

ЗОЛОТО-ПАЛЛАДИЙ-ПЛАТИНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПАЛЕОЦЕНОВЫХ ЭКСПЛОЗИВНЫХ СТРУКТУР ТАУХИНСКОГО ТЕРРЕЙНА (СИХОТЭ-АЛИНЬ)

Е.В. Перевозникова, В.Т. Казаченко

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: elena_valper@yandex.ru; vkazachenko@mail.ru

Поступила в редакцию 23 марта 2017 г.

Благороднометалльная минерализация палеоценовых взрывных структур Таухинского террейна Сихотэ-Алиня относится к золото-палладий-платиновому типу. Она встречается в магматических породах, флюидолитах и родингитах. Особенностью благороднометалльной минерализации является присутствие в ее составе т.н. «медистого золота», а также его ассоциация с соединениями Ni, Sb и S, самородными элементами, неупорядоченными твердыми растворами металлов и интерметаллидами. В этом отношении она обнаруживает много общего с благороднометалльной минерализацией в родингитах некоторых известных проявлений. Самородные элементы, неупорядоченные твердые растворы и интерметаллические соединения различных, в том числе, благородных металлов, образовались в высоко- и ультравосстановительных условиях в результате низко-среднетемпературной гидротермальной деятельности, сопровождавшей становление палеоценовых взрывных структур Таухинского террейна.

Ключевые слова: магматические породы, взрывные структуры, золото-палладий-платиновая минерализация, самородные элементы, интерметаллические соединения, палеоцен, Сихотэ-Алинь.

ВВЕДЕНИЕ

В Таухинском террейне Сихотэ-Алиня присутствуют выходы необычных по составу, текстурным и структурным особенностям магматических образований: меланократовых амфиболовых габбро, горнблендитов, флогопит-оливиновых, слюдисто-полевошпатовых, карбонатитоподобных и других пород. Они относятся к палеоценовому магматическому комплексу и вместе с флюидолитами и родингитами слагают взрывные структуры [7]. В породах «трубок взрыва» присутствует Au-Pd-Pt минерализация и необычные по составу частицы, представленные самородными элементами, неупорядоченными твердыми растворами и интерметаллическими соединениями различных металлов. Целью исследований являлось выяснение особенностей химического состава и происхождения этих минеральных образований.

МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализы минералов производились в полированных препаратах. Для исключения загрязнения шлифы тщательно промывались. Отсутствие посторонних частиц на полированной поверхности

контролировалось с помощью бинокулярного микроскопа при увеличении до 60 раз. Затем шлифы изучались под поляризационным микроскопом в отраженном свете при увеличении до 250 раз. При обнаружении частиц самородных металлов свежие сколы небольших фрагментов шлифов шлифовались и полировались вручную на стекле и плотной бумаге (перфокарте). В случае присутствия в свежих сколах образцов видимых невооруженным глазом или под бинокуляром вкрапленности или скоплений металлических частиц для предварительной диагностики иногда выполнялся качественный анализ на неполированных поверхностях. Для обеспечения электропроводности применялось графитовое напыление.

Анализы минералов на рентгеноспектральном микроанализаторе (табл. 1–4) выполнены в ДВГИ ДВО РАН на приборе JXA8100 с тремя волновыми спектрометрами и энергодисперсионным спектрометром INCAx-sight при ускоряющем напряжении 20 kV и токе $1 \cdot 10^{-8}$ А. В качестве стандартов использованы чистые металлы, зерна минералов (проанализированные другими методами), а также набор эталонов, поставляемых фирмой Agar scientific. При опреде-

лении состава минералов на рентгеноспектральном микроанализаторе использовался только принятый в лаборатории рентгеновских методов ДВГИ ДВО РАН в качестве основного и хорошо апробированный (в течение более чем десятилетнего периода) метод энерго-дисперсионной спектрометрии (EDS).

Совместное использование методов EDS и WDS (волновой-дисперсионной спектрометрии) в этой организации, главным образом, только при выполнении анализов F-содержащего биотита позволяет периодически контролировать сопоставимость результатов (используется один и тот же набор стандартов при ускоряющем напряжении 10 кV).

Многие акцессорные минералы встречаются лишь в виде мельчайших зерен, вследствие чего в анализах обычно присутствуют содержания «чужеродных» для них порообразующих элементов. Тем не менее, такие анализы, после исключения «чужеродных» элементов, хорошо рассчитываются на теоретические формулы анализировавшихся минералов. Прочие анализы минералов (табл. 5) выполнялись в Центре коллективного пользования ИБМ ДВО РАН методом аналитической растровой электронной микроскопии с помощью РЭМ «EVO 40XVP» фирмы «Carl Zeiss» (Германия), оснащенном энергодисперсионным рентгеновским спектрометром INCA Energy с «безазотным» полупроводниковым детектором (ООО «Oxford Instruments», Англия). Измерения производились при ускоряющем напряжении 20 кV. Расчеты выполнялись с помощью программного комплекса ЭД спектрометра по стандартной методике, предусматривающей приведение концентраций элементов к величинам, в сумме составляющим 100 %. Диагностика всех упоминаемых в работе минералов подтверждена определением их состава.

Определение содержания благородных металлов (табл. 6) атомно-абсорбционным методом выполнено в лабораториях аналитической химии (подготовка рабочего раствора) и в лаборатории анализа благородных металлов (измерения) ДВГИ ДВО РАН. Для приготовления рабочего раствора использовалось кислотное разложение проб с утилизацией фильтров (путем т.н. «мокрого сжигания») с последующим восстановлением благородных металлов хлоридом двухвалентного олова и соосаждением с теллуром. Для подтверждения достоверности концентраций были выполнены повторные анализы проб (табл. 6, партия 1-1). Полученные значения, кроме того, частично заверены рентгенофлюоресцентным методом в ИХ ДВО РАН (табл. 6) путем измерений в тех же растворах, что и при атомно-абсорбционном анализе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таухинский террейн (рис. 1) является фрагментом неокомской аккреционной призмы, сложенной юрскими и раннемеловыми терригенно-турбидитовыми хаотическими образованиями. В его меланжевом комплексе в виде олистолитов и олистоплак присутствуют пермские и триасовые силициты, юрские кремнисто-глинистые отложения, граносиениты сергеевского комплекса [9], а также фрагменты девон-пермских и триасовых рифовых массивов. К последним приурочены традиционно относимые к скарновым Дальнегорское боросиликатное, полиметаллические и железорудные месторождения Дальнегорского и Ольгинского рудных районов.

Породы Таухинского террейна прорваны и перекрыты позднемеловыми преимущественно кислыми образованиями Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса и продуктами палеогенового кислого, бимодального и высокоглиноземистого базальтового вулканизма Хасано-Амурского ареала [2]. На Мокрушинской, Широкопаднинской и других площадях Ольгинского района присутствуют палеоценовые взрывные структуры, с которыми связаны родингиты и Au-Pd-Pt минерализация [7, 8].

К настоящему времени детально изучены флюидолиты и магматические породы Мокрушинской взрывной структуры Ольгинского рудного района, представленные необычными по структурным и текстурным особенностям образованиями, состав которых изменяется от ультраосновного до среднего и от субщелочного до щелочного. К ним относятся флогопит-оливиновые, а также слюдисто-полевошпатовые и амфибол-полевошпатовые породы, которые по минеральному составу, в основном, соответствуют керсантитам, минеттам и амфиболовым лампрофитам, но отличаются от классических представителей этих пород текстурными и структурными особенностями. К палеоценовому комплексу относятся также субщелочные горнblendиты, меланократовые амфиболовые габбро, карбонатитоподобные и другие породы. Присутствие Au-Pd-Pt минерализации в коренных породах взрывных структур представляет особый интерес, так как известно, что с родингитами и породами ряда «керсантит-минетта» связаны месторождения Au [12, 17–21, 24–28].

Золото-палладий-платиновая минерализация, а также самородные формы и интерметаллические соединения разнообразных металлов обнаружены в флогопит-оливиновых породах, родингитах, флюидолитах и гидротермально-измененных (амфиболитизированных и эпидотизированных) туфоподобных

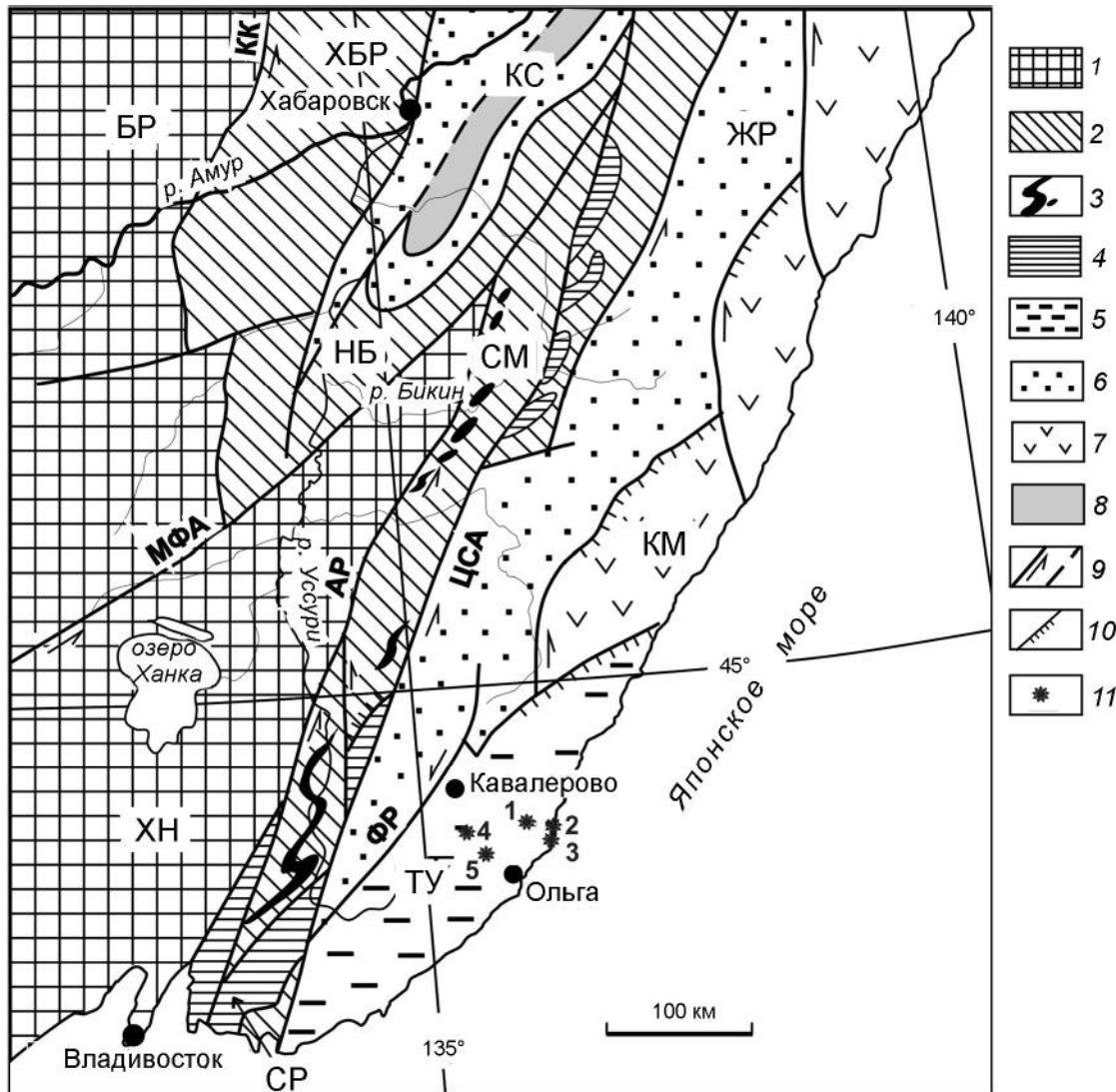


Рис. 1. Положение изученной площади в Сихотэ-Алине. Тектоническая основа по А.И. Ханчуку [2].

