

Висмут-теллуровая минерализация золоторудного проявления Болотистый (Западный Сихотэ-Алинь, ДВ России)

Лотина А.А. (anylotina@hotmail.com)

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

Введение

Висмут-теллуровая минерализация широко представлена на многих золоторудных месторождениях различных генетических типов. Она известна на Урале (Кочкарское [11, 12], Натальевское [1]), Забайкалье (Дарасун, Березняковское [14, 19]), Северо-Востоке: Эргелях, Лево-Дыбинском, Тугучак, Неннели, Басагуныинском и Аркачан [2, 3]. Подобный тип минерализации известен в Австралии: месторождения Тимбара, Калгури [22]; Канаде: – Омай, Даблин Галч, Ред-Монтбрей [21, 26]; США: – Шотгун, Форт-Нокс, Крипл-Крик [17, 18, 23]; Испании: – Ортоса [20]; Средней Азии: – Кочбулак, Бургунда [2, 7, 9].

Bi-Te минерализация широко проявлена и на золоторудных объектах Дальнего Востока, которые сосредоточены в его южной части (Криничное, Аскольд, Путятинское [4]). В конце прошлого столетия было открыто рудно-россыпное поле Болотистое, расположенное значительно севернее отмеченных месторождений и являющееся, на основе полученных автором данных, во многом, своеобразным.

Характерной и довольно необычной особенностью этого объекта является преобладание золота средней и крупной размерности, а также самородков весом до 10 г, составляющих 3-7 % веса россыпного золота [12]. Несмотря на то, что рудопоявление относится к золото-кварцевой формации в составе висмут-теллуровых минералов автором выявлены заметные примеси селена и свинца, что сближает изученный объект с аналогами из вулканических комплексов. В шлихах из россыпей В.В. Ивановым установлены минералы платиновой группы [5].

Первые сведения о наличии шлихового самородного золота на данном объекте были получены А.И. Поповым в 1953 г. Впоследствии данные о строении и составе россыпей были существенно дополнены рядом других геологов – И.А. Плотниковым, (1972 г.), В.А. Дымовичем, (1979 г.), В.Ф. Погадаевым, (1981 г.) и др. Характеристики россыпного и коренного золота, геолого-структурные особенности и некоторые вопросы минералогии рудно-россыпного участка Болотистого приведены в краткой форме в работах В.М. Степаненко и др. (2001), В.В. Иванова и др. (2002) и Л.Б. Сушкина (2007).

В данной работе впервые приводятся результаты детальных исследований висмут-теллуровой минерализации коренных и связанных с ними россыпных проявлений золотоносного участка Болотистый.

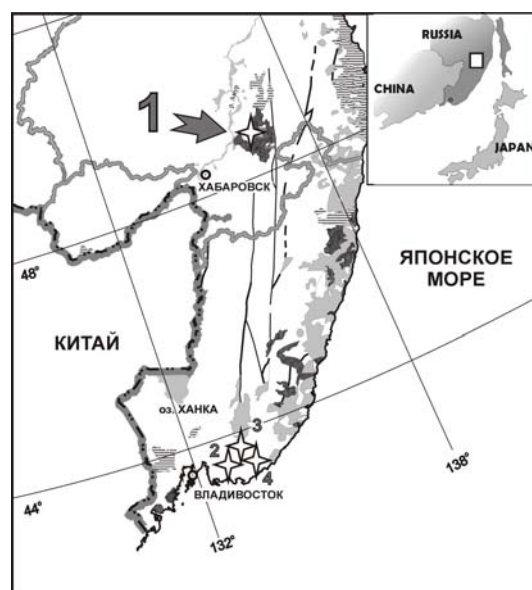


Рис. 1. Схема расположения золоторудных объектов с висмут-теллуровой минерализацией: 1- Болотистое; 2-Криничное; 3-Аскольд; 4-Путятинское.

Краткая геологическая характеристика района исследований

Объект исследований расположен в зоне сочленения Самаркинского и Журавлевского террейнов бассейна р. Хор, Хабаровский край (рис. 1). Наиболее древними образованиями района являются верхнетриасовые толщи (В.А. Дымович, 1979 г.) кремнистых пород с горизонтами кремнисто-глинистых и редко углисто-глинистых сланцев, алевролитов и песчаников. На них несогласно залегают нижнемеловые отложения алевролитов и песчаников. Терригенные осадки выше по разрезу перекрыты эоценовыми базальтоидами кузнецовской свиты, олигоценовой толщей рыхлых отложений галечников, суглинков и супесей (бирофельдская свита) и миоценовыми базальтами кизинской свиты.

Интрузивные образования представлены субвулканическими телами габбро и габбро-диоритов, а также маломощными дайками позднемеловых гранодиоритов и гранитов.

