



УДК 553.3/.4:553.2

В. М. Округин<sup>1</sup>, Е. Д. Андреева<sup>1,2</sup>, Д. А. Яблокова<sup>1</sup>,  
А. М. Округина<sup>1</sup>, В. М. Чубаров<sup>1</sup>, В. В. Ананьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: okrugin@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,  
Петропавловск-Камчатский, 683 032*

## Новые данные о рудах Агинского золото-теллуридного месторождения (Центральная Камчатка)

Агинское близповерхностное вулканогенное гидротермальное золоторудное месторождение — первенец горнорудной промышленности Камчатки. Это первое коренное жильное месторождение «рудного» золота, на базе которого успешно работает уже почти девять лет Агинский ГОК. Наличие многочисленных эксплуатационных подземных горных выработок позволило получить новую информацию о его геологическом строении, химическом и минеральном составе руд, особенностях их генезиса. Показано что кроме золота и серебра в составе руд большую роль играют медь и теллур. Одна из особенностей месторождения — наличие широко развитой зоны гипергенеза, в которой происходит образование разнообразных кислородных соединений теллура, свинца, ванадия, железа, марганца, золота, серебра, меди и цинка при локальном концентрировании переотложенного вторичного высокопробного самородного золота. Процессы рудообразования сопровождались вскипанием и дроблением с образованием разнообразнейших комбинаций брекчиевых текстур с крустификационно-полосчатыми и кокардовыми. Предлагается отнести Агинское месторождение к редкому типу золото-теллуридных полихронных и полигенных вулканогенных гидротермальных месторождений. Ключевые слова: полихронность, скарнообразование, сульфиды, балякинит, плюмботеллурит, куранахит.

### Введение

Вулканогенные близповерхностные золоторудные месторождения относятся к числу главных источников золота и серебра Камчатского края. Типичные образования островодужных систем Тихого океана — они располагаются по периферии кальдер полигенных вулканоструктур в мел-четвертичных вулканических поясах зоны перехода континент-океан [1, 3, 6, 9].

Наибольшей концентрации они достигают в Центрально-Камчатском вулканическом поясе, составляя основу одноименного горнорудного района, названного в своё время одним из известнейших геологов полуострова А. И. Байковым «Золотым Сердцем Камчатки». В большинстве своём они относятся к типичным кайнозойским эпитегрмальным жильным малосульфидным (LS) золото-кварц-адуляровым месторождениям и отличаются большим разнообразием минерального состава, включая наличие редких экзотических фаз и соединений. [8, 9, 11].

Агинское месторождение — один из наиболее характерных представителей этой группы рудных объектов — составляет основу Абдрахимовского рудного поля. Оно введено в эксплуатацию в 2005 г., детально разведано с помощью подземных горных выработок и открыло большие возможности для детального изучения его геологической структуры, вертикального размаха оруденения, морфологии

рудных тел, их зонального строения, минералого-геохимических особенностей, оценки глубины эрозионного среза, продолжительности процессов продуктивного минералообразования и последующего преобразования. Только в 2012 г. из его недр было извлечено более 150 000 т руды, из которой получено 1,408 кг золота. Месторождение отличается уникальным сочетанием текстур, структур и вещественного состава руд. В мире трудно найти рудные объекты, которые бы могли конкурировать с Агинским месторождением богатством текстурного рисунка, минеральных ассоциаций, разнообразия редких минералов и соединений, количество которых постоянно увеличивается [3, 13, 16].

Это сложный полигенный рудный объект, отнесение которого к типу классических жильных эпитегрмальных малосульфидных месторождений достаточно условно. Кроме золота и серебра в составе руд большую роль играют теллур и медь. Месторождение следует рассматривать в качестве одного из представителей редкого золото-медно-теллуридного минерального типа гидротермальных вулканогенных месторождений. К этому типу могут быть отнесены некоторые месторождения Фиджи, Филиппин, Папуа-Новой Гвинеи [13, 16].

