
УДК 551.312.16

О ТЕМПЕРАТУРАХ ОБРАЗОВАНИЯ ЖИЛЬНЫХ ЗОН АГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Андреева Е.Д.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
г. Петропавловск-Камчатский*

Научный руководитель: к.г.-м.н. Округин В.М.

В сообщении приведены новые данные о температурах гидротермального раствора, отлагавшего жильные тела Агинского Au-Ag-Te месторождения. На основе текстурно-структурного анализа установлено шесть стадий минералообразования. Первая - дорудная, вторая - основная продуктивная, третья, четвертая и пятая отнесены к пострудному циклу и представлены продуктами гидротермального брекчирования с последующим осаждением аметистоподобного кварца и карбонатов. Шестая стадия - гипергенная. Температуры гомогенизации первичных включений кварца продуктивных стадий жильных зон Агинская и Сюрприз составили: 230-270 °С и 200-290 °С, соответственно. Аметистоподобный кварц пострудной стадии кристаллизовался при температурах 240-270 °С. Соленость минералообразующих раствора не выше 2 масс.% (в пересчете на NaCl).

Ключевые слова: газовой-жидкие включения, стадии минералообразования, золото, теллуриды, гидротермальный взрыв, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Агинское эпитеермальное Au-Ag-Te месторождение входит в число наиболее крупных золоторудных объектов Центрально-Камчатского горнорудного района (ЦКГРР). Территориально ЦКГРР охватывает водораздельные части Срединного и Козыревского хребтов. Район, включающий около 30 месторождений золото-серебряной формации, приурочен к наиболее приподнятому блоку Центрально-Камчатского вулканического пояса и его сочленению с выступами мелового кристаллического фундамента (рис. 1) [9]. Благородно-метальная минерализация, как правило, локализуется в пределах вулканических построек среднего состава. На основании ранее проведенных геолого-поисковых работ выделены следующие минеральные типы месторождений района: полисульфидный, теллуридный, золотой и сульфосолевый [9].

Агинское месторождение - главный источник коренного золота Абдрахимовского рудного поля, занимает северо-восточный склон кальдеры Агинского палеовулкана. Общие запасы золота на месторождении составляют 30.9 т при средней концентрации металла 38 г/т. С конца 2006 года на базе месторождения действует Агинский ГОК с проектной мощностью 150 тыс. т руды в год и годовом производстве сплава Доре около 2-3 т [5]. За сравнительно короткий период эксплуатации месторождения добыто более 10 т золота.



Рис. 1. Схематическая карта расположения Агинского месторождения.

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Агинское месторождение занимает северо-восточный склон одноименного палеовулкана, сложенного слабо дифференцированными вулканитами среднего и основного состава [1, 9]. Среди них выделяют туфы андезитов, двупироксеновые андезибазальты нижней толщи алнейской серии; оливин-олигоклазовые базальты, андезиты, андезидациты и брекчиевые лавы базальтов верхней толщи алнейской серии. Подстилающие образования представлены нерасчлененной толщей переслаивающихся туфопесчаников и туфоалевролитов. Четвертичные покровы плагиофировых андезитов и оливиновых базальтов распространены, главным образом, за пределами кальдеры Агинского палеовулкана (рис. 2).

Рудные тела приурочены к жильным зонам и жилам трех типов: а) сложные по своей морфологии, отличающиеся наибольшими мощностью и запасами, локализованные в крупных сколового характера системах разрывных нарушений Агинского жильного пучка (Агинское, Сюрприз, Малыш, Блуждающее); б) менее продуктивные, но с высокими содержаниями металла, также связаны со сколовыми трещинами-перемычками (Олимпийское, Ноябрьское); в) мелкие жилы, зоны прожилкования в трещинах отрывах (Находка, апофизы зоны Валери). Возраст рудных тел по данным К/Аг методу составляет 6.9, 7.1-7.5 млн. лет [8, 9].