Разрывные тектонические нарушения выражены зонами интенсивной трещиноватости (более 50 м) северо-западного и субмеридионального простирания. Все мезозойские породы «эрозионного окна», включая габброиды, подверглись интенсивной гидротермальной переработке: пропилитизации, серицитизации, аргиллизации, турмалинизации, карбонатизации, а также ороговикованию.

Геологическое строение рудно-россыпного поля Болотистого

Рудопроявление Болотистое локализовано в «эрозионном окне»

нижнемеловых
песчаников среди
миоценовых базальтов
(рис. 2). Оно
представлено
штокверковой зоной
кварцевых и турмалин-
кварцевых (иногда с
сульфидами)
прожилков,
сосредоточенных
преимущественно в
массиве габбро, габбро-
диоритов и диабазов
шириной от 120 до 180
м и протяженностью
более 800 м. Рудные
прожилки имеют
северо-западное,
субмеридиональное,
реже северо-восточное
или субширотное
простирание. Их
мощность варьирует от
нитевидных до 3 см,
редко достигая 20 см.
Протяженность
сгущений прожилков
составляет 10-15 м,
реже до 30-40 м. В

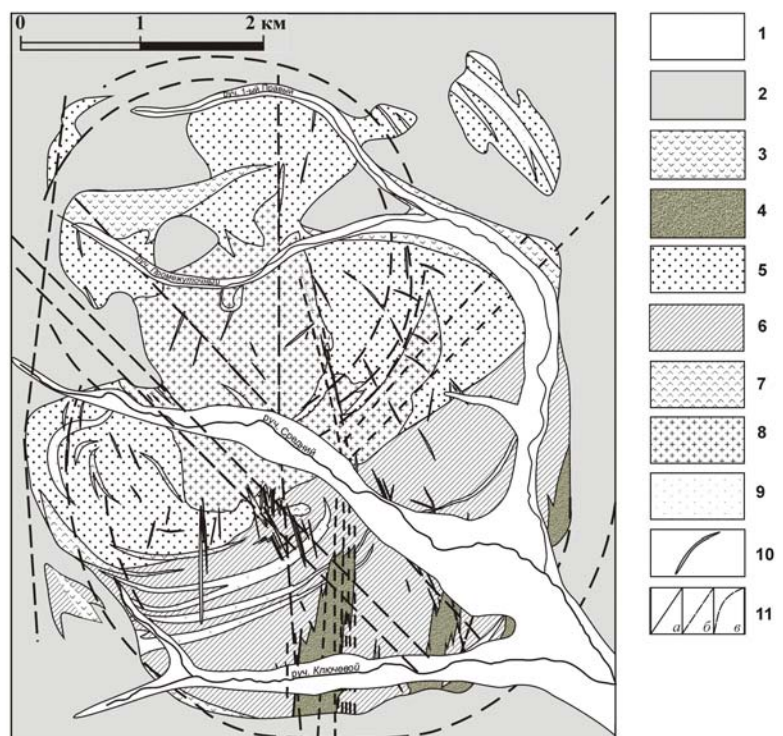


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Болотистого рудно-россыпного поля [по Сушкину Л.Б., 2007]

кварцевой массе отмечаются вкрапленники и гнезда теллуридов висмута, золота, пирита, арсенопирита, халькопирита, пирротина, сфалерита и галенита. Турмалин-кварцевые руды имеют брекчиевидную и сложно-полосчатую текстуру.

Концентрации золота установлены в кварц-турмалиновых метасоматитах, окварцованных и лимонитизированных кварцевых диоритах, иногда в песчаниках. Содержания золота обычно не превышают первых г/т, но в отдельных штучных пробах достигают нескольких десятков г/т.

Речная сеть, дренирующая рудопроявление, золотоносна и состоит из нескольких сопряженных друг с другом ручьев. Выделяются россыпи ближнего (ручьи Средний, Промежуточный, Ключевой) и дальнего сносов (ручьи Встречный и Болотистый). Наиболее богатая россыпь (длина 2.6 км) приурочена к долине руч. Среднего, который размывает центральную часть рудного поля Болотистого. Протяженность ручья около 5 км. Менее богата россыпь руч. Ключевого, протяженность ее составляет более 1.5 км. Мощность золотоносного пласта варьирует от 0.8 до 3.2 м при глубине залегания от 0.8 до 5.0 м [12]. Плотик россыпей сложен терригенными образованиями, которые прорываются дайками диабазов и габбро-диоритов. Рыхлые отложения представлены слабо окатанными галечно-гравийными отложениями с незначительной долей валунов в их верхних частях.