1 – массивы: ХН – Ханкайский, БР – Буреинский; 2 – юрские террейны (фрагменты аккреционных призм): СМ – Самаркинский, НБ – Наданьхада-Бикинский, ХБР – Хабаровский; 3 – калиновские офиолиты (девон); 4 – фрагменты докембрийского-раннепалеозойского континента, включенные в структуры юрской аккреционной призмы и испытавшие вместе с ними цикл син- и постаккреционных преобразований (СР – Окраинско-Сергеевский комплекс Самаркинского террейна); 5–8 – раннемеловые террейны-фрагменты: 5 – неокомовской аккреционной призмы (ТУ – Таухинский), 6 – приконтинентального спредингового турбидитового бассейна (ЖР – Журавлевско-Амурский), 7 – баррем-альбской островодужной системы (КМ – Кемский), 8 – альбской аккреционной призмы (КС – Киселевско-Маноминский); 9 – левые сдвиги, в том числе: КК – Куканский, АР – Арсеньевский, МФА – Мишань-Фушуньский (Алчанский), ЦСА – Центральный Сихотэ-Алинский, ФР – Фурмановский; 10 – надвиги; 11 – выходы пород эксплозивных структур на Мокрушинской площади (1), в гранитном и осадочном обрамлении залива Владимир (2) и бухты Южной (3), в окрестностях с. Серафимовка (на северо-западной и юго-восточной границах Широкопаднинской площади) (4, 5).

породах палеоценовых эксплозивных структур Таухинского террейна. Флогопит-оливиновые породы дайковой фации (рис. 2) относятся к щелочным ультраосновным, ультражелезистым и высокомагнезильным породам калиевой серии ($K_2O/Na_2O \geq 9$) [7]. Для них характерно низкое содержание TiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , CaO и Na_2O и необычайно высокое для магматических пород содержание MnO . Основными эле-

ментами внутреннего строения флогопит-оливиновых пород являются фенокристаллы, основная масса, включения различной природы в фенокристаллах и в основной массе, обособления и гнезда различного происхождения. Характерными являются также реакционные каймы вокруг зерен минералов, прожилки вулканического стекла и сообщества эпигенетических минералов в межзерновом пространстве поро-

ды, маломощных зонках взрывного дробления, вдоль трещин спайности флогопита и в прожилках. Фенокристаллы представлены богатым Si флогопитом, титаномагнетитом, богатым Mn ильменитом и Si -содержащим F -апатитом. Основная масса сложена марганцовистым гортонолитом, богатым Si флогопитом, ильменит-пиррофанитовым твердым раствором и Si -содержащим F -апатитом. В краевой части оливинных зерен присутствуют более железистые и марганцовистые реакционные каемки. Характерны расплавленные включения солей и почти нацело резорбированные, нередко оплавленные включения богатого Zn плеонаста в флогопите, окруженные реакционными каемками хлорита.

Флогопит-оливиновые породы содержат участки различного размера и формы, сложенные флогопит-тремолитовой (\pm оливин) магматической породой. Тремолитсодержащие участки отличаются от флогопит-оливиновой породы более крупными кристаллами минералов, главными из которых являются тремолит, флогопит и, в меньшей мере, оливин. Присутствуют включения частично контаминированных кристаллов оливина, центральные части которых разложены на серпентин и магнетит, а краевые представляют собой келифитовую кайму, сложенную куммингтонитом.

В тремолитсодержащих участках встречаются продукты кристаллизации остаточного расплава, сложенные леллингитом, пирротинном, магнетитом, кобальтином и брейтгауптитом (табл. 1) в разных комбинациях и пропорциях. По морфологическим особенностям и составу они относятся к двум типам, отвечающим продуктам кристаллизации капель расплава или его «выжимок» в трещины и в межзерновое пространство.

Золото-палладий-платиновая минерализация в флогопит-оливиновых породах является составной частью комплекса эпигенетических минералов гидротермального происхождения. К ним относятся серпентин, тальк, миннесотаит, анкерит, кутнагорит, сидерит, магнетит, хлорит, брейтгауптит, кобальтин, соединения V и Te , палладистое и т.н. «медистое золото», выполняющие межзерновое пространство, маломощные зонки взрывного дробления и прожилки. Наиболее характерными являются эпигенетические преобразования оливина со стороны межзернового пространства и флогопита вдоль плоскостей спайности. Изменение оливина и некоторых других минералов вдоль контактов зерен, заключавшееся в их разложении на магнетит и водные силикаты Mg и Fe , во многих случаях приводило к образованию пельчатой структуры.

Эпигенетические изменения флогопита заключались в образовании хлорита и магнетита вдоль плоскостей спайности, а также хлоритовых каемок и мелких зерен магнетита и сфалерита на контактах с включениями шпинели. Скопления зерен «медистого золота» приурочены к зонкам флюидно-взрывного дробления с продуктами гидротермального разложения оливина или к деформированным и слегка расщепленным кристаллам флогопита, содержащим эпигенетические хлорит и магнетит (рис. 3, а, б). В деформированных флогопитовых кристаллах «медистое золото» слагает не только многочисленные зерна, но и каемки на зернах магнетита, а также выполняет микротрещины в нем. «Медистое золото» представлено соединением, близким по составу к купроауриду, а также необычной, очень богатой Zn (до 12.65 мас. %) Ni -содержащей (до 1.28 мас. %) разновидностью аурикуприда переменного состава (табл. 2). Расположение точек последнего минерала на диаграмме (рис. 4) в пределах достаточно узкого поля, параллельного « $(\text{Cu}, \text{Ni})\text{-Zn}$ »-стороне треугольника, наводит на мысль о преимущественном изоморфном замещении цинком меди, а не золота. Такая же разновидность «медистого золота», представленная не купроауридом, а аурикупридом, в котором Ni преобладает над Zn (до 7.58 и 4.34 мас. %, соответственно) обнаружена в аллювиальных отложениях одного из ключей Мокрушинской площади, дренирующих взрывную структуру [8].

Минералы, одновременно содержащие Au и Ni , являются, очевидно, большой редкостью. Подобные минералы (золотосодержащий никель, никельсодержащее золото и интерметаллическое соединение Ni_3Au) вместе с «медистым золотом» ранее были обнаружены в триасовых метаморфизованных яшмах и углеродистых глинисто-кремнистых породах Сихотэ-Алиня [11]. Кроме «медистого золота» в флогопит-оливиновых породах встречаются рассеянные мельчайшие включения самородного золота с небольшой изоморфной примесью палладия (табл. 2). К продуктам гидротермального разложения оливина иногда приурочены единичные зерна брейтгауптита, кобальтина или скопления очень мелких зерен минералов V и Te , таких как самородный V , цумоит, хедлейит, соединение V_3Te , а также жозеит, содержащий небольшую изоморфную примесь Pb (рис. 3 в; табл. 1). Незнакомое соединение V_3Te ранее было обнаружено в Кондерском щелочно-ультраосновном массиве [23] и в некоторых других местах. Флогопит-оливиновые породы по результатам анализа одной пробы атомно-абсорбционным методом содержат (г/т) 0.68 Au , 1.86 Pt и 0.01 Pd .

Флюидолиты слагают диатремы и внешне напоминают туфы, туффзиты, туфобрекчии и брекчии с

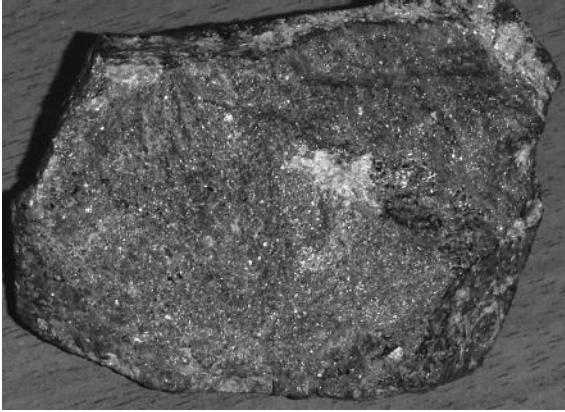


Рис. 2. Флогопит-оливиновая порода.

Мелкие белые участки соответствуют флогопитовым кристаллам в положении максимального отражения. Размер штуфа по длинной стороне составляет ~ 10 см.