Для Агинского месторождения характерны сложные по своему составу и продолжительности развития зоны окисления и цементации, которые сыграли

и играют важную роль в формировании современного облика руд. [10, 11, 13].

### Геология месторождения

Агинское месторождение вместе с рудопроявлениями Южно-Агинское, Вьюн и Найчан образуют Абдрахимовское рудное поле, располагающееся в пределах кальдеры одноименного миоценового палеовулкана в Центрально-Камчатском вулканоплутоническом наземном андезитовом поясе [8, 9]. Крутопадающие на СВ минерализованные трещины Агинского месторождения локализованы на северо-восточном склоне кальдеры (рис. 1). В геологическом строении района месторождения принимают участие вулканы алнейской серии, преимущественно, основного и среднего составов — базальты, андезиты, их туфы, а также многочисленные дайки и субвулканические образования габбро-диоритов, дацитов и андезидацитов. В центральной части кальдеры обнажается интрузив габбро-диоритов (раскристаллизованный периферический очаг миоценового палеовулкана) с которым предполагается не только пространственная, но генетическая связь продуктивной золото-теллуридной минерализации. Возраст рудовмещающих пород и субвулканических габбро-диоритов по данным К-Ag метода составляет  $7,71 \pm 0,24 \div 7,64 \pm 0,31$  и  $7,40 \pm 0,20$  млн лет, соответственно [8, 9]. Вмещающие породы подвержены в разной околорудным гидротермальным изменениям типичным для вулканогенных жильных месторождений кварц-адуляр-серицитового типа: от обычной площадной пропицитизации, пиритизации до окварцевания, хлоритизации и серицитизации.

Месторождение отличается сложными горно-техническими условиями. Район, в котором оно располагается, отличается особым аномально напряженным состоянием горных пород. Контакты рудных тел «подорваны», осложнены обводнёнными зонами дробления, в которых нередко присутствуют зеркала скольжения. Практически невозможно найти нормальные без тектонических нарушений контакты руд и вмещающих пород. А сами руды представляют собою катаклазированную кварц-адулярную с большим количеством глинистых минералов массу. Вдоль таких тектонических контактов рудных тел с эффузивно-пирокластическими образованиями циркулируют атмосферные воды, отлагаются вторичные минералы: смектит, каолинит, монтмориллонит, цеолиты, карбонаты, сульфиды или, иначе говоря, — формируются зоны окисления и вторичного обогащения.

Своеобразие месторождения заключается в том, что оно: — практически не эродировано. Верхние части рудной зоны Валери (абсолютная отметка 1425–1430 м) представляют собой опаловидные кремнистые туфы (silica sinter or cap rock), которые обычно образуются за счёт осаждения из горячих или холодных минеральных источников); — характеризуется масштабными зонами окисления и цемен-

тации, которые приурочены к разновозрастным разрывным нарушениям, включая неотектонические дислокации.

Это исключительно благоприятная среда для протекания процессов гипергенеза. Они прослеживаются на сотни метров как по простиранию так и по падению (до абсолютной отметки 1170–1120 м — предельной глубины изученности месторождения). Видимый вертикальный размах оруденения 275–280 метров. И он практически весь стал ареной процессов гипергенеза. Оригинальный состав первичных руд (в первую очередь присутствие многочисленных теллуридов в ассоциации с самородным золотом и сульфидами) в сочетании со своеобразными физико-географическими условиями Севера и литолого-петрохимическими особенностями вмещающих пород (фрагменты полуразрушенных вулканов со своими фумарольными площадками и тд.) «запустили» своеобразный химический реактор, в котором происходит как переотложение золота так и синтез оригинальных минералов и соединений кислорода с теллуридом, свинцом, медью, ванадием, цинком, железом, цинком, медью.