Методика исследований

Поскольку большинство рудных минералов имеет размерность менее 0.5 мм их выделение производилось из серых шлихов и измельченных проб методом просеивания с дальнейшим разделением на магнитную и немагнитную фракции. Отбор минералов и их первичная диагностика выполнена с помощью оптического микроскопа. Фазовый состав многокомпонентных сростаний висмут-теллуридов минералов и их идентификация выполнялась на дифрактометре ДРОН-3 (ЛОМО, Россия). Химический состав минералов определялся на микроанализаторе JXA-8100 (Jeol, Япония). В качестве эталонов использовались неоднократно апробированные природные минералы и искусственные соединения. Изучение морфологии зерен теллуридов висмута, золота и новообразований на поверхности кристаллов выполнено с применением сканирующих электронных микроскопов EVO 50 XVP (Zeiss, Германия) с энергодисперсионным анализатором JSM-6490 LV (Jeol, Япония). Инфракрасные спектры сняты на Фурье-спектрометре Nicolet 6700 (Thermo, США). Элементы-примеси в сульфидах (пирите, арсенопирите и халькопирите) определялись с помощью методов атомно-эмиссионной спектроскопии.

Минералогия

Нерудные минералы прожилков штокверковой зоны представлены преимущественно кварцем и турмалином. **Кварцевый агрегат** сложен изометричными, шестоватыми, удлиненными и реже ксеноморфными зернами размером от 0.1 до 0.8 мм, характеризующимися волнистым, реже ступенчатым погасанием. Иногда наблюдаются прожилки более позднего мелкозернистого кварца, содержащего микрочешуйчатый серицит.

Турмалин отмечается в виде гнезд и приальбандовых оторочек в кварцевых прожилках и в околорудных метасоматитах и вмещающих породах. По данным инфракрасной спектроскопии, он относится к дравиту и представлен призматическими, шестигранными и изометричными кристаллами от 1.0 до 0.8 мм. Минерал характеризуется зональным строением кристаллов с плеохроизмом от розовато – фиолетового до почти непрозрачного буро-синего цвета.

Рудные минералы из жил и россыпей представлены пиритом, арсенопиритом, пирротином, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, теллуридами висмута, золотом и минералами ЭПГ.

Пирит формирует мелкие сгустковые выделения, маломощные короткие прожилки во вмещающих породах, в кварцевых прожилках образует вкрапленность кубических кристаллов размером 1-4 мм. В прожилках пирит чаще всего встречается совместно с арсенопиритом, халькопиритом и пирротином. Замещается марказитом и лимонитом.

Арсенопирит формирует вкрапленность и мономинеральные скопления в кварцевых прожилках в виде удлинено-призматических и уплощенно-ромбических кристаллов, имеющих размеры 1-2 мм. Минерал местами раздроблен и в основном цементируется халькопиритом.

Пирротин присутствует в виде аллотриоморфнозернистых выделений в турмалин-кварцевых прожилках. Размер зерен 1-3 мм. Он наблюдается в сростании с пиритом и арсенопиритом.

Халькопирит отмечен в виде аллотриоморфнозернистых скоплений. Размер зерен колеблется от 1 до 3 мм. Он зачастую цементирует раздробленные кристаллы пирита и арсенопирита, выполняя в них микропрожилки.

Сфалерит устанавливается в сростках, микропрожилках и в виде эмульсионных выделений (до 10-30 %) в халькопирите и пирротине. Размер зерен 1-2 мм.

Спектральным анализом в сульфидах определены следующие элементы-примеси: золото, серебро, кобальт, никель, хром, сурьма, свинец, цинк, олово, медь, селен и висмут (25-29 г/т). Из перечисленных элементов определенный интерес представляют лишь золото и серебро. В пирите золото содержится в пределах от 6 до 39 г/т, серебра от 0.7 до 49 г/т. Установлено, что пирит россыпей обогащен золотом в сравнении с таковым из жил. По сравнению с пиритом арсенопирит богаче золотом. Примесь золота в нем колеблется от 12 до 30 г/т, серебра от 1 до 4 г/т. В отличие от пирита и халькопирита арсенопирит более обогащен серебром (от 200 до 230 г/т), чем золотом (1-6 г/т).

Золото имеет комковидные, изометричные, удлиненные и уплощенные формы зерен, реже отмечаются октаэдрические кристаллы и гемиидиоморфные выделения. Размер зерен варьирует от 1 до 2 мм. Характерный цвет золота меняется от интенсивно желтого до светло-желтоватого с пробностью в диапазоне от 923 до 974 ‰. К типоморфным элементам-примесям золота относятся Bi, Te, Cu, Pb, As, Sb и Hg. Кроме того, в золоте зафиксирована примесь Pd (1.1-20 г/т).

По данным В.В. Иванова [5] в россыпях уч. Болотистого были установлены **платиноиды**, которые представлены средними членами изоморфного ряда лаурит-эрликманит. Зерна октаэдрической и кубической формы стального-серого цвета размерами их от 0.5 до 1 мм. Содержание иридия варьирует от 1.19 до 11.92 мас.%. Минералы ЭПГ не отмечены в сростании с висмут-теллуридами минералами, хотя и являются спутниками золота в россыпях уч. Болотистого.