обломками осадочных и магматических слюдисто-полевошпатовых и амфибол-полевошпатовых пород (рис. 5). Обломки богатых Са магматических пород и соседствующие с ними обломки кремней нередко частично замещены родингитами. Особенностью флюидолитов является присутствие обломков изначально углеродистых глинисто-кремнистых пород, превращенных в микрозернистую черную графит-альбит-калишпат-кварцевую породу, а также маломощных прожилков и просечек графита. Цемент флюидолитов Мокрушинской структуры состоит из раздробленного и перекристаллизованного материала осадочных пород или представляет собой продукты кристаллизации своеобразной «кашицы» или «грязевой» смеси, состоящие из мелких обломков пород, зерен калиевого полевого шпата, плагиоклаза, кварца и других минералов в полевошпатовой матрице. На фронте внедрения такой смеси в известняки происходило дробление и плавление последних и кристаллизация образовавшегося карбонатного расплава (рис. 6). В флюидолитах встречаются обломочные зерна апатита, рутила, оплавленные обломки кварца, алмандина с содержанием пиропового минала до 18 мол. %, новообразованные зерна циркона, ильменита, титанита, пренита, хлорита, калиевого полевого шпата,

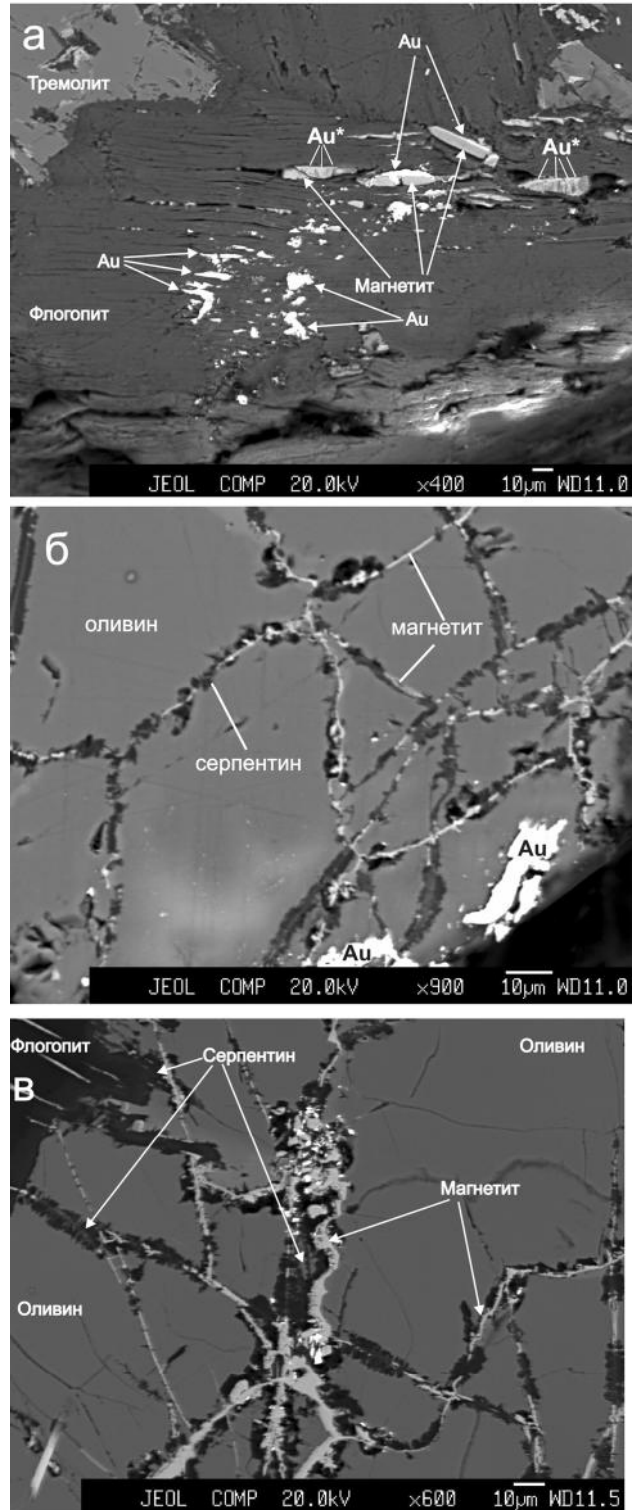


Рис. 3. Скопления зерен богатого Zn и Ni аурикуприда (а, б) и висмутовых минералов (в) в флогопит-оливиновых породах Мокрушинской площади.

а – зерна аурикуприда (белые и светло-серые участки от относительно крупных до едва различимых) в деформированном флогопите, каемки (белые участки) на зернах раздробленного магнетита и зонки ультрадисперсного аурикуприда в магнетите. Au и Au* на рисунке – наиболее крупные зерна (Au) и зонки ультрадисперсного аурикуприда (Au*); б – зонка взрывного дробления в оливине с эпигенетическими серпентином, магнетитом и аурикупридом (мелкие белые участки в прожилках и в оливине, а также относительно крупные участки (Au) в оливине; в – зонка взрывного дробления с продуктами разложения оливина и скоплением зерен минералов Bi и Te (яркие).

Таблица 1. Состав минералов Ni, Co и Bi из флогопит-оливиновых пород Таухинского террейна (мас. %).

№ п/п	O	Mg	Si	S	Mn	Fe	Co	Ni	As	Sb	Te	Bi	Сумма	Формула
1				0.36		15.16	8.05	5.65	71.64				100.86	(Fe _{0.54} Co _{0.27} Ni _{0.19}) _{1.00} (As _{1.90} S _{0.02}) _{1.92}
2				0.56		16.09	6.90	5.47	72.78				101.80	(Fe _{0.57} Ni _{0.19} Co _{0.24}) _{1.00} (As _{1.96} S _{0.04}) _{2.00}
3	8.67		2.86	14.96		4.69	24.35	3.73	38.90				98.17	(Co _{0.80} Ni _{0.12} Fe _{0.16}) _{1.08} As _{1.01} S _{0.91}
4				19.26		5.50	25.5	5.45	44.19				99.90	(Co _{0.72} Ni _{0.15} Fe _{0.16}) _{1.03} As _{0.98} S _{0.99}
5			0.22	18.61		5.48	21.58	8.56	44.02				98.46	(Co _{0.61} Ni _{0.25} Fe _{0.17}) _{1.03} As _{0.99} S _{0.98}
6	12.80		8.22	14.52		2.86	26.22		35.04				101.88	Co _{0.98} As _{1.03} S _{0.99}
7	22.60		0.45	0.97		52.67		9.28	1.87	14.47			102.31	Ni _{0.95} (Sb _{0.72} As _{0.15} S _{0.18}) _{1.05}
8	24.37	7.32	6.03		0.56	20.98		14.97	3.93	24.18			102.33	Ni _{1.00} (Sb _{0.79} As _{0.21}) _{1.00}
9	8.33	1.21	2.47			7.96					29.87	52.16	102.01	Bi _{1.03} Te _{0.97}
10											23.58	76.50	100.08	Bi _{1.99} Te _{1.01}
11	1.80	2.33	2.45			4.70					14.29	72.81	100.66	Bi _{3.03} Te _{0.97}
12				12.04							12.69	75.63	101.19	(Bi _{3.87} Pb _{0.04}) _{3.91} Te _{1.07} S _{4.02}

Примечание. Кроме того, в ан. 6 – 2.22 Са; 11 – 1.59 F, 0.21 Al и 0.48 Cr; 12 – 0.83 Pb. Минералы: леллингит (1, 2), кобальтин (3–6) из продуктов кристаллизации остаточного расплава (3–5) и эпигенетического изменения флогопит-оливиновых пород (6), брейтгауптит (7, 8) из продуктов кристаллизации остаточного расплава (7) и эпигенетического изменения флогопит-оливиновых пород (8), цумоит (9), хедлейит (10), Bi₃Te (11), жозеит (12).

Таблица 2. Состав (мас. %) некоторых минералов меди и золота из гидротермально-измененных магматических пород и флюидолитов Мокрушинской площади.

№	проба	Ni	Cu	Zn	Sn	Ag	Au	Pd	сумма	минерал	формула
1	M-86-32		45.67	2.26		1.92	50.14		99.99	аурикуприд	(Cu _{2.80} Zn _{0.13}) _{2.93} (Au _{0.99} Ag _{0.08}) _{1.07}
2		0.24	43.94	4.4		2.21	48.4		99.19	аурикуприд	(Cu _{2.65} Zn _{0.26} Ni _{0.07}) _{2.98} (Au _{0.94} Ag _{0.08}) _{1.02}
3			50.16	10.52			39.32		100.00	аурикуприд	(Cu _{2.75} Zn _{0.56}) _{3.31} Au _{0.69}
4		1.27	48.8	10.55		0.87	38.47		99.96	аурикуприд	(Cu _{2.65} Zn _{0.56} Ni _{0.08}) _{3.29} (Au _{0.68} Ag _{0.03}) _{0.71}
5		0.56	46	10.48		1.85	40.61		99.50	аурикуприд	(Cu _{2.57} Zn _{0.57} Ni _{0.06}) _{3.20} (Au _{0.74} Ag _{0.06}) _{0.80}
6		1.28	50.45	10		0.84	37.44		100.01	аурикуприд	(Cu _{2.72} Zn _{0.52} Ni _{0.08}) _{3.32} (Au _{0.65} Ag _{0.03}) _{0.68}
7			45.37	9.18			45.45		100.00	аурикуприд	(Cu _{2.63} Zn _{0.52}) _{3.15} Au _{0.85}
8			46.7	8.73			44.57		100.00	аурикуприд	(Cu _{2.69} Zn _{0.49}) _{3.18} Au _{0.82}
9			39.16	12.65		2.3	45.89		100.00	аурикуприд	(Cu _{2.32} Zn _{0.73}) _{3.05} (Au _{0.87} Ag _{0.08}) _{0.95}
10			50.69			1.71	47.61		100.01	аурикуприд	Cu _{3.02} (Au _{0.92} Ag _{0.06}) _{0.98}
11		0.4	43.48	7.73		4	43.73		99.34	аурикуприд	(Cu _{2.53} Zn _{0.44} Ni _{0.07}) _{3.04} (Au _{0.82} Ag _{0.14}) _{0.96}
12			19.7			11.06	69.23		99.99	купроаурид	Cu _{0.81} (Au _{0.91} Ag _{0.28}) _{1.19}
13			31.07			5.33	63.59		99.99	купроаурид	Cu _{1.13} (Au _{0.75} Ag _{0.12}) _{0.87}
14		1.06	46.11	10.13		1.05	41.64		99.99	аурикуприд	(Cu _{2.59} Zn _{0.55} Ni _{0.07}) _{3.21} (Au _{0.75} Ag _{0.04}) _{0.79}
15		1.01	45.38	9.9		1.04	42.69		100.02	аурикуприд	(Cu _{2.58} Zn _{0.54} Ni _{0.06}) _{3.18} (Au _{0.78} Ag _{0.04}) _{0.82}
16		1.25	46.44	9.98		0.79	41.49		99.95	аурикуприд	(Cu _{2.60} Zn _{0.54} Ni _{0.08}) _{3.22} (Au _{0.75} Ag _{0.03}) _{0.78}
17	M-86-31		28.52			4.32	67.11		99.95	купроаурид	Cu _{1.08} (Au _{0.82} Ag _{0.10}) _{0.92}
18							98.14	1.86	100.00	золото	Au _{0.97} Pd _{0.03}
19							98.13	1.87	100.00	золото	Au _{0.97} Pd _{0.03}
20							97.19	2.81	100.00	золото	Au _{0.95} Pd _{0.05}
21	11-19						96.55	2.29	98.84	золото	Au _{0.96} Pd _{0.04}
22							98.33	2.12	100.45	золото	Au _{0.96} Pd _{0.04}
23							97.24	2.07	99.31	золото	Au _{0.96} Pd _{0.04}
24	Ст-4			1.20		13.37	83.07		97.64	золото	Au _{0.75} Ag _{0.22} Zn _{0.03}
25	M-11-31		80.69		11.25				103.65	медь	Cu _{0.93} Sn _{0.07}
26			74.28		9.63				101.12	медь	Cu _{0.94} Sn _{0.06}
27			78.99		16.35				103.19	медь	Cu _{0.90} Sn _{0.10}
28			78.78		14.01				101.62	медь	Cu _{0.91} Sn _{0.09}
29	Ст-5		80.31	19.55					99.86	медь	Cu _{0.81} Zn _{0.19}

Примечание. 1–20 – из зонки флюидно-эксплозивного брекчирования (1–16) и рассеянной вкрапленности (17–20) в флогопит-оливиновых породах, 21–23 – из рассеянной вкрапленности в гидротермально-измененных (амфиболитизированных и эпидотизированных) магматических породах, 24 – из протоочки флюидолитов (анализ выполнен в полированном зерне), 25–29 – из вкрапленности в флюидолитах.