### Золото-теллуридные руды

Жильные системы Агинского месторождения представляют собой, сходящийся книзу пучок золото-кварц-адулярных жил, простирающихся на расстояние до 4500 м при мощности меняющейся от 5 до 30 м. Главные рудные зоны месторождения — Агинская и Сюрприз, образующие единую сопряженную систему сколовых нарушений, отличающихся наиболее богатой золото-серебро-теллуридной минерализацией, связанной, преимущественно, местами сочленения этих нарушений [1, 9]. Запасы золота составляют 30,9 т, при средних содержаниях золота — 38 г/т., теллура — 21,6 г/т, серебра — 17,3 г/т. Основными продуктивными рудными телами считаются: Агинское, Сюрприз, Малыш, Ноябрьская, Блуждающее. Отдельные участки этих круто падающих жил отличаются наличием бананц — агрегатов благородных металлов, теллуридов, аргентита в кварц-адулярной жильной массе с неравномерным до ураганного распределением концентраций золота (максимальное содержание — 6120 г/т). Ряд исследователей относит руды месторождения к классическим жильным эпитермальным золото-серебряным адуляр-серицит-кварцевым (LS) золото-серебро-теллуридного минерального типа [9]. К/Ag возраст жильного адуляра варьирует в пределах —  $7,10 \pm 0,2$  и  $6,93 \pm 0,2$  млн лет (позднемиоценовый). Однако аномально высокие концентрации теллура, наличие таких «нетипичных», или иначе «запрещённых» минеральных ассоциаций, как впервые выделенные нами золото-гранат-волластонитовая, золото-сульфидная и золото-халькозиновая, позволяют предположить более сложную природу формирования современного облика месторождения.