Висмут-теллуриды минералы, наблюдаемые в тесном сростании с золотом в кварцевых прожилках и россыпях, на основании проведенных исследований относятся к теллуридовому висмуту, тетрадимиту и самородному висмуту. Они образуют крупные листоватые выделения (до 1 см) в самородном золоте и черные агрегативно-порошковатые рубашки вокруг него.

Теллуrowисмутит установлен как в рудных прожилках, так и в россыпях. В исследованных образцах он находится в виде пластинчатых выделений,

Рентгенограмма теллуrowисмутита

Образец		Эталон ASTM 15-863	
d/n	I	d/n	I
10.16	4	10.16	4
5.08	8	5.08	8
3.76	4	3.78	4
3.38	1	3.39	1
3.21	100	3.22	100
2.68	2	2.69	2
2.37	25	2.38	25
2.23	4	2.24	4
2.19	25	2.19	25
2.03	6	2.03	6
1.99	2	1.99	2
1.81	8	1.81	8
1.70	2	1.70	2

Таблица 2

Химический состав теллуrowисмутита

№ анализа	Bi	Te	Сумма	Формулы
1	53.16	47.51	100.67	$\text{Bi}_{2.03}\text{Te}_{2.97}$
2	51.92	48.99	100.91	$\text{Bi}_{1.96}\text{Te}_{3.04}$
3	52.82	48.33	101.15	$\text{Bi}_{2.00}\text{Te}_{3.00}$

размещенных среди кварца. Размеры выделений от 1 до 5 мм. Минерал серебристо-серого цвета, непрозрачный с сильным металлическим блеском на плоскостях спайности. В отраженном свете минерал белого цвета. Он обладает высокой отражательной способностью, отчетливой анизотропией и отсутствием двуотражения. Наблюдается хорошо проявленная продольная спайность (0001), характерная для этого минерала.

Установлено, что основные пики рентгенограммы исследуемого минерала и эталона теллуrowисмутита совпадают (табл. 1).

Теллуrowисмутит обычно наблюдается в сростании с тетрадимитом, золотом (рис. 3) и иногда сечется тонкими прожилками последнего. Химический состав

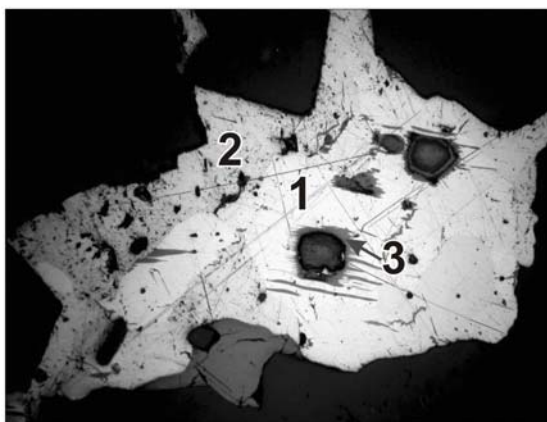


Рис. 3. Каемка тетрадимите (2) вокруг теллуrowисмутита (1). По теллуrowисмутиту развиваются вторичные минералы. Зерно из кварцевого прожилка. Увел. 100х. Аншлиф.

теллуrowисмутита приведен в табл. 2.

Тетрадимит установлен в штуфных и шлиховых пробах. Макроскопически минерал обладает серовато-стальным цветом с сильным металлическим блеском и хорошей спайностью (0001). В отраженном свете белый со слабым нежно-кремовым оттенком с высокой отражательной способностью, слабыми анизотропией и двуотражением. Форма его зерен листоватая, таблитчатая или удлинённая, размеры от 2 до 4 мм. В кварцевых прожилках тетрадимит образует вкрапленные выделения и скопления. Он отмечен в

Таблица 3

Рентгенограмма тетрадимита

Образец		Эталон ASTM 42-1447	
d/n	I	d/n	I
9.83	10	9.87	2
4.93	30	4.93	10
3.63	30	3.64	20
3.28	10	3.29	10
3.11	100	3.12	10
2.78	30	2.77	5
2.60	30	2.61	5
2.46	30	2.47	1
2.30	100	2.30	20
2.16	10	2.17	5
2.12	50	2.12	40
1.97	10	1.97	2
1.93	10	1.95	10
1.84	30	1.83	3
1.75	30	1.75	20

срастании с золотом (рис. 3, 4) и теллуrowисмутитом, иногда образуя каемки вокруг последнего. Подобное обрастание теллуrowисмутита тетрадимитом, вероятно, свидетельствует о возрастании фугитивности серы на заключительных стадиях минералообразования.

