сихотэ-Алине (Россия) // Геология руд. месторождений. 1995. Т. 37, № 2. С. 142–158.
- Финашин В.К., Литаврина Р.Ф., Романенко И.М., Чубаров В.М. Рудные минералы Высокогорского оловорудного месторождения (Приморье) // Строение, состав и генезис оловорудных месторождений Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1980. С. 79–109.
- Финашин В.К. Редкие минералы лиллианитовой гомологической серии в сульфидных рудах Силинского месторождения // Тихоокеан. геология. 1984. № 6. С. 110–115.
- Финашин В.К., Таскаев В.И. Викингит // Новые и редкие минералы Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 57–58.
- Финашин В.К., Литаврина Р.Ф., Романенко И.М. Густавит // Новые и редкие минералы Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 58–60.
- Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1995. 66 с.
- Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34.
- Хетчиков Л.Н., Говоров И.Н., Пахомова В.А., Гераси-

- мов Н.С., Гвоздев В.И. Особенности генезиса гранитоидов Дальнинского комплекса Сихотэ-Алиня по данным изотопных и термобарогеохимических исследований // Тихоокеан. геология. 1996. Т. 15, № 2. С. 17–28.
27. Czamanske G.K., Hall W.E. The Ag-Bi-Pb-Sb-S-Se-Te mineralogy of the Darwin lead-silver-zinc deposit, Southern California // Econ. Geol. 1975, V. 70, N 6. P. 1092–1110.
28. Karup-Moller S. Mineralogy of some Ag-(Cu)-Pb-Bi sulphide associations // Bull. Geol. Soc. Demn. 1977. V. 26. P. 41–68.
29. Makovicky E., Karup-Moller S. Chemistry and crystallography of the lillianite homologous series. P. 1: General properties and definitions // N. Jb. Miner. Abh. 1977. 130, N. 3. P. 264–278.
30. Nuffield E.W., Harris D.C. Studies of mineral sulphosalts. XX Berryite, a new species // Can. Miner. 1966. 8 pt. 4. P. 407–413.

Рекомендована к печати В.Г. Гоневчуком

V.I. Gvozdev, D.G. Fedoseev, A.V. Gurikov, S.I. Sadkin, B.I. Semenyak, V.V. Ratkin

Mineralogy of accompanying elements of ores of the Kordonny skarn scheelite-sulfide deposit (Primorsky Krai)

Using the drill core we have studied the ores of the Kordonny skarn scheelite-sulfide deposit located in the Malinovsky ore zone, Primorsky Krai. We considered the mineralogy of sulfide ores and distinguished two associations of the accompanying elements (Pb-Bi and Ag-Pb-Bi) characterizing the tungsten and tin mineralization, accordingly. A short description of rare minerals is given, their correlations are shown, and typomorphic features of minerals are described. The problems of ore genesis are discussed, and their mineralization is compared with that of the reference objects of the region.

Key words: skarns, mineralogy, tungsten deposits, genesis, Primorsky Krai.