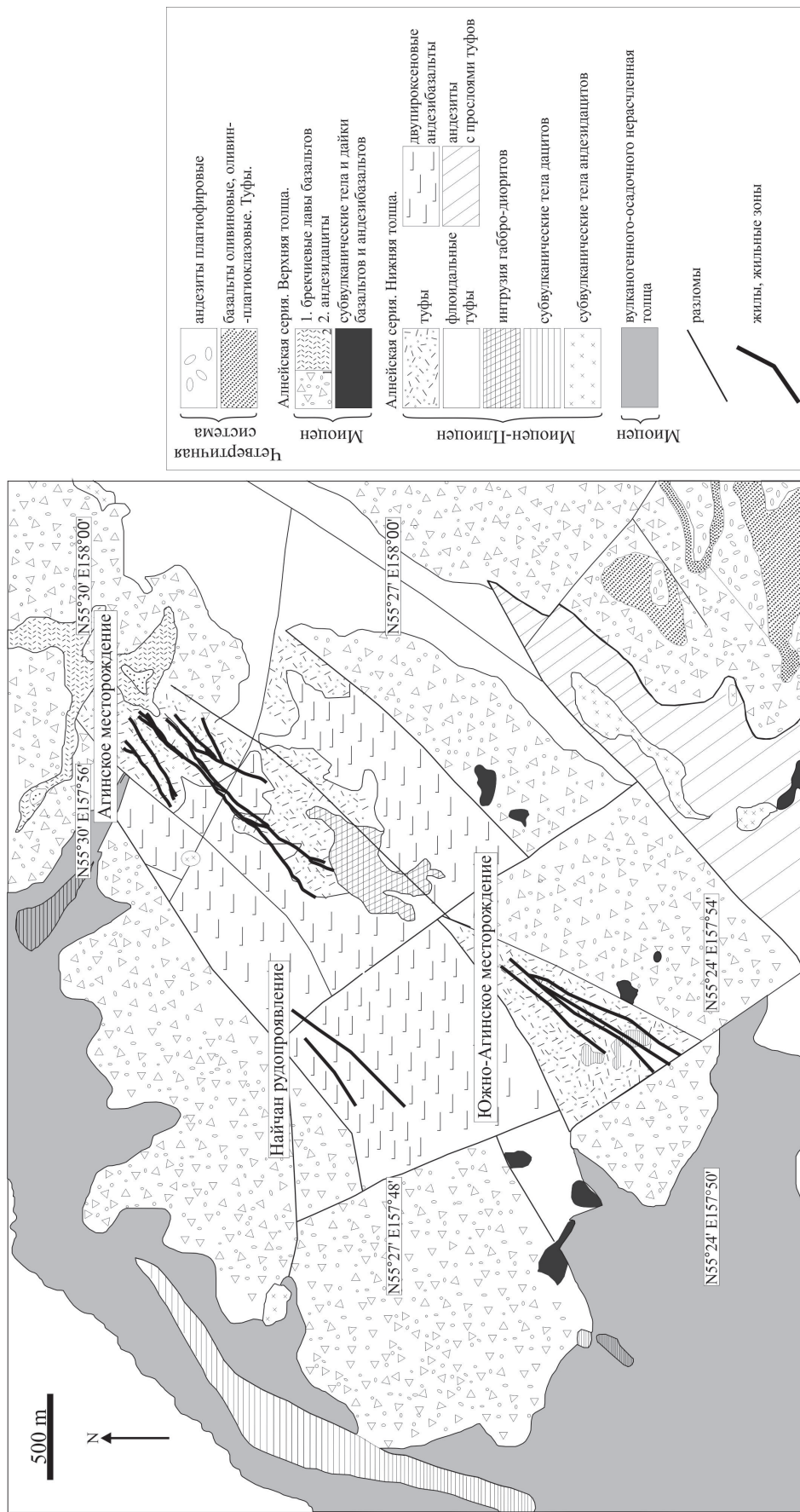


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Абрахимовского рудного поля.

Руды отличаются исключительным разнообразием текстур и структур. В первую очередь это сочетание кристаллических и метаколлоидных, брекчиевых и кокардовых, крустификационно-полосчатых и фестончатых. Крустификационно-полосчатые текстуры преобладают в приконтактных частях Агинской жильной зоны с вмещающими породами. Брекчиевые разности выполняют центральные части жильной зоны.

На основании анализа геолого-структурных взаимоотношений, текстурно-структурных особенностей, минеральных ассоциаций выделено до девяти стадий минералообразования, характеризующихся широкими вариациями физико-химических параметров (С-Р-Т-рН) гидротермальных минералообразующих растворов [11, 14]. Первая — дорудная, вторая — основная продуктивная, третья-восьмая отнесены к постпродуктивному. Они представлены продуктами гидротермального брекчирования, скарнирования и сульфидизации с последующим осаждением аметистоподобного кварца и карбонатов. Девятая стадия — гипергенная. Минеральные комплексы Главной или «Продуктивной» — стадии № II слагают руды с классическими ритмично-полосчатыми с элементами крустификации и брекчирования. Рудные минералы, в первую очередь самородное золото, концентрируются в гнездах криптокристаллического кварца, находящегося в тесном сростании с игольчатыми и ромбическими кристаллами адуляра и халцедоноподобным кварцем. В брекчиевых рудах вкрапленность рудных минералов присутствует в обломках кварца ранней генерации с крустификационно-полосчатой текстурой.

Те-содержащие минеральные комплексы близ-поверхностных месторождений подвергаются в наибольшей степени процессам преобразования в зонах выветривания и окисления [5, 8, 9, 10, 12]. На Агинском месторождении зона гипергенеза прослеживается по всему видимому вертикальному почти трёхсотметровому интервалу оруденения. Макроскопически окисленные руды отчетливо отличаются яркой насыщенной зеленоватой до темно-синей окраской интерметаллидов и кислородных соединений теллура с ванадием, свинцом, цинком, медью, марганцем, железом, образующих линзы, гнезда, прожилки в светлом молочно-белом до розоватого кварц-адуляровом жильном материале. Процессы гипергенеза сыграли особую роль в окончательном оформлении минерального состава руд.