Основные пики рентгенограммы исследуемого минерала и эталона тетрадимита совпадают (табл. 3). Тетрадимит в россыпях отмечен в виде редких "сажистых" порошковатых рубашек

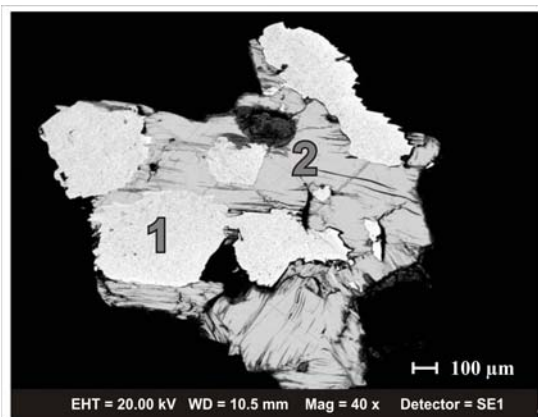


Рис. 4. Срастание золота (1) с тетрадимитом (2). Увел. 40х. Аншлиф.

он образует вкрапленные выделения и скопления. Макроскопически минерал обладает серовато-стальным цветом с металлическим блеском, хорошей спайностью (0001) и твердостью – 2.5-3.0. В отраженном свете кремовато-розовый и характеризуется высокой отражательной способностью. Он отмечается в срастании с самородным золотом, тетрадимитом и теллуrowисмутитом, размеры его выделений от 0.01 до 0.8 мм. В нем определены примеси селена от 1.09 до 2.08 мас. % и свинца от 0.58 до 1.78 мас. % (табл. 5).

Самородный висмут в исследованных образцах находится в виде вкрапленных выделений округлой и удлиненной формы. Размеры выделений колеблются от 0.5 до 1 мм. Минерал серебристо-серого цвета, с сильным металлическим блеском. Иногда отмечается спайность по 0001. В отраженном свете минерал имеет светло белый цвет с кремовым оттенком. Обладает высокой отражательной способностью и отчетливой анизотропией, и образует срастания с галенитом и золотом.

Таблица 4

Химический состав тетрадимита

№ анализа	Bi	Te	Se	S	Сумма	Формулы
1	62.03	34.82	0.89	4.48	102.20	$\text{Bi}_{2.06}(\text{Te}_{1.89}\text{Se}_{0.08})\text{S}_{0.97}$
2	60.87	34.60	0.91	4.05	100.40	$\text{Bi}_{2.08}(\text{Te}_{1.94}\text{Se}_{0.08})\text{S}_{0.90}$
3	61.56	34.24	0.46	4.26	100.50	$\text{Bi}_{2.10}(\text{Te}_{1.91}\text{Se}_{0.04})\text{S}_{0.95}$
4	60.91	34.00	1.26	4.39	100.57	$\text{Bi}_{2.05}(\text{Te}_{1.87}\text{Se}_{0.11})\text{S}_{0.96}$
5	61.53	35.32	1.10	4.24	102.19	$\text{Bi}_{2.05}(\text{Te}_{1.93}\text{Se}_{0.10})\text{S}_{0.92}$
6	62.13	34.01	1.50	4.26	101.91	$\text{Bi}_{2.08}(\text{Te}_{1.86}\text{Se}_{0.13})\text{S}_{0.93}$

вокруг зерен золота. Размеры его выделений достигают 10 мм, а состав близок тетрадимиту кварцевых прожилков коренного оруденения. В нем определена примесь селена от 0.84 до 2.65 мас. % (табл. 4).

По данным В.В. Иванова [4] тетрадимит и теллуrowисмутит рудно-россыпного поля Болотистого содержат микровключения самородного висмута, а также его селенидной фазы – **кавацулита** ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$).

Цумонт был обнаружен в рудных прожилках и россыпи. В кварцевых прожилках

Таблица 5

Химический состав цумонта

№ анализа	Bi	Te	Se	Pb	Сумма	Формулы
1	62.69	33.72	1.09	1.62	99.11	$(\text{Bi}_{1.02}\text{Pb}_{0.03})_{1.05}(\text{Te}_{0.90}\text{Se}_{0.05})_{0.95}$
2	62.44	34.59	1.12	0.58	98.73	$(\text{Bi}_{1.02}\text{Pb}_{0.01})_{1.03}(\text{Te}_{0.92}\text{Se}_{0.05})_{0.97}$
3	61.90	33.87	2.08	0.68	98.53	$(\text{Bi}_{1.00}\text{Pb}_{0.01})_{1.01}(\text{Te}_{0.90}\text{Se}_{0.09})_{0.99}$
4	60.90	34.97	1.18	1.78	98.83	$(\text{Bi}_{0.99}\text{Pb}_{0.03})_{1.02}(\text{Te}_{0.99}\text{Se}_{0.05})_{0.98}$
5	61.66	34.43	1.55	1.56	99.19	$(\text{Bi}_{1.00}\text{Pb}_{0.03})_{1.03}(\text{Te}_{0.9}\text{Se}_{0.07})_{0.97}$
6	61.81	34.21	1.62	1.72	99.35	$(\text{Bi}_{1.00}\text{Pb}_{0.03})_{1.03}(\text{Te}_{0.9}\text{Se}_{0.07})_{0.97}$