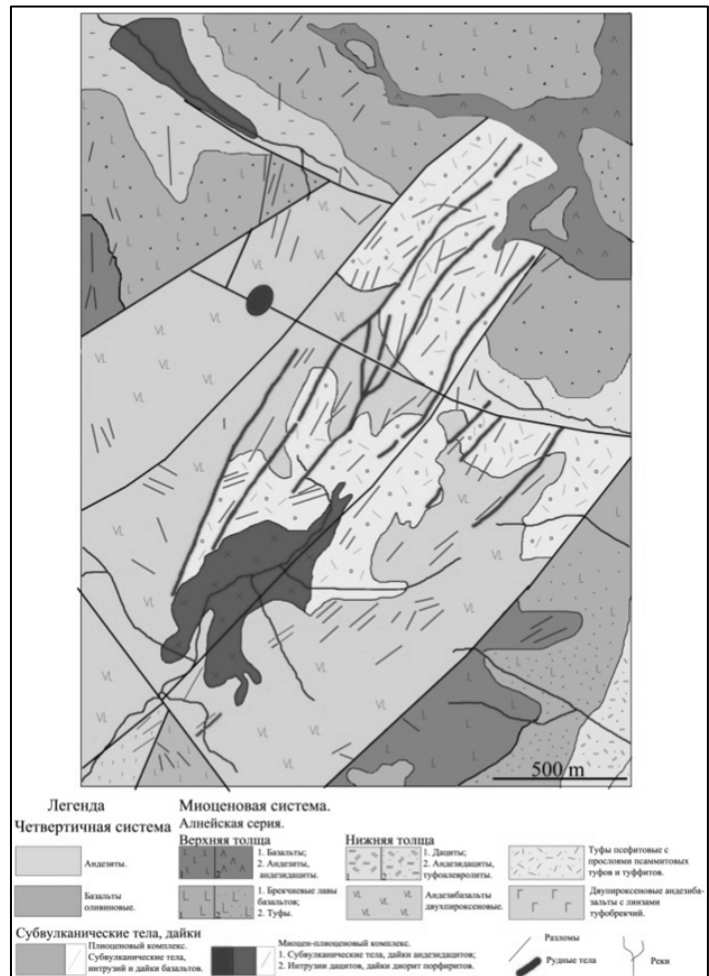


Рис. 2. Геологическое строение района месторождения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оптического (визуального) изучения газовой-жидких включений с классификацией на первичные, вторичные и псевдвторичные разновидности применялся микроскоп проходящего света Nikon Eclipse E400 POL. В основу классификации флюидных включений были положены критерии Н.П. Ермакова и Э. Роддера [6, 7, 10]. Криометрия и последующая гомогенизация всех выделенных типов газовой-жидких включений осуществлялись на базе камеры Linkam в лабораториях университетов Москвы и Сап-

поро (Хоккайдо, Япония). Плотность (соленость) растворов рассчитывалась по температуре плавления последнего кристалла льда с температурным шагом $1-0,1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Температуры гомогенизации фиксировались по исчезновению газовой фазы. Включения подвергались нагреванию с температурным градиентом $1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

МИНЕРАЛОГИЯ И СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Для руд Агинского месторождения характерны крустификационно-полосчатые и брекчиевые текстуры, с заметным преобладанием последних (рис. 3). Текстуры крустификационного и колломорфно-полосчатого типа встречены только в рудных телах Агинской жильной зоны.