Таблица 3. Химический состав (мас. %) сульфидов, арсенидов, сульфоарсенидов, самородных элементов и интерметаллических соединений из апонитру-зивных ролдингитов Таухинского террейна.

№ п.п.	Проба	Точка	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Co	Ni	As	Сумма	Минерал	Формула
1	11-11	7	8.47			4.90		2.21	0.58	4.59	51.25	27.77				99.78	латунь	Cu _{0.65} Zn _{0.35}
2	M-11-12	1	14.14			8.86		8.53		0.95			0.38	27.02	34.91	103.52	никелин	(Ni _{0.99} Co _{0.01}) _{1.00} As _{1.00}
3	M-86-34	6	10.20	1.44	1.30	3.26		0.46	0.93	4.36		75.29				97.24	цинк	Zn _{1.00}
4		10	6.41		1.49	3.68	33.45	0.43		52.15						98.30	пирротин	Fe _{0.90} S _{1.00}
5		13	3.22		2.68	33.78		0.65	10.18	0.95	50.11					102.15	сфалерит	(Zn _{0.76} Fe _{0.17} Mn _{0.01} Cd _{0.01}) _{0.95} S _{1.05}
6		18	2.60	0.50	91.79	1.48			0.56							96.92	алюминий	Al _{1.00}
7		24	19.71	3.96	4.11	8.38		0.75	0.72	8.53	34.63	11.04		6.46		98.29	латунь	Cu _{0.66} Ni _{0.13} Zn _{0.21}
8		48	19.18	0.58	2.19	10.30		0.30	3.74	4.65	49.32			1.55		98.06	медь	Cu _{0.91} Ni _{0.03} Sn _{0.06}
9		56	28.39		24.67	9.27			1.67				13.78	3.68	19.96	101.42	кобальтин	(Co _{0.82} Ni _{0.22}) _{1.04} As _{0.94} S _{1.02}
10		58	11.67	0.52	2.34	9.30		0.70	0.39	36.07			37.04			100.08	FeCo	Fe _{1.01} Co _{0.99}
11		71	24.94		0.32	21.20	18.86		15.46				24.08	20.69		101.47	пентландит	Fe _{0.91} Ni _{1.16} S _{1.93}
12		75	17.57		1.37	7.27	14.59	0.20	0.69	4.27				29.85		99.89	кобальтин	Co _{0.97} As _{0.95} S _{1.08}
13		78	45.07			24.79										101.33	оксид Mo	
14		107	7.14	0.55	0.51	3.12		0.40	0.73	1.57	48.21	27.86		9.37		99.46	латунь	Cu _{0.56} Zn _{0.32} Ni _{0.12}
15		108	10.07		0.26	21.47				65.27				3.50		100.57	силицид Fe	(Fe,Ni) ₂ Si
16	M-86-23	11	25.55		1.37	23.58	0.39			2.24						97.35	сурьма	Sb _{0.98} Pb _{0.02}
17		17	5.51	0.52	1.97	2.71	0.30	1.21	0.35	2.78	11.90	2.65		67.58		97.47	никель	Ni _{0.83} Cu _{0.14} Zn _{0.03}
18		2	15.63		4.83	7.11	13.53	6.50		7.38			6.77	14.55	31.76	108.05	герсдорфит	(Co _{0.27} Ni _{0.59} Fe _{0.14}) _{1.00} As _{1.00} S _{1.00}
19		24	10.86		3.57	21.25		3.49		53.19				3.43		96.82	силицид Fe	(Fe, Ni, V) ₂ Si
20		29	19.48			14.35		8.01	0.36	3.89				27.08	29.91	103.09	никелин	Ni _{1.07} As _{0.93}
21		45			0.32	0.54		0.83						94.77		96.46	никель	Ni _{1.00}
22		46	10.71		3.87	15.42	2.51		9.38				7.28	15.70	36.37	101.24	герсдорфит	(Co _{0.26} Ni _{0.55} Fe _{0.19}) _{1.00} As _{1.00} S _{1.00}
23		61	10.10		7.16	4.82		2.65	0.43	2.14	76.27					103.59	цинк	Zn _{0.97} Cu _{0.03}
24	M-86-18a	104	3.92			1.46				1.44				0.31		101.06	сурьма	Sb _{0.95} Pb _{0.04} As _{0.01}

Примечание. Кроме того, в анализе: 2 – 0.26 Sc (мас. %) и 8.46 Ti; 4, 10, 16 – 0.68, 2.05 и 0.66 Na, соответственно; 5 – 0.59 Cd; 8 – 6.25 Sn; 13 – 31.47 Mo; 16 – 41.99 Sb и 1.59 Pb; 19 – 0.33 P и 0.69 V; 24 – 87.83 Sb и 6.1 Pb.

Таблица 4. Химический состав минералов благородных металлов (мас. %) из апонитрузивных рудингитов Таухинского террейна.

№ п.п.	Проба	Точка	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Cu	Ag	Pd	Au	Pt	Bi	Сумма	Минерал	Формула
1	M-86-34	12	20.58	0.54	0.87	5.95	8.13	1.00	0.79	4.89	56.17						98.92	сульфид Ag	Ag _{2.02} S _{0.98}
2		32	28.75	0.49	1.07	21.98		0.76		2.22			44.68				99.95	золото	Аu _{1.00}
3		44	23.88	0.45	0.49	17.67		0.57		1.98		5.49	51.51				102.04	золото	Аu _{0.84} Ag _{0.16}
4		66	9.69		0.44	6.86				1.44		11.49	71.83				101.75	золото	Аu _{0.77} Ag _{0.23}
5		68	28.69	2.58	2.85	10.94		5.14	0.70	13.72			37.75				102.39	золото	Аu _{1.00}
6		70	22.69		0.48	14.58				1.12	0.74		55.96				98.70	золото	Аu _{0.93} Cu _{0.04} Pb _{0.03}
7		85	20.09	1.56	1.69	6.07		1.18	0.69	8.23	18.03	4.28	42.57				104.39	купроаурид	Cu _{0.53} Au _{0.40} Ag _{0.07}
8		90	12.74			6.97			0.40		7.45	8.04	62.61				98.21	золото	Cu _{0.23} Au _{0.62} Ag _{0.15}
9		126	25.68		3.27	6.64		0.92	2.29		2.25	51.66		2.95			96.85	палладий	Pd _{0.90} Pt _{0.03} Cu _{0.07}
10		128	25.97		3.30	7.29		1.21	2.92		2.76	51.28		2.67			98.52	палладий	Pd _{0.89} Pt _{0.03} Cu _{0.08}
11		138	21.25	0.64	1.95	6.83		0.37	1.05	12.63				2.34	49.07		96.13	висмут	Вi _{0.95} Pt _{0.05}
12	M-86-23	4	19.44	0.84	2.73	9.90		5.37	1.22	5.40	15.29	2.32	35.33				97.84	купроаурид	Cu _{0.54} Au _{0.41} Ag _{0.05}
13		18	29.95	0.56	3.29	17.91		5.01	1.27	3.09	0.64		36.82				98.53	золото	Аu _{0.95} Cu _{0.05}
14		35	20.09		4.38	10.56	11.68	7.44	8.65	7.90	25.19						99.34	аргиродит	Ag _{7.96} Ge _{1.04} S ₆
15		38	20.73		4.26	11.39	13.46	6.41	11.49	11.08	21.00			1.80	3.94		103.11	аргиродит	Ag _{8.03} Ge _{0.97} S ₆
16		48	23.64			20.61			0.37		3.17	50.56					104.09	палладий	Pd _{0.86} Cu _{0.09} Pt _{0.02} Вi _{0.03}
17	M-86-18a	10	32.43	1.09	4.31	14.31		3.66	0.40	6.12	2.84	9.20	26.32				102.39	золото	Cu _{0.17} Au _{0.51} Ag _{0.32}
18		66	24.07	2.09	0.89	12.75		9.20	0.78	9.05			40.79				99.63	золото	Аu _{1.00}
19		92	16.24	1.05	0.69	5.17		2.94	0.44	8.42	18.73	5.02	43.12				101.83	купроаурид	Cu _{0.53} Au _{0.39} Ag _{0.08}
20	Ш-86-102	27	16.57	3.06	0.50	8.26		7.27	0.74	1.25			58.25				95.90	золото	Аu _{1.00}
21		42	19.91	3.24	0.79	9.57		8.52	1.48	2.00		7.76	18.78		26.45		100.60	Bi-Au-Ag-Te	Вi _{0.41} Au _{0.31} Ag _{0.23} Te _{0.05}
22		43	19.49	3.02	0.66	9.64		8.46	1.14	1.67		9.61	26.00		18.24		99.29	Au-Bi-Ag-Te	Вi _{0.28} Au _{0.41} Ag _{0.28} Te _{0.03}
23		115	15.98	2.14		4.94		5.14		1.15				69.15			98.50	платина	Pt _{1.00}
24		101	5.25		0.37	0.62	12.46	0.35			81.27						100.32	аргентит	Ag _{1.98} S _{1.02}
25	Ш-86-93	14	15.91	0.51		18.09		1.00	3.12		7.27	50.45		3.04			99.39	палладий	Pd _{0.78} Cu _{0.19} Pt _{0.03}
26		41	24.16	2.23		15.01		9.70	0.73	8.92	10.85	4.25	29.06				104.90	купроаурид	Cu _{0.48} Au _{0.41} Ag _{0.11}
27		45	11.09	0.46	0.61	2.14		1.05	0.36	2.63	9.19	66.99		3.37			99.51	палладий	Pd _{0.78} Cu _{0.18} Pt _{0.02} Zn _{0.02}
28		78	19.71	1.86		11.74		6.53	1.61	4.84	5.79	44.36		3.68			101.49	палладий	Pd _{0.76} Pt _{0.03} Cu _{0.17} Zn _{0.04}
29	Ш-86-130	75	18.87		4.73	3.45		0.80	1.73	5.56			8.33	54.76			98.23	платина	Pt _{0.78} Pd _{0.22}

Примечание. Кроме того, в анализах (мас. %): 6 – 2.14 Pb; 6, 9, 10, 17 – 0.64, 1.18, 1.12, 1.72 Na, соответственно; 14 – 1.23 K и 2.21 Ge; 15 – 5.52 Sb; 21, 22 – 2.09 и 1.36 Te; 27 – 0.48 K; 27, 28 – 1.12 и 1.37 Zn. Формула аргиродита, образующего включения в халькопирите, рассчитана из суммы атомных количеств Ag и Ge. Звездочка – в минерале может присутствовать Fe, количество которого невозможно учесть при расчете формулы из-за наличия в анализе «прихваченных» чужеродных породообразующих элементов (в том числе и Fe).