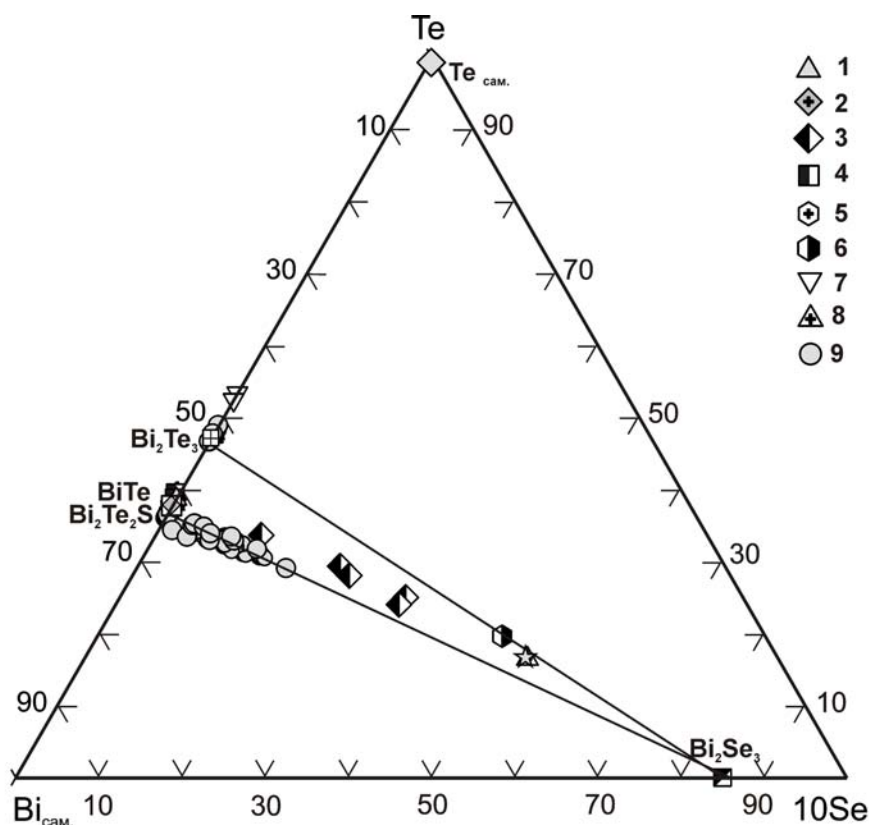


Рис. 6. Bi-Te-Se (мас. %) диаграмма для висмут-теллурических минералов золотосодержащих объектов
 1 - Восточно-Сергеевское рудопоявление (Среднее Приднестровье), [16]; 2 - Эргелях (Северо-Восток России), [3];
 3 - Портовело-Зарума (Эквадор), [30]; 4 - Новы Книн (Чехия)[29]; 5 - Дарасунское (Восточное Забайкалье), [20];
 6 - Прасоловское (о. Кунашир), [8]; 7 - Джугаджак (Магаданская обл.), [21]; 8 - Кавацулит; 9 - Болотистое.