### Минералогия руд

Главные рудные гипогенные минералы Агинского месторождения — самородное золото, калаверит, халькопирит, сфалерит, гессит, петцит и алтаит. Второстепенные — пирит, электрум, сальванит, аргентит, костовит, креннерит. Среди редких — блеклые руды, стибипирсеит-арсенполибазит, колорадоит, галенит, молибденит, пирротин, марказит, ютенбогардит, самородный теллур, агвиларит, кинноварь, антимонит, борнит, халькозин.

Главные жильные минералы — кварц, адуляр. Второстепенные — кальцит, серицит, Mg-хлорит, смектит. Редкие — гранаты (андрадит), волластонит, тальк, хлоритоподобный минерал, корренсит, ректорит, цеолиты (баррерит, эпостильбит) барит.

Особого внимания заслуживают минералы зоны гипергенеза, окисления и цементации. Среди них — высокопробное, до химически чистого, самородное золото, интерметаллиды, кислородные соединения теллура с гаммой чёрных и цветных металлов, начиная от ванадия, свинца и заканчивая марганцем и железом. И во многих из них обнаруживается присутствие золота. Предварительно нами диагностировано 9 фаз. Идентификация их затруднена исключительно мелкими размерами и тесными сложными агрегатными соотношениями (каймы, мирмекиты, микровключения и тонкие сростания). Среди них — роджеит, балякинит, тейнеит, куранахит, оттоит, куксит, джоелбрюггерит, ксоколатит.

Самородное золото с яркой жёлтой окраской присутствует в виде самостоятельных выделений в кварц-адуляровой жильной массе. Иногда накапливается в глинистом материале. Золотины характеризуются отчетливым кристаллическим строением с широко распространенными как правильными, так и неправильными морфологическими видами при небольшом участии гемиидиморфных индивидов. Самородное золото часто встречается в сростании с теллуридами Au, Ag, Pb, сульфидами или в виде включений в них. По данным микронзондового анализа (более 500 определений) самородное золото обладает крайне убогим химическим составом. В его составе установлены Au и Ag. Золото характеризуется весьма низкими содержаниями серебра и постоянством химического состава как в пределах одно рудного тела, так и в пределах месторождения. Пробность золото меняется от 800–950. Золото с более высокими содержаниями серебра характерно для верхних горизонтов жильной зоны Агинская.

Электрум довольно редко встречающийся минерал в рудах. Обычно он наблюдается в виде единичных включений в пирите жильной зоны Сюрприз.

Золото-серебряные теллуриды типа калаверит, креннерит и сальванит подвержены процессам окисления и замещения вторичными минералами в зоне гипиргенеза. В современном минеральном облике руд диагностирован только калаверит в виде реликтов в полностью или частично изменённых гипогенных минералах. Встречены сростания калаверита с петцитом в тесной ассоциации с гипергенными минералами.

Пирит в большом количестве отмечается в жильной зоне Сюрприз, в которой он образует своеобразные пиритовые кокарды вокруг обломков вмещающих пород в гидротермальных брекчиях или слагает сульфидные руды на нижних горизонтах жильной зоны.

Халькопирит и сфалерит встречаются как единичные зёрна, так и сростания с теллуридами и са-