Таблица 5. Химический состав (мас. %) микрочастиц самородных металлов из прожилков в флюидолитах.

№ п/п	O	Al	Si	S	Ca	Cr	Fe	Cu	Sn	Ce
1	7.89		0.63			0.44		2.60	88.44	
2	15.50		1.64				0.61	2.06	80.19	
3	24.82	2.17	16.36	0.91	1.99	5.71	2.40	22.49	13.00	4.99
4	23.95	2.61	16.55	1.17	2.73	3.74	2.85	11.53	14.08	11.42
5	3.26		1.02			0.64	0.85	94.23		
6	18.71	0.58	4.80	0.41		0.90	1.01	10.91	60.86	1.82
7	25.60	1.52	20.28	1.08	1.05	1.23	1.47	34.29	10.97	2.51
8	26.99	2.47	18.40	1.08	2.51	4.73	2.92	24.74	12.18	3.98
9	4.35	0.41	1.30				0.87	93.07		

Примечание. Кроме того, в ан. 3, 4 (мас. %), , 1.05 и 1.22 Na, 0.52 и 0.57 Mg, 0.94 и 0.97 K, 2.62 и 5.85 La, соответственно; в ан. 4 – 0.76 F. 1–4 – рис. 8, 9 – рис. 8, б. Минералы: 1, 2 – самородное олово $Sn_{0.95}Cu_{0.05}$; 5, 9 – самородная медь $Cu_{1.00}$; 6, 8 – соединения $Cu_{1.00}Sn_{3.00}$ и $Cu_{3.96}Sn_{1.04}$, соответственно; 3, 4, 7 – анализы вмещающей матрицы на площади (3) и в точках (4, 7). Анализы выполнены П.П. Сафроновым.

Таблица 6. Содержание (г/т) Pt и Au по результатам анализа апоинтрузивных родингитов атомно-абсорбционным методом.

№ п/п	Проба	Партия 1		Партия 1-1	
		Pt	Au	Pt	Au
1	Ш-86-102	1.16; 1.24	0.08; 0.12	0.69	0.04
2	Шп-86-1	0.78	0.06	0.58	0.004
3	Ш-86-93	1.33	0.03	1.09; 0.30	0.02; 0.52
4	Ш-86-130	2.01	5.62	0.19; 2.22	9.74 (8.04); 3.77
5	М-86-18а	1.19; 1.87	0.05; 0.08	1.17	0.01
6	М-86-23	0.78	0.04	0.56	0.02

Примечание. Точкой с запятой и пробелом разделены результаты параллельных анализов; в скобках – результаты определения Au рентгено-флюоресцентным методом (в тех же растворах). 1–4 – Широкопаднинская площадь; 5–6 – Мокрушинская площадь. Особенности методики: кислотное разложение проб с утилизацией фильтров путем «мокрого» сжигания, с последующим восстановлением благородных металлов хлоридом двухвалентного олова и соосаждением с теллуrom.

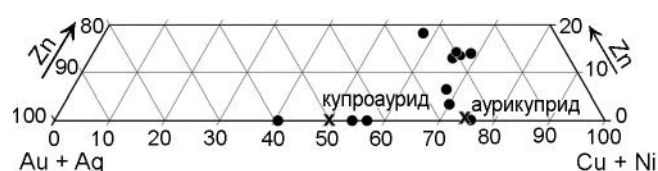


Рис. 4. Особенности состава «медистого золота» из флюидолит-оливиновых пород Таухинского террейна.

Крестиками показаны теоретические составы аурикуприда и купроаурида.

амфибола и геденбергита. Присутствует небольшая доля магматического цемента, образовавшегося в результате плавления продуктов тонкого дробления осадочных пород (рис. 7). Флюидолиты содержат рассеянную вкрапленность Sn-содержащей самородной меди (табл. 2, ан. 25–28). Встречаются гнезда и тонкие прожилки прозрачного минерала, секущие цемент и обломки разнообразных пород (в т.ч. родингитизированных), присутствующих в флюидолитах. Они содержат включения графита и «насыщены»

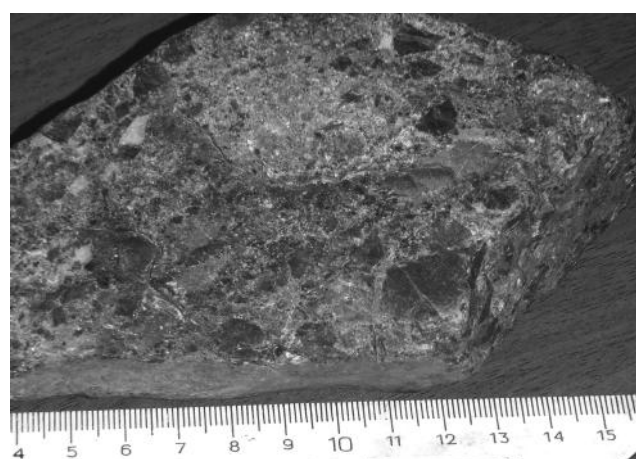


Рис. 5. Внешний облик флюидолитов по осадочным породам.

микрочастицами самородной Cu, Cu-содержащего самородного Sn и интерметаллических соединений Cu и Sn (рис. 8, табл. 5). Вмещающая микрочастицы «матрица» по результатам площадного сканирования

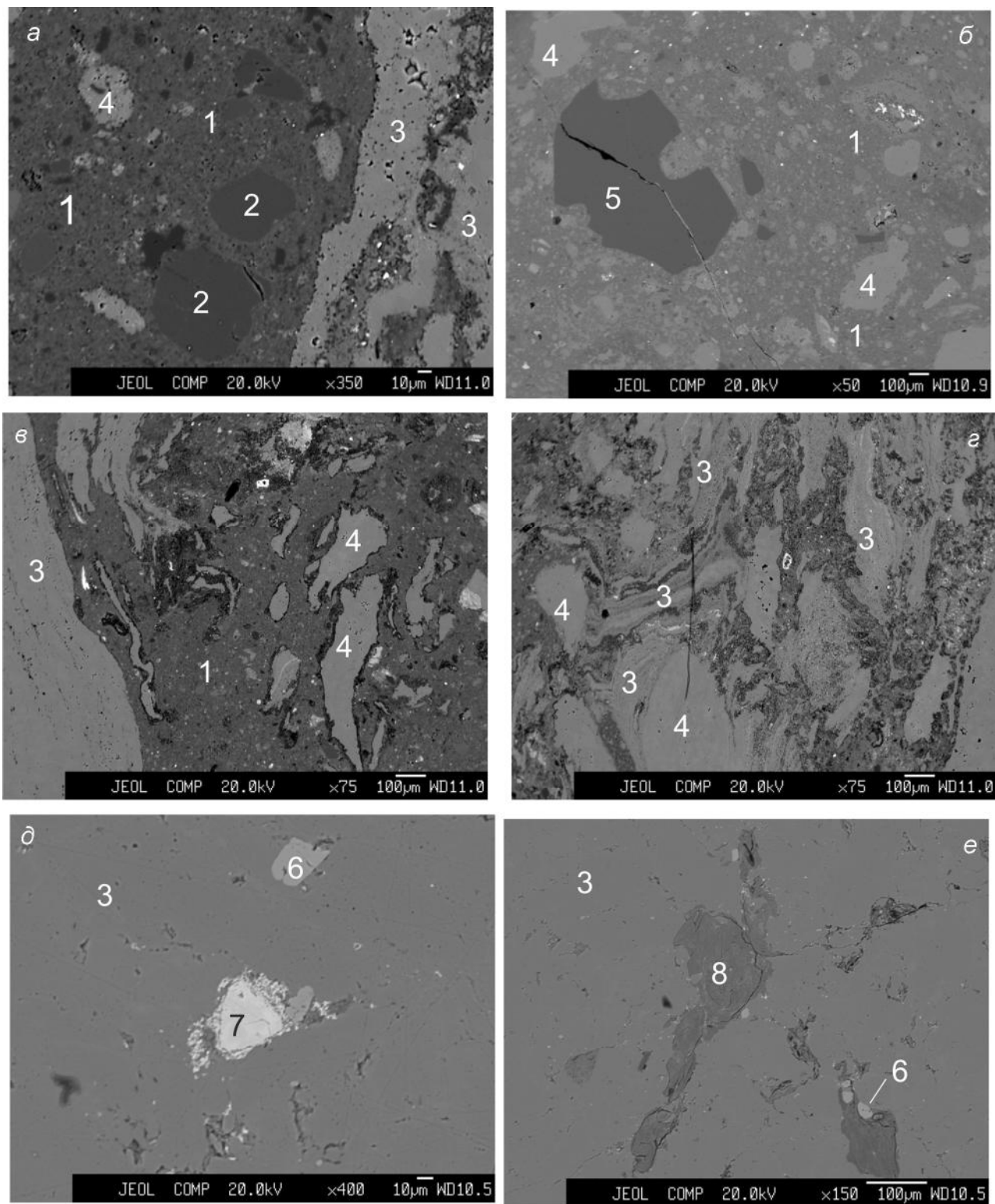


Рис. 6. Флюидолиты и карбонатитоподобные породы.

Цифры на рисунках: 1 – флюидолиты; 2 – плагиоклаз; 3 – карбонатитоподобные породы; 4 – обломки известняков; 5 – кварц; 6 – апатит; 7 – шпинель; 8 – Cr-V-содержащий хлорит; *а* – контакт флюидолитов, содержащих оплавленные кристаллы плагиоклаза и обломки известняков, с карбонатитоподобными породами; яркие мелкие выделения в правой нижней части рисунка – Mn-, Sc- и Sn-содержащий андрадит; *б* – флюидолиты с оплавленным кристаллом кварца и многочисленными, иногда оплавленными обломками известняков; *в*, *г* – карбонатитоподобные породы (*в*, *г*) и флюидолиты (*в*) с текстурами течения карбонатного расплава; *д*, *е* – шпинель (*д*), апатит (*д*, *е*) и Cr-V-содержащий хлорит (*е*) в карбонатитоподобных породах.