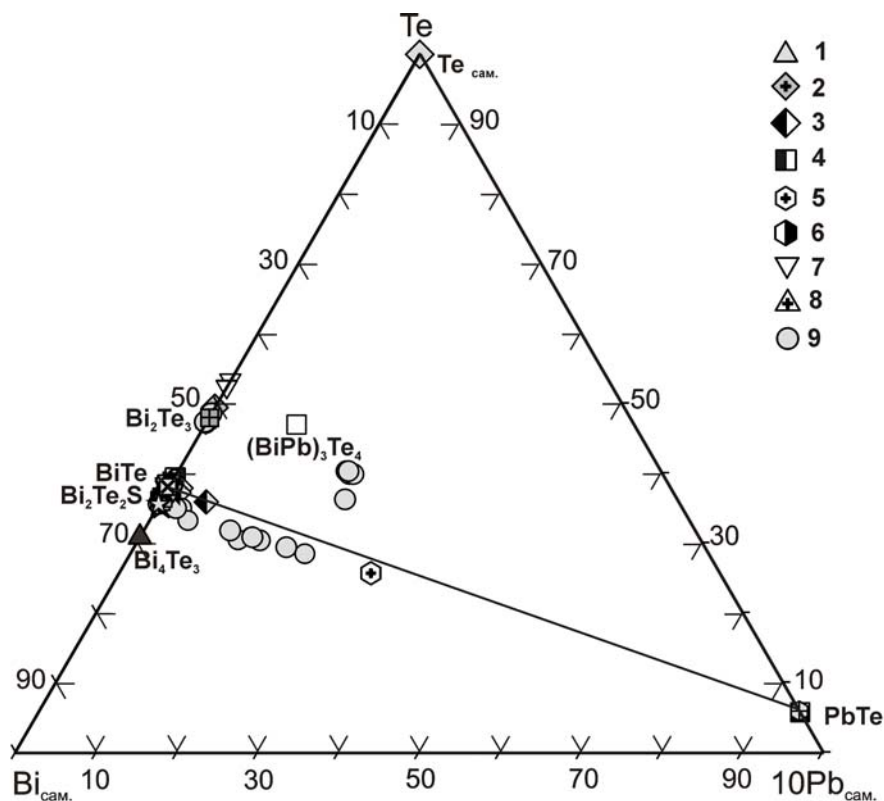


Рис. 7. Bi-Te-Pb (мас. %) диаграмма для висмут-теллурических минералов золотосодержащих объектов
 Условные обозначения те же, что и на рис. 6.

Особенности состава Bi-Te минералов рудопоявления наглядно отражаются на диаграммах Bi-Te-Se (рис. 6) и Bi-Te-Pb (рис. 7). На диаграмме Bi-Te-Se минералы

Болотистого образуют единый тренд ряда тетрадимит-гуанахуатит с возрастанием Se компонента (до 7 %). Порядок кристаллизации в совокупности с геохимическими данными свидетельствует о привносе Se на заключительных стадиях формирования месторождения. Это свидетельствует о первичном магматическом источнике Se, то же следует и из анализа диаграммы Bi-Te-Pb в ряду тетрадимит-алтаит, где обогащение Pb-компонентом также достигает 7 %. Точки состава Болотистого рудопроявления совпадают с данными по золоторудным месторождениям Дарасунское, Джугаджак, Ново Книн, Портовело-Зарума и Эргелях. На продолжении указанных трендов к вершинам Se и Pb располагаются точки составов вулканогенного Прасоловского месторождения.

Заключение

Висмут-теллуровые минералы рудно-россыпного участка Болотистый на основе проведенных исследований относятся к теллуrowисмутиту (Bi_2Te_3), тетрадимиту ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$), цумоиту (BiTe) и самородному висмуту. В рядах тетрадимит-гуанахуатит и тетрадимит-алтаит наблюдается замещение (до 7 %) тетрадимитового компонента соответственно селеновой и свинцовой составляющими, что обычно характерно для месторождений вулканогенного (Прасоловское). В связи с этим возникает проблема поиска магматического источника оруденения. Поскольку в районе рудопроявления развиты исключительно базальтоидные и габброидные комплексы, которые не могут быть таким источником, можно предполагать, что генератором оруденения послужили нескрытые эрозией тела кислого состава, дериватами которых являются дайки дацитов. и смешанного (интрузивно-вулканогенного) типов (Дарасунское). Выявленные типоморфные особенности минеральных парагенезисов на изученном золоторудном объекте могут также иметь важное поисковое значение и использоваться в дальнейшем при изучении вопросов их генезиса.

Автор выражает благодарность В.В. Иванову и С.В. Леснову за предоставление материала и помощь в проведении полевых работ.

Литература

1. Алабин Г.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау / Тр. Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Новосибирск: СО РАН. НИЦ ОИГГМ, 1999. Вып. 843. 237 с.
2. Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Золото-редкометалльные месторождения Востока России // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 3. С. 94-103.
3. Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Au-редкометалльные месторождения: перспективы промышленного освоения / Au Сибири и ДВ: геология, геохимия, технологич. экономика, экология. Улан-Удэ. 2004. С. 57-58.
4. Иванов В.В., Замбрицкий А.И., Молчанова Г.Б., Лотина А.А., Нарнов Г.А., Афанасьева Т.Б. Особенности минералогии золото-висмут-теллуrowого оруденения Сихотэ-Алиня / Современные проблемы металлогении: Материалы научной конференции посвященной 90-летию академика Х.М. Абдуллаева. Ташкент, 2002. С. 176-178.
5. Иванов В.В., Колесова Л.Г., Лотина А.А. Минералы платиноидов в золотых россыпях западных отрогов Сихотэ-Алиня / Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 16-й научной конференции. Сыктывкар, 2007. С. 110-112.