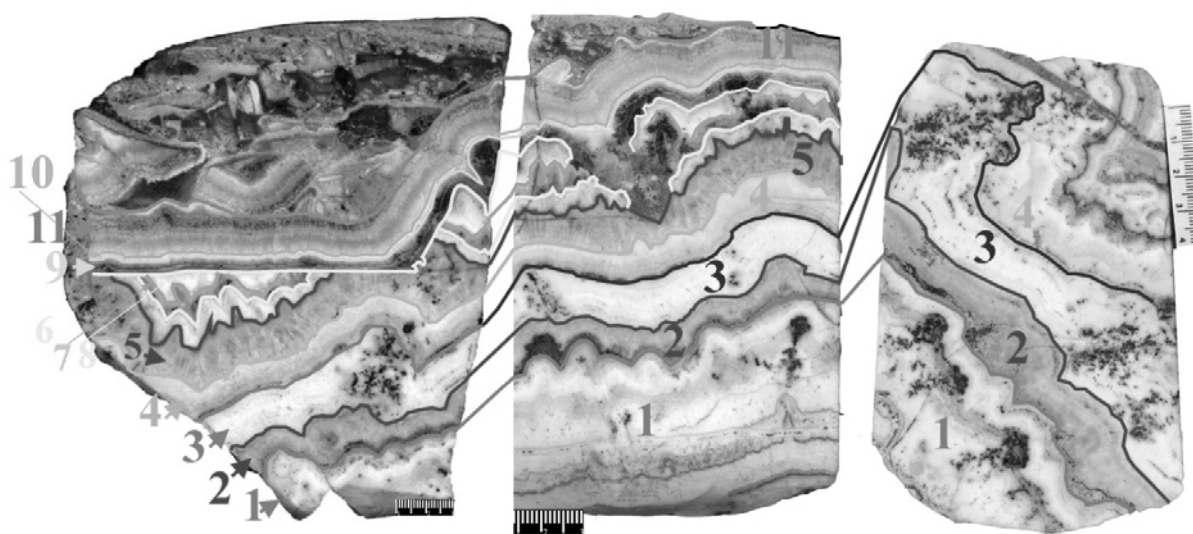


Рис. 3. Комбинации колломорфно-крустификационно-полосчатых текстур с брекчиевыми, отнесенные к стадиям II и III, соответственно. Стадия II - ритмичное чередование слоев кварц-адуляр-глинистого состава. В полосах молочно-белого кварца рассеяна ранняя золото-серебро-теллуридная минерализация. Более поздняя серебро-теллуридная минерализация концентрируется в узкой полосе метаколлоидного кварца. Отложение минералов серебро-теллуридного типа (алтаит, гессит, петцит) возможно было спровоцировано гидротермальным взрывом.

Вкрапленность рудных минералов тяготеет к полоске молочно-белого фарфоровидного и метаколлоидного халцедоновидного кварца. Крустификационно-полосчатые текстуры наблюдаются в приконтактных

частях жил с вмещающими породами. В центральных частях жильной зоны более развиты текстуры брекчиевого характера.

Сопредельная жильная зона Сюрприз состоит из сильно брекчированного жильного материала, затрудняющего установление хронологической последовательности накопления кварц-адуляр-глинистых слоев, несущих наиболее богатую золото-серебро-теллуридную минерализацию. Здесь резко увеличивается роль брекчиевых текстур, иллюстрирующих многократное дробление раннее отложенного жильного материала. Для изучения последовательности отложения жильного и рудного вещества в качестве эталонов были взяты представительные образцы различных рудных тел Агинской жильной зоны.

На основе текстурно-структурного анализа установлено шесть стадий минералообразования, характеризующихся широкими вариациями физико-химических параметров (С-Р-Т-рН) гидротермального раствора [2, 3, 4, 8].

Стадия I представлена псевдополосчатым молочно-белым скрытокристаллическим кварцем с тонкодисперсной вкрапленностью пирита.

К стадии II отнесены своеобразные микроритмы-полоски, сложенные кварц-адуляр-глинистым веществом, насыщенным в той или иной степени рудными минералами (от электрума до блеклой руды и Cd-содержащего сфалерита). Характерна тесная связь рудного вещества с игольчатыми кристаллами адуляра. Предполагается, что два полярных типа минерализации - золото-серебро-теллуридный и серебро-теллуридный

могли образоваться в течение второй стадии (рис. 2).

Типоморфные минералы золото-серебро-теллуридного типа - самородное золото с пробностью 800-900, калаверит, петцит, халькопирит, ряд редких интерметаллических соединений золота, таких как билибинскит, безсмертновит и богдановит. Серебро-теллуридный тип характеризуется широким распространением гессита, алтаита и петцита, ассоциирующих с халькопиритом, Cd-содержащим сфалеритом и золотом

Стадия III - гидротермальные брекчии (результат вскипания) - состоят из обломков кварца более ранних стадий, часто содержащих электрум в сростаниях с сульфидами, теллуридами и теллуратами. Цемент - кварц-адуляр-цеолитовый материал.

Стадии IV и V отнесены к пострудным этапам. Они сложены агрегатом кварца и карбоната. Отмечаются локально в центральных частях жил.

Стадия VI - гипергенная, в ходе которой образовался ряд вторичных минералов теллура и высокопробное самородное золото.

Фрагменты, описанных выше стадий, были откартированы в рудных телах верхних горизонтов Агинской жильной зоны, а также на отдельных участках жильной зоне Сюрприз.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микропорции материнского гидротермального раствора, законсервированные в многочисленных структурных дефектах небольших кавернах и трещинах кварца информативный признак - температуры, состава и давлений рудообразующей среды [6, 7, 10].

Для оценки температур минералообразующих гидротермальных растворов, их вариаций в процессе становления рудных тел Агинского месторождения был отобран кварц второй продуктивной стадии и аметистоподобный кварц четвертой пострудной стадии из жильных зон Агинская и Сюрприз.