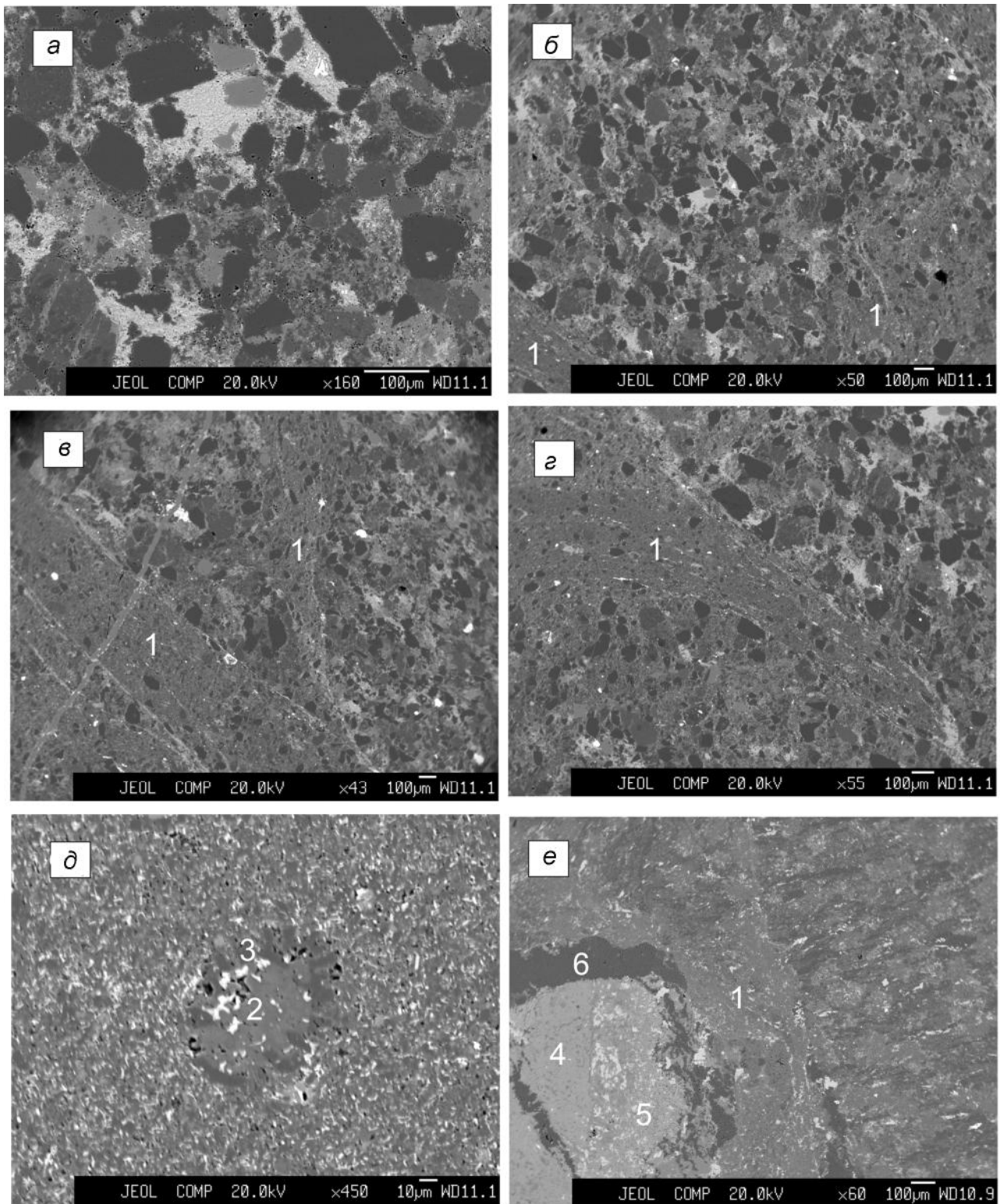
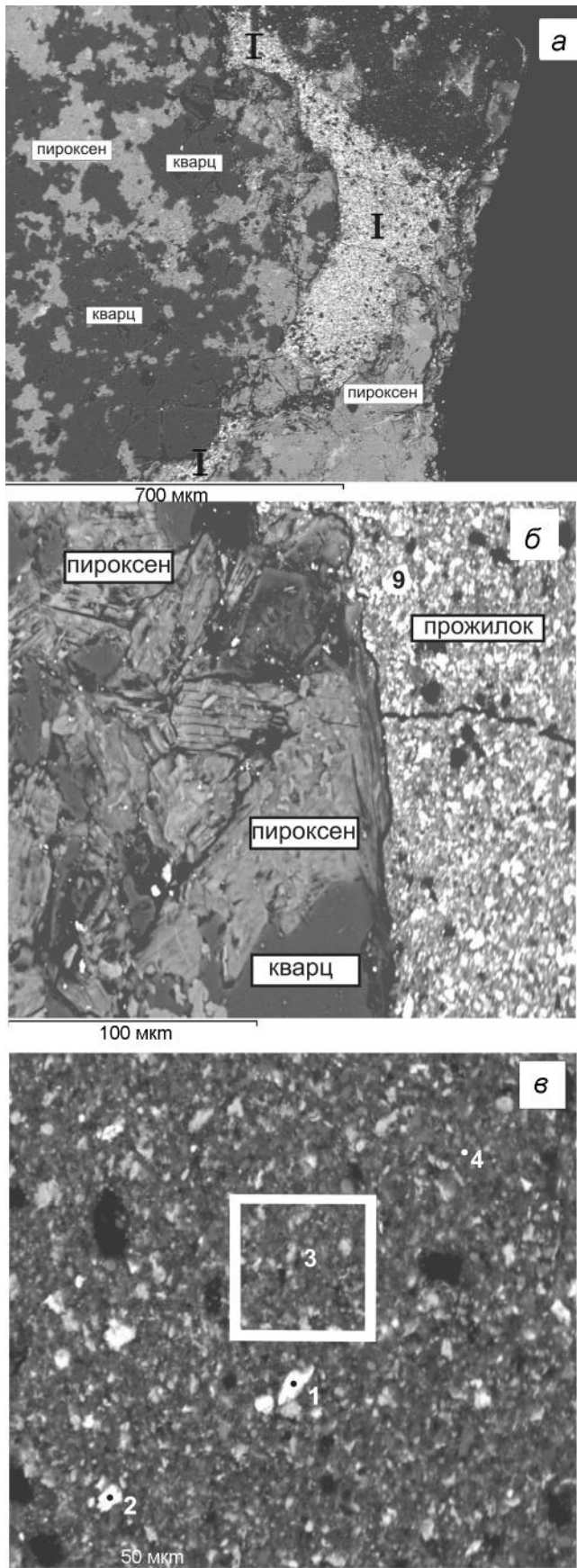


Рис. 7. Внутреннее строение флюидолитов по осадочным породам.

Цифры на рисунках: 1 – зоны повторного дробления и плавления флюидолитов; 2 – обломок кремнистых пород; 3 – реакционная кайма; 4 – горнблендиты; 5 – переплавленная часть обломка горнблендитов; 6 – кварцевая зона; а–г – флюидолиты с цементом из перекристаллизованного под воздействием флюидной фазы материала тонкого дробления горных пород и с зонами повторного дробления и плавления слюдисто-кварц-полевошпатового (с ильменитом) состава; д – оплавленный обломок кремней (яркое – ильменит) с реакционной кварц-плагиоклазовой каймой в магматическом слюдисто-кварц-полевошпатовом (с ильменитом) цементе флюидолитов; е – частично переплавленный обломок горнблендитов в флюидолитах.



на электронном микроскопе и определения состава в «точках» (рис. 8, в; табл. 5, ан. 3, 4, 7) богата кремнеземом и, судя по высокому содержанию Cu и Sn, насыщена ультрадисперсными включениями минералов этих элементов. Иногда латунь, состав которой рассчитывается на идеальную формулу Cu_4Zn , образует густую вкрапленность в обломках упомянутых выше микрозернистых графит-альбит-калишпат-кварцевых пород. В протолочках штучных проб обнаружены единичные пластинки Zn-содержащего самородного Au (табл. 2, ан. 24).

На Мокрушинской и Широкопаднинской площадях Ольгинского рудного района распространены родингиты, генетически связанные с процессами формирования взрывных структур палеоценового возраста. Родингитовые ассоциации развивались по раздробленным микрокристаллическим амфибол-полевошпатовым породам и горнблендитам жерловых фаций, по магматическому цементу брекчий с обломками вмещающих осадочных пород (рис. 9), а также по присутствующим в флюидолитах обломкам горнблендитов.

Кроме этих образований, как правило, брекчиевой текстуры на Мокрушинской и Широкопаднинской площадях присутствуют тела массивных родингитов в осадочных отложениях, образовавшиеся в результате замещения небольших интрузивных тел палеоценового комплекса. Аповулканические и апоинтрузивные родингиты имеют сходный набор породообразующих минералов, к которым относятся пироксен, гранат, везувиан, эпидот, пренит, амфибол, хлорит, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, апатит, циркон, титанит и другие. В апоинтрузивных родингитах обычно резко преобладают пироксен и гранат или только пироксен, реже амфибол. Изредка в пироксеновой породе встречаются относительно крупные скопления зерен апатита, пренита, реже эпидота. Аповулканические родингиты отличаются присутствием везувиана вместо граната и большей ролью эпидота и пренита, образовавшихся по обломкам осадочных и магматических алюмосиликатных пород. Кроме того, с ними часто ассоциирует обильная титановая минерализация в

Рис. 8. Прожилковидная зонка и прожилок с микрочастицами (белое) самородной Cu, Sn-содержащей самородной меди, Cu-содержащего самородного Sn и графита (черное), секущие родингитизированные обломки в флюидолитах Мокрушинской взрывной структуры.

а – I – прожилковидная зонка; *б*, *в* – фрагменты прожилка (*б*, *в*) с выделенной (*в*) площадью анализа методом площадного сканирования на электронном микроскопе (табл. 5). Залитые и пустые кружки и цифры – места анализов и их порядковые номера в табл. 5.