## Минеральный состав руд Агинского месторождения

Минералы распро- странён- ность	Гипогенные		Гипергенные
	рудные	нерудные	
Главные	самородное золото Au калаверит AuTe <sub>2</sub> алтаит PbTe гессит Ag <sub>2</sub> Te халькопирит CuFeS <sub>2</sub>	кварц SiO <sub>2</sub> адуляр KAlSiO <sub>4</sub> кальцит CaCO <sub>3</sub> хлорит (Mg, Fe) <sub>3</sub> (SiAl) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> · (Mg, Fe)(OH) <sub>6</sub> серицит	самородное золото Au ****билибинскит (Au <sub>3</sub> Cu <sub>2</sub> PbTe <sub>2</sub> ) ***богдановит Au <sub>5</sub> (Cu, Fe) <sub>2</sub> (Te, Pb) <sub>2</sub> ****оксигидрат золота [AuO · Au(OH) <sub>2</sub> ] ****гидроокислы золота (Au, Ag, Cu)(OH) <sub>2</sub> ****оксигидротеллуриды (Au, Ag, Cu)TeO <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> ****сложные оксителлуриды гидроокислы железа балякинит Cu[TeO <sub>3</sub> ] плюмботеллурит (ромб.) Pb[TeO <sub>3</sub> ] файрбанкит (трикл.) Pb[TeO <sub>3</sub> ] грэмит Cu[TeO <sub>3</sub> ] · H <sub>2</sub> O чолоалит CuPb[TeO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O тейнеит Cu[TeO <sub>4</sub> ] · 2H <sub>2</sub> O ксокомекатлит Cu <sub>3</sub> [TeO <sub>4</sub> ](OH) <sub>4</sub> кхинит (ромб.) Cu <sub>3</sub> Pb[TeO <sub>4</sub> ](OH) <sub>6</sub> паракхинит (гекс.) Cu <sub>3</sub> Pb[TeO <sub>4</sub> ](OH) <sub>6</sub> куранахит PbMn[TeO <sub>4</sub> ]O <sub>2</sub>
Второстепенные	электрум AuAg пирит FeS <sub>2</sub> аргентит Ag <sub>2</sub> S сфалерит ZnS (Cd до 15,8%) сильванит AgAuTe <sub>4</sub> костовит AuCuTe <sub>4</sub> креннерит (Au, Ag)Te <sub>2</sub> петцит Ag <sub>3</sub> AuTe <sub>2</sub> **риккардит Cu <sub>7</sub> Te <sub>5</sub>	смектит корренсит пелитоморфное глинистое вещество гидрослюда эпидот Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Fe(SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> O апатит Ca <sub>5</sub> [PO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> (F, Cl, OH) десмин Ca(Al <sub>2</sub> )Si <sub>6</sub> O <sub>16</sub> 6H <sub>2</sub> O	халькозин Cu <sub>2</sub> S ****безсмертновит Au <sub>4</sub> Cu(Te, Pb)
Редкие	галенит PbS ютенбогартит Ag <sub>3</sub> AuS <sub>2</sub> *теннантит Cu <sub>10</sub> Fe <sub>2</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub> *борнит Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub> аргентит Ag <sub>2</sub> S *молибденит MoS <sub>2</sub> *марказит FeS <sub>2</sub> *идаит Cu <sub>3</sub> FeS <sub>4</sub> *фаматинит Cu <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub>	ломонтит Ca(Si <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> )O <sub>12</sub> 4H <sub>2</sub> O баррерит Na <sub>8</sub> (Si <sub>28</sub> Al <sub>8</sub> )O <sub>72</sub> 26H <sub>2</sub> O	ковеллин CuS малахит Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>2</sub> азурит Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>

\* — Андрусенко и Щепотьев, 1974.

\*\* — Петренко, 1999.

\*\*\* — Спиридонов, 2010, 2011.

\*\*\*\* — Некрасов, 1991.

морозным золотом. Для сфалерита характерные низкие молярные значения FeS и высокие CdS.

Гипергенная минерализация представлена самородным золотом, сложными интерметаллическими соединениями с преобладанием золота, теллуридов, теллуридов и сложных оксидов Te, Au, Pb, Zn, Cu, Fe.

Самородное высокопробное золото — главный минерал зоны гипергенеза, развито повсеместно и тесно ассоциирует с первичным самородным зо-

лотом. Гипергенное самородное золото аккумулируется на продуктах распада первичных Au-содержащих теллуридов и встречается в виде тонких прожилков в каймах гидроокислов железа, окружающих халькопирит. Вторичное самородное золото образуется при окислении Au-содержащих теллуридов, в первую очередь калаверита, за счёт высвобождения золота и его перекристаллизации in situ. Теллур, благодаря своей высокой мобильности, может быть переотложен в форме теллурида или

теллурида на значительном удалении от первичных минералов. Золото иммобильное и устойчиво к процессам окисления, Оно остаётся на месте с образованием тонкого вторичного золота.