6. Иванов В.Н., Монахов В.С., Рязанцева Л.А., Великанов Ю.Ф., Дудник Н.Ф. Золото-молибденитовая с теллуридами ассоциация Восточно-Сергеевского рудопоявления (Среднее Приднепровье) // Минералогический журнал. 2004. Т.26. № 4. С. 78-83.
7. Ивенс Ю.П., Левин В.И. Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации / Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М.: Наука, 1975. С. 5-120.
8. Кемкина Р.А., Кемкин И.В. Вещественный состав руд и минералого-геохимическая методика оценки потенциального загрязнения окружающей среды токсичными элементами (на примере Прасоловского Au-Ag месторождения). Владивосток: Дальнаука, 2007. 212 с.
9. Коваленкер В.А., Бортников Н.С., Тронева Н.В. Химический состав и минеральные парагенезисы Ag-(Cu)-Pb-Bi-сульфосолей в рудах Кочбулакского месторождения // Минералогический журнал. 1984. Т. 6. № 2. С. 16-30.
10. Спиридонов Э.М. Минералогия метаморфизованного плутогенного золото-кварцевого месторождения Кочкарское, Южный Урал. I. Золото-теллуридные руды // Зап. ВМО. 1995. Ч. 124. Вып. 6. С. 24-39.
11. Спиридонов Э.М. Минералогия метаморфизованного плутогенного золото-кварцевого месторождения Кочкарское, Южный Урал. II. Золото-галенит-висмутиновые руды // Зап. ВМО. 1996. Ч. 125. Вып. 6. С. 1-10.
12. Степаненко В.М., Замбрицкий А.И., Буряк В.А. Новый (Болотистый) золотоносный узел в Западно-Сихотэ-Алинском поясе – показатель развития молодого (эоценового) плутогенного золотого оруденения россыпеобразующей формации в этом поясе / Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов. Материалы международной научной конференции. Благовещенск. 2001. С. 145-147.
13. Сушкин Л.Б. Минералого-геохимические особенности Болотистого золоторудного поля (Западный Сихотэ-Алинь) / Тектоника и металлогения Северной Циркум-Пацифики и Восточной Азии. Материалы конференции посвящ. памяти Л.М. Парфенова. Хабаровск, 2007. С. 86-87.
14. Тимофеевский Г.И. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. М.: Недра, 1972. 260 с.
15. Типоморфизм минералов и его практическое значение // М.: Недра, 1972. 247 с.
16. Фомина М.И. Золото-редкометалльное оруденение в экзоконтактах палеозойских интрузивов (Омолонский срединный массив) / Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Сборник научных трудов. С. 77-92.
17. Cameron S. Rombach, Rainer J. Newberry. Shotgun deposit: granite porphyry-hosted gold-arsenic mineralization in southwestern Alaska, USA // Miner. Deposit., 2001. P. 607-621.
18. Clark S.H.B., Gray K.J., Back J.M. Geology of the barite hill gold-silver deposit in the southern Carolina slate belt // Economic geology and the bulletin of the society of economic geologists. 1999. Vol. 94. Iss 8. P. 1329-1346.
19. Grabezhev A.I., Sazonov V.N. Murzin V.V., Moloshag V.P., Sotnikov V.I., Kuznetsov N.S., Puzhakov B.A., Pokrovskii B.G. Bereznyakovsk gold deposit (South Urals, Russia) // Geology of ore deposits. 2000. Vol 42. Iss 1. P. 33-46.
20. Fuertes-Fuente M., Martin-Izard A., Nieto J.G., Maldonado C., Varela A. Preliminary mineralogical and petrological study of the Ortosa Au-Bi-Te ore deposit: a reduced gold skarn in the northern part of the Rio Narcea Gold Belt, Asturias, Spain // J. of geochemical exploration. 2000. Vol. 71. Iss 2. P. 177-190.
21. Maloof T. L., Baker T., Thompson J. F. H. The Dublin Gulch intrusion-hosted gold deposit, Tombstone plutonic suite, Yukon Territory, Canada // Miner. Deposit. 2001. V. 36. P. 583-593.
22. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales, Australia // Miner. Deposit. 2001. V. 36. P. 542-562.

23. Rombach C.S. and Neberry R.J. Genesis and mineralization of the Shotgun deposit, southwestern Alaska // *Miner. Deposit.* 2001. V. 36. P. 607-621.
24. Sejkora J., Litochleb J., Plasil J., Bures B. Tsumoite and associated tellurides from the Au deposit Libcice near Novy Knin, Czech Republic: mineralogy and genetic significance // *J. of Geosciences.* 2009. V. 59. P. 73-82.
25. Vikentyev I., Banda R., Tsepin A., Prokofiev V., Vikentyeva O. Mineralogy and formation conditions of Portovelo-Zaruma gold-sulphide vein deposit, Ecuador // *Geochemistry, mineralogy and petrology.* 2005. № 43. P. 148-154.
26. Voicu G., Bardoux M., Jebrak M. Tellurides from the Paleoproterozoic Omai gold deposit, Guiana Shield // *Canad. Miner.* 1999. V. 37. P. 559-573.