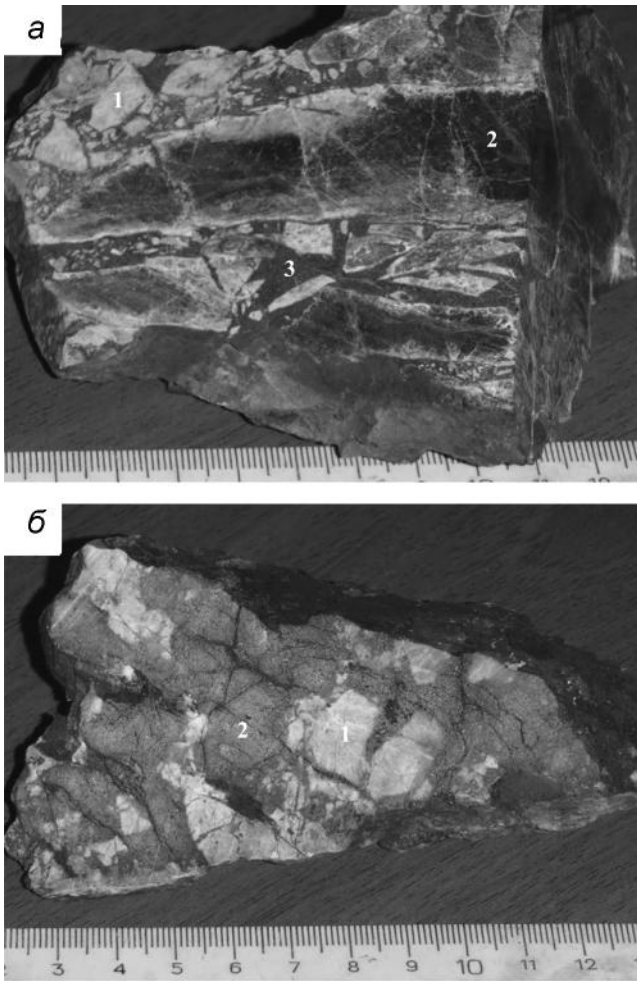


Рис. 9. Внешний облик родингитов по магматическим породам основного состава (а) и по магматическому цементу брекчий (б).

а – замещенные пренимом обломки (1) раздробленных магматических амфибол-пироксеновых пород (2) в титанит-санидин-амфиболовом цементе (3); б – частично замещенные пренимом обломки измененных предположительно осадочных пород (1) в первоначально магматическом цементе основного состава, нацело замещенном существенно клинопироксеновыми родингитами (2).

виде цемента титанит-амфибол-санидинового состава (с многочисленными микровключениями самородных олова и меди) в зонах взрывного дробления и родингитизации основных пород жерловой фации.

Среди аксессуарных минералов апоинтрузивных родингитов распространены самородные элементы, неупорядоченные твердые растворы и интерметаллические соединения различных, в том числе и благородных металлов. Они представлены самородными свинцом (иногда с Cu и Zn), железом (иногда с небольшим количеством Ni), вольфрамом, Pb- и As-содержащей сурьмой, никелем, цинком (иногда с Cu),

алюминием, теллуром, висмутом, Sn-содержащей и (или) Ni-содержащей медью и оловом (иногда Pb-содержащим) (табл. 3). Кроме того, распространены природные латуни и бронзы. Отмечались также единичные мельчайшие зерна минералов, состав которых с учетом количества кислорода, связанного с «чужеродными элементами», в анализах может быть пересчитан на идеальные формулы FeCo , Ni_4P , Ni_6P (по анализу – $\text{Ni}_{5,99}\text{P}_{1,01}$), $(\text{Fe,Ni})_2\text{Si}$ и $(\text{Fe,Ni,V})_2\text{Si}$.

Минералы благородных металлов представлены самородной платиной (возможно, с примесью Fe), палладистой платиной, самородным палладием с изоморфной примесью Pt, Cu, Bi или Zn, самородным золотом без примесей, Au-Ag твердым раствором, Cu-содержащим золотом, обогащенным Ag неупорядоченным твердым раствором Au и Cu, а также близким по составу к купроауриду «медистым золотом», самородным висмутом с примесью Pt, соединениями Au, Ag, Bi и Te, сульфидом Ag и аргиродитом (табл. 4). Самородные элементы, неупорядоченные твердые растворы, интерметаллиды, а также минералы благородных металлов встречаются в виде неравномерно рассеянных мельчайших (доли мкм–первые мкм, редко первые десятки мкм) частиц или их скоплений. Они приурочены к минерализованным микротрещинам, участкам преобразования кристаллов пироксена в амфиболовые или волокнистые амфибол-пироксеновые агрегаты (рис. 10, 11). Иногда они присутствуют и в виде включений в минералах родингитовых ассоциаций.

«Медистое золото», минералы Au, Ag, Pt и Pd, самородные элементы и интерметаллиды распространены также в триасовых углеродистых силицитах [1] и их метаморфизованных аналогах [11] Сихотэ-Алиня (в том числе на изученных площадях). Они совместно с органическим веществом присутствуют, кроме того, в системах минерализованных трещин, пересекающих другие метаморфизованные осадочные породы, ассоциированные с триасовыми углеродистыми силицитами. Как и в породах палеоценовых взрывных структур, эти минералы образуют, главным образом, мельчайшие (\varnothing доли мкм–первые десятки мкм) зерна, и только в редких случаях встречаются кристаллы, видимые невооруженным глазом (рис. 12).

Присутствие органического вещества и минеральных форм предельно восстановленных металлов в системах минерализованных трещин свидетельствует о миграции вещества углеродистых силицитов при контактовом метаморфизме и сопровождавшей его гидротермальной деятельности, связанных со становлением крупных гранитоидных массивов в меловое–палеогеновое время, в другие породы в составе

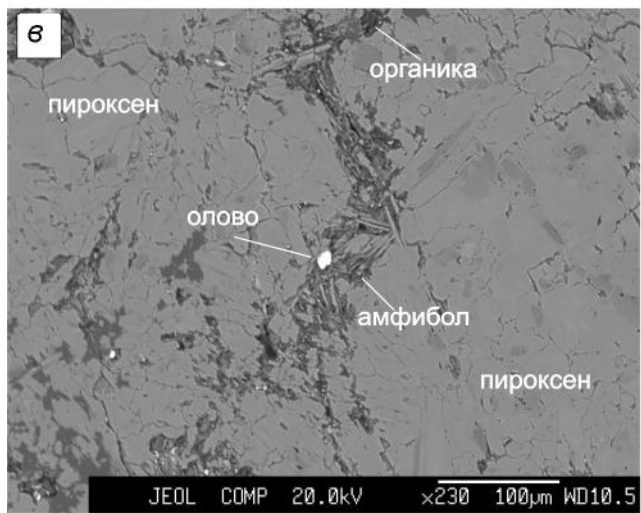
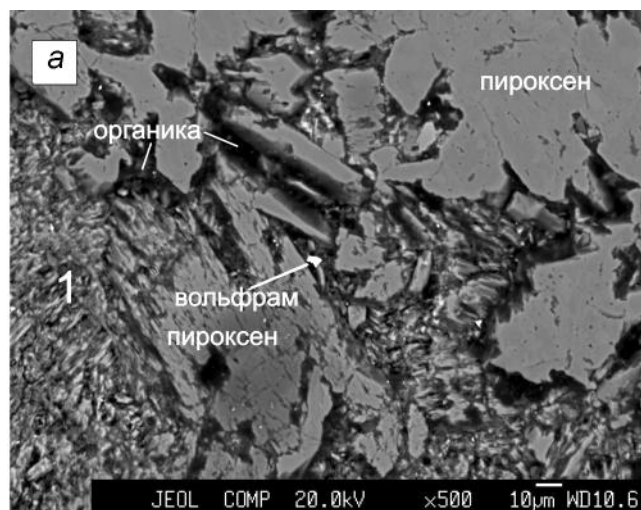
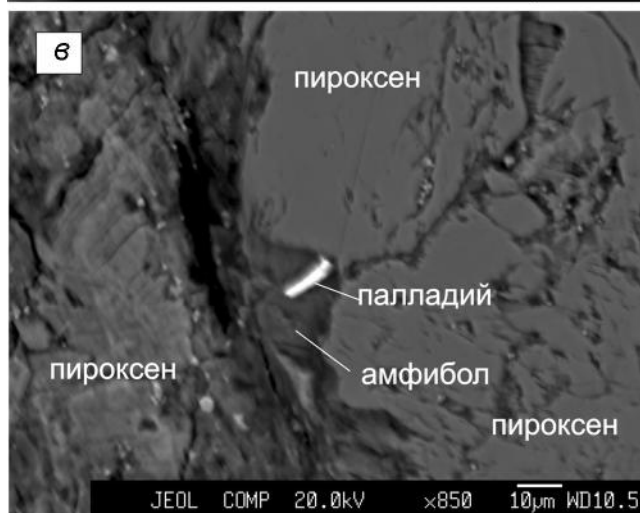
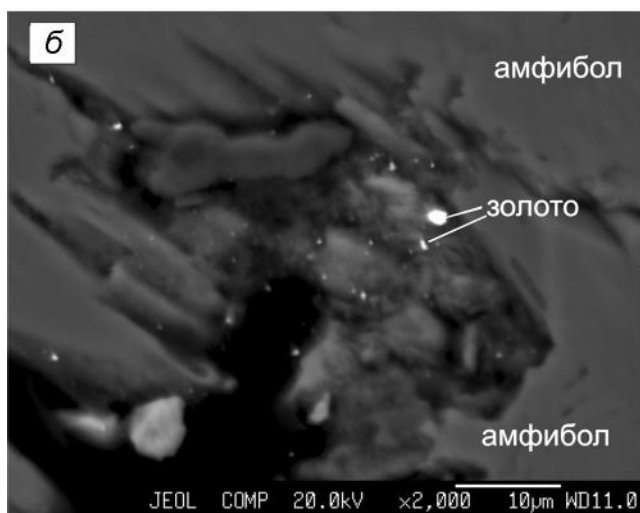
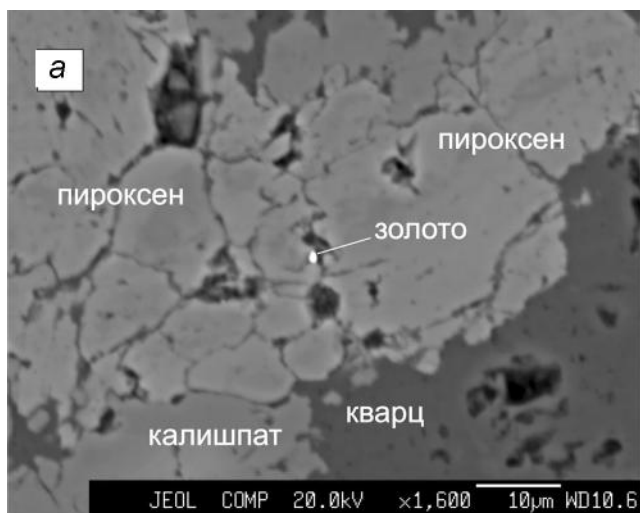


Рис. 10. Включения минералов благородных металлов в апоинтрузивных родингитах.

Многочисленные мельчайшие «точки» белого и светло-серого цвета (б) – включения самородного золота.

Рис. 11. Включения самородных элементов в апоинтрузивных родингитах.

1 – волокнистые пироксен-амфиболовые агрегаты.