Интерметаллические соединения золота в рудах Агинского месторождения представлены безсмертновитом ( $\text{Au}_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$ ), богдановитом ( $\text{Au}_5(\text{Cu}, \text{Fe})_3(\text{Te}, \text{Pb})_2$ ) и билибинскитом ( $\text{Au}_3\text{Cu}_2\text{PbTe}_2$ ) [8, 9, 11]. Сходные оптические свойства, химический состав интерметаллических соединений, образующих часто тесные сростания при незначительных размерах, затрудняют их диагностику. Билибинскит преобладает в своём распространении над безсмертновитом и богдановитом. Чаще всего он встречается в виде псевдоморфоз по креннериту, сильваниту, костовиту, калавериту и алтаиту [8, 9]. По данным Э. М. Спиридонова в составе билибинскита отсутствует кислород. Нами в его составе обнаружено присутствие кислорода.

### Газово-жидкие включения

Для оценки температур гидротермальных минералобразующих растворов, их вариаций в процессе становления рудных тел Агинского месторождения были применены методы термобарогеохимии. Подавляющая часть «рудного кварца» представлена опаловидными криптозернистыми агрегатами, в которых газово-жидкие включения или отсутствуют или их размеры соответствуют наноуровню. Поэтому были взяты его наиболее прозрачные разновидности только из поздних зарождений собственно рудной и аметистоподобный кварц пострудной стадий, слагающих такие рудные тела как Агинское, Блуждающее, Сюрприз и Малыш.

В массивных агрегатах золотоносного кварца с видимым самородным золотом, обособленных относительно крупных (до 1–3 мм) прозрачных кристаллах кварца гидротермальных брекчий обнаружено большое количество первичных, вторичных и псевдо-вторичных включений (по классификации Н. П. Ермакова и Э. Роддера [3, 4, 13].) Первичные включения весьма мелкие с типичной формой негативных кристаллов кварца. Они представлены, как правило, двухфазными разновидностями, в которых объём газовой фазы меняется от 15–30% до 90% и более. То есть от обычных газово-жидких до, практически, газовых. При этом они очень часто встречаются совместно. Существенно жидкие включения доминируют в своём распространении над теми, в которых количество газа меняется от 50 до 100%. Температуры гомогенизации первичных включений составили 230–280 °С для жильных зон Агинская и 190–300 °С — Сюрприз. Практически идентичные температуры зафиксированы для включений в пострудном аметистоподобном кварце — 174–260 °С [2]. Такое совпадение температур гомогенизации можно объяснить осцилляцией минералобразующих растворов. Солевой состав включений типичен для эпитептермальных месторождений типа LS и составляет не более 0–2 мас. % экв. NaCl.

Методами рамановской спектроскопии в единичных включениях определены в ничтожно малых количествах углекислота и C–H соединения в виде жидкой фазы. Большинство включений «пустые» и состоят только из воды.

### Выводы

Золото-серебро-теллуридная минерализация Агинского месторождения сформирована в девять стадий. Основная масса самородного золота, теллуридов и сульфидов накапливалась во Вторую стадию (№II). В истории формирования месторождения участвовали процессы скарнирования, концентрирования сульфидов и соединений меди. Последняя — Девятая стадия — гипергенная обусловила, фактически, повсеместное развитие вторичного высокопробного самородного золота, теллуридов, теллуридов, интерметаллических соединений и новых минеральных фаз. Благородная минерализация отлагалась в сравнительно короткий промежуток времени — 7,10–6,93 млн лет.