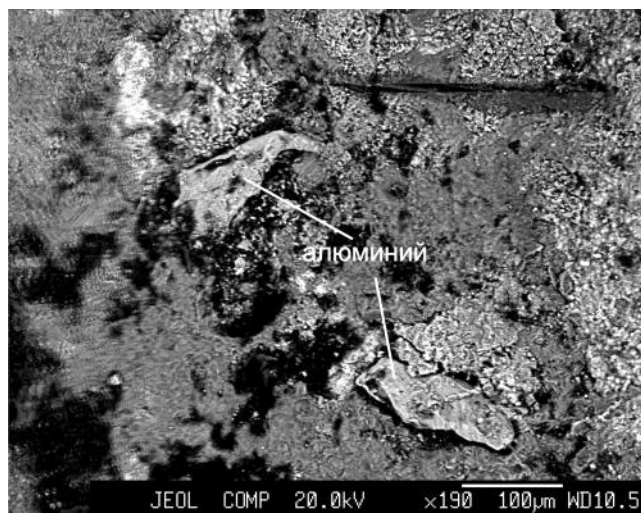


Рис. 12. Кристаллы самородного алюминия в гидротермально-измененной кремнистой породе (фото естественной поверхности образца).

Прочее: светло-серое – гидроксиды марганца, серое – кварц (перекристаллизованное кремнистое вещество), черное – органика. В образце, кроме того, присутствуют самородные олово и железо. Высокогорская площадь Кавалеровского рудного района.

флюидов с высоко- и ультравосстановительными способностями [13]. Можно предположить, что одной из возможных причин распространения разнообразных минеральных форм предельно восстановленных металлов в породах палеоценовых взрывных структур являлось вовлечение органического вещества триасовых углеродистых силицитов и в гидротермальные процессы, связанные с палеоценовым магматизмом. Это предположение подтверждается, в частности, наличием графитовых прожилков, а также самородных металлов и интерметаллидов в присутствующих в флюидолитах обломках метаморфизованных углеродистых кремнисто-глинистых пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с палеоценовыми взрывными структурами Таухинского террейна связана минерализация золото-палладий-платинового типа. Она встречается в флогопит-оливиновых и гидротермально-измененных (амфиболитизированных и эпидотизированных) основных магматических породах, флюидолитах и родингитах. Наиболее высокие концентрации благородных металлов характерны для апоинтрузивных родингитов (табл. 6) и флогопит-оливиновых пород дайковой фации. Особенностью минерализации золото-палладий-платинового типа является присутствие т.н. «медистого золота», а также ассоциация с соединениями Ni, Sb и S, самородными элементами, неупорядоченными твердыми

растворами и интерметаллическими соединениями различных металлов. В этом отношении она обнаруживает много общего с минерализацией, присутствующей в родингитах некоторых известных проявлений. К ним относятся родингиты Мелентьевского проявления (Au), Салатимского разлома (Au) [12] и южной части массива Средний Крака (Au-Pd-Pt) [15, 16] Южного Урала, Агардагского массива альпинотипных гипербазитов Южной Тувы (Au) [10], Корякского нагорья (Au и ЭПГ) [3], Сахалина (Au) [14], Восточных Саян (Au, Ag, Pd) [4–6], Британской Колумбии (Канада) (Au) [22] и др. Наибольшую известность получили родингиты Карабашского массива альпинотипных гипербазитов на Южном Урале, с которыми связано месторождение «медистого золота» Золотая Гора.

Самородные элементы, неупорядоченные твердые растворы и интерметаллические соединения различных, в том числе благородных металлов, судя по их составу и взаимоотношениям с породообразующими минералами флогопит-оливиновых пород и родингитов, образовались в высоко- и ультравосстановительных условиях в результате низко-среднетемпературной гидротермальной деятельности, сопровождавшей становление палеоценовых взрывных структур Таухинского террейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волохин Ю.Г., Карабцов А.А. Минералы в углеродистых силицитах триаса Сихотэ-Алиня // Литология и полезные ископаемые. 2016. № 5. С. 465–484.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
3. Горелова Н.Н. Проявления локального метасоматоза и связь с ними рудной минерализации на одном из гипербазитовых массивов Корякского Нагорья // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 2. С. 73–78.
4. Дамдинов Б.Б. Нетрадиционные типы благороднометаллической минерализации в офиолитах Восточно-Саянского и Джидинского поясов (минералогия, геохимия, генезис): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2004. 28 с.
5. Дамдинов Б.Б., Жмодик С.М., Миронов А.Г., Очиров Ю.Ч. Благороднометаллическая минерализация в родингитах юго-восточной части Восточного Саяна // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 5. С. 577–587.
6. Жмодик С.М., Миронов А.Г., Деревенец В.Г. и др. Новый тип олово-золото(ртуть)-платинородной рудной минерализации в Восточном Саяне // Докл. АН. 1998. Т. 361, № 4. С. 510–513.
7. Казаченко В.Т., Ханчук А.И., Лаврик С.Н., Перевозникова Е.В. Флогопит-оливиновые породы Таухинского террейна (Юго-Восточный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 5. С. 35–51.
8. Казаченко В.Т., Лаврик С.Н., Перевозникова Е.В. и др. Са-

- мородные металлы и интерметаллические соединения в аллювии Мокрушинской площади Таухинского террейна (Юго-Восточный Сихотэ-Алинь) // ЗРМО. 2014. Ч. CXLI. № 3. С. 85–105.
9. Казаченко В.Т., Лаврик С.Н., Перевозникова Е.В., Скосарева Н.В. Габброиды сергеевского и калиновского комплексов Сихотэ-Алиня: геохимия и изотопные отношения самария, неодима, стронция и свинца // Вестн. Кольск. науч. центра РАН. 2015. Т. 3, № 22. С. 21–39.
 10. Кудрявцева А.И., Кудрявцев В.И. Проявление медистого и серебристого золота в благороднометальном оруденении Южно-Тувинского гипербазитового пояса // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. С. 45–48.
 11. Мирошниченко Н.В., Перевозникова Е.В. Интерметаллическое соединение Ni_3Au и твердые растворы золота и никеля в металлоносных отложениях триасовой кремневой формации Сихотэ-Алиня // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 4, № 1. С. 60–66.
 12. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Варламов Д.А., Шанина С.Н. Золотое оруденение в родингитах массивов альпинотипных гипербазитов // Литосфера. 2006. № 1. С. 113–134.
 13. Перевозникова Е.В. Марганцевосиликатные породы Южного Сихотэ-Алиня: минералогия и генезис: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 2010. 192 с.
 14. Речкин А.Н. О новом типе золотого оруденения в ультрабазитах // Геология и геофизика. 1974. № 2. С. 49–53.
 15. Савельев Д.Е. Сульфидный тип благороднометальной минерализации в гипербазитовых массивах Крака // Металлогения древних и современных океанов. Открытие, освоение и оценка месторождений. Миасс: Имин УрО РАН, 2000. С. 199–203.
 16. Сначев В.И., Савельев Д.Е., Рыкус М.В. Петрохимические особенности пород и руд габбро-гипербазитовых массивов Крака. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2001. 212 с.
 17. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая Гора (о «золото-родингитовой» формации). М.: Науч. мир, 2002. 220 с.
 18. Ashley P.M., Cook N.D.J., Hill R.L., Kent A.J.R. Shoshonitic lamprophyre dykes and their relation to mesothermal Au-Sb veins at Hillgrove New South Wales, Australia // Lithos. 1994. N 32. P. 249–272.
 19. Currie K.L., Williams P.R. An Archean calc-alkaline lamprophyre suite, northeastern Yilgarn Block, Western Australia // Lithos. 1993. N 31. P. 33–50.
 20. Duggan M.B., Jaques A.L. Mineralogy and geochemistry of Proterozoic shoshonitic lamprophyres from the Tennant Creek Inlier, Northern Territory. Aust // J. Earth Sci. 1996. N 43. P. 269–278.
 21. Huang Z., Liu Ch., Yang H. et al. The geochemistry of lamprophyres in the Laowangzhai gold deposits, Yunnan Province, China: Implications for its characteristics of source region // Geochem. J. 2002. V. 36. P. 91–112.
 22. Knight J., Leitch C.H.B. Phase relations in the system Au-Cu-Ag at low temperatures, based on natural assemblages // Can. Mineral. 2001. V. 39. P. 889–905.
 23. Nekrasov I.Ya., Lennikov A.M., Zalishchak B.L., Oktyabrskiy R.A., Ivanov V.V., Sapin V.I., Taskaev V.I. Compositional variations in platinum-group minerals and gold, Konder alkaline-ultrabasic massif, Aldan Shield, Russia // Can. Mineral. 2005. N 43. P. 637–654.
 24. Rock N.M.S., Groves D.I. Do lamprophyres carry gold as well as diamonds? // Nature. 1988. N 332. P. 253–255.
 25. Rock N.M.S. LAMPROPHYRES. Blackie, Glasgow. 1990. 285 p.
 26. Taylor W.R., Rock N.M.S., Groves D.I. et al. Geochemistry of Archean shoshonitic lamprophyres from the Yilgarn Block, W. Australia: Au abundance and association with gold mineralization // Appl. Geochem. 1994. V. 9, N 2. P. 197–222.
 27. Wyman D.A., Kerrich R. Archean shoshonitic lamprophyres associated with Superior Province gold mineralization: distribution, tectonic setting, noble metal abundance and significance for gold mineralization // Econ. Geol. Monograph. 1989. N 6. P. 651–667.
 28. Wyman D.A., Kerrich R. Archean shoshonitic lamprophyres of the Abitibi subprovince, Canada: Petrogenesis, age, and tectonic setting // J. Petrol. 1993. N 34. P. 1067–1109.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком

после доработки 30.09.2019 г.

принята к печати 21.02.2020 г.

E. V. Perevznikova, V. T. Kazachenko

Gold-palladium-platinum mineralization of Paleocene explosive structures, the Taukha terrane, Sikhote-Alin

Noble metal mineralization of Paleocene explosive structures of the Taukha terrane, Sikhote-Alin, is related to gold-palladium-platinum type. It occurs in igneous rocks, fluidolites, and rodingites. It is distinguished by the presence in its composition of the so-called «copper gold», and also association including Ni, Sb, and S, native elements, disordered solid solutions, and intermetallides. In this respect, it bears much in common with noble metal mineralization in rodingites of some known manifestations. Native elements, disordered solid solutions and intermetallic associations of different including noble metals developed in high- and ultraredox conditions resulted from low-medium temperature hydrothermal activity that followed the formation of Paleocene explosive structures of the Taukha terrane.

Key words: igneous rocks, explosive structures, gold-palladium-platinum mineralization, native elements, intermetallic associations, Paleocene, Sikhote-Alin.