Самородное золото отличается высокой пробностью и гомогенностью своего химического состава. Единственный, сохранившийся гипогенный Au-содержащий теллурид в рудах, представлен калаверитом. Он отмечается в виде реликтов среди вторичных минералов зоны окисления.

Текстурно-структурные особенности руд, многообразие агрегатов кварца, наличие игольчатых и ромбовидных кристаллов адуляра, вариации газовой фазы флюидных включений и температуры их гомогенизации указывают на сложный многостадийный процесс формирования месторождения, который происходил в приповерхностных условиях на фоне повышенной тектонической активности, сопровождался вскипанием, гидротермальными взрывами, брекчированием, смешением горячих восходящих потоков с холодными метеорными водами с постепенным остыванием

Руды отлагались из растворов нейтральной щёлочности, низкой плотности с температурами 250–260 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012–2016 гг., грантов ДВО 14-III-B-08-192, ДВО 14-III-B-08-153.

### Список литературы

1. Андрусенко Н. И., Щепотьев Ю. М. Температурный режим формирования и стадийность субвулканических золото-серебряных месторождений Центральной Камчатки // Геохимия. 1974. №2. С. 179–186.
2. Андреева Е. Д. О температурах образования жильных зон Агинского месторождения // Материалы XI региональной молодёжной научной конференции «Природная среда Камчатки». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2012. С. 5–16.
3. Андреева Е. Д., Округин В. М. Золотая минерализация в островодужных системах Камчатки и Японии: возраст, источники и механизмы отложения // Ма-

- териалы Всероссийской научной конференции "Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений", г. Москва, 2013, С. 67.
4. *Ермаков Н. П.* Геохимические системы в минералах. М., 1972.
  5. *Мельников Ф. П., Прокофьев В. Ю., Шатагин Н. Н.* Термобарогеохимия. М., 2008. 224 с.
  6. *Некрасов И. Я.* Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М.: Наука, 1991. 304 с.
  7. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н., Яблокова С. В., Шатилова Л. В.* Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. М.: ЦНИГРИ, 2003. 184 с.
  8. *Округин В. М.* Новые данные о возрасте и генезисе эпитеpmальных месторождений зоны перехода континент-океан (Северо-западная Пацифика) // Материалы Всероссийского совещания, посвященного 90-летию академика Шилов Н. А.. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 39–41.
  9. *Петренко И. Д.* Золото-серебряная формация Камчатки. С-Петербург: ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
  10. *Спиридонов Э. М.* Железистый богдановит  $Au_5CuFe_2(Te, Pb)_2$  из зоны цементации Агинского месторождения // Новые данные о минералах. 2008. 43. С. 143–145.
  11. *Спиридонов Э. М.* Билибинскит  $(Au_6^{5-}Cu_{3-2})_8(Te, Pb, Sb)_5$  зоны цементации золото-теллуридных месторождений Агинское (Камчатка) и Пионерское (Саяны) // Новые данные о минералах. 2011. 46. С. 162–164.
  12. *Яхонтова Л. К., Зверев В. П.* Основы минералогии гипергенеза. Учебное пособие. Владивосток: Дальнаука, 2000. 331 с.
  13. *Andreeva E. D., Matsueda H., Okrugin V. et al.* Low-sulfidation epithermal  $Au^- Ag^- Te$  mineralization in Aginskoe deposit, Central Kamchatka, Russia // Resource Geology. 2013. 63. P. 337–349.
  14. *Bonev I. K., Petrunov R., Cool N. J. et al.* Kostovite and its argentian varieties: deposits and mineral associations // Geochemistry, mineralogy and petrology. 2005. 42. P. 1–22.
  15. *Roedder E. B.* Fluid inclusions // Mineralogical Society of America. Review in Mineralogy. 1984. 12. 644 p.
  16. *Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V. M. et al.* Ore-forming ages and sulfur isotope study of hydrothermal deposits in Kamchatka, Russia. Resource Geology, 63 (1), P. 210–223.