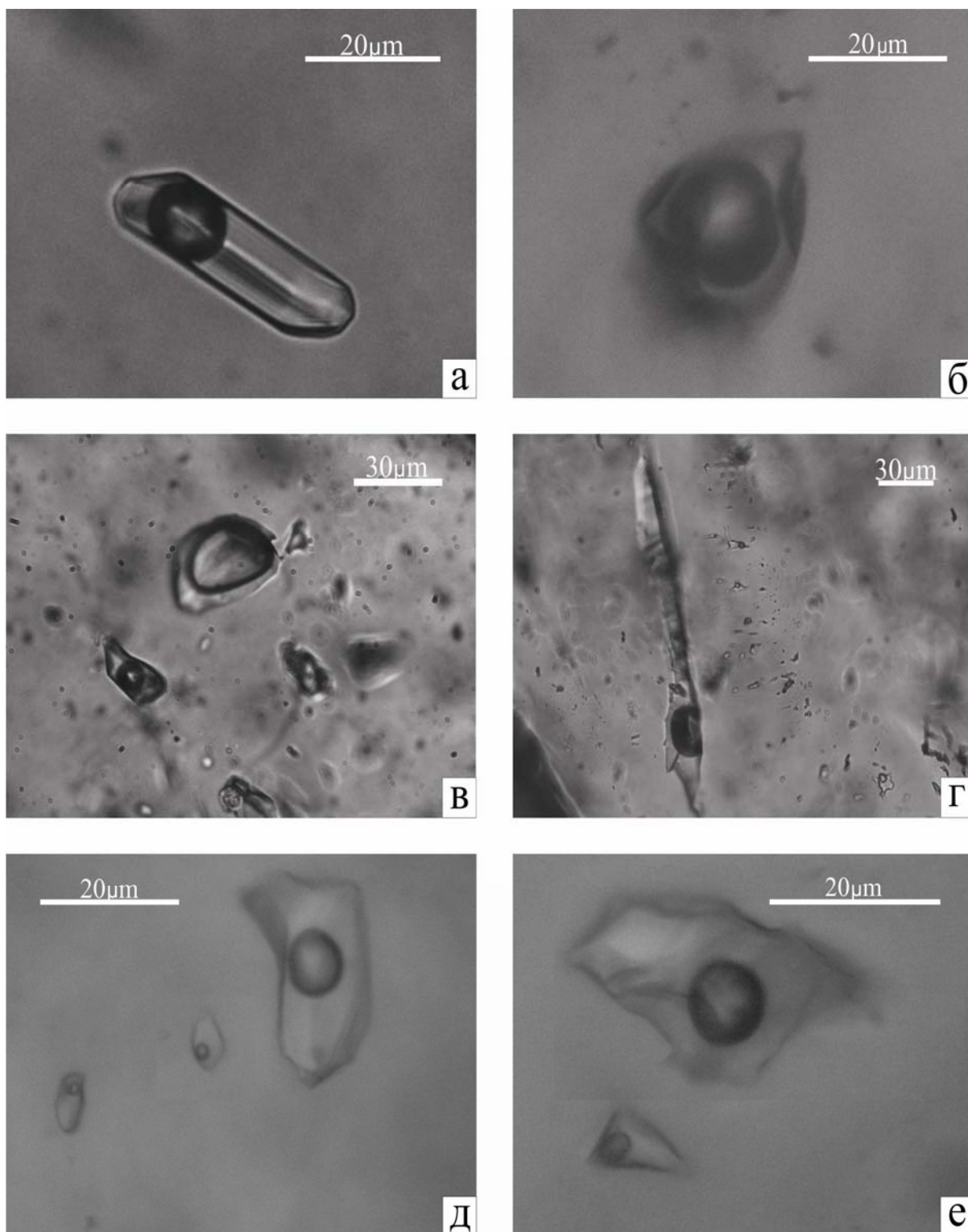


Рис. 4. Морфологические типы газожидких включений золотоносного кварца месторождений Агинское (а-г) и Южно-Агинское (д,е): а - первичное включение трубчатой формы с газовой фазой 20 об.%; б - изометричное первичное включение с объемом газовой фазы до 80 об.%; в - включения с широкими вариациями газовой и жидкой фаз; г - включение расшнурованного типа; д, е - группы первичных включений с газовой фазой 20 об.%

Большинство попыток замерить температуры криометрии и гомогенизации газовой-жидких включений скрытокристаллического кварца Агинской жильной зоны, не увенчались успехом ввиду весьма мелких размеров вакуолей.

Наиболее удачные включения для проведения экспериментов были найдены в продуктивном кварце и постпродуктивном аметистовом кварце рудного тела Сюрприз, что позволило оценить флуктуации температуры в процессе эволюции гидротермальной рудообразующей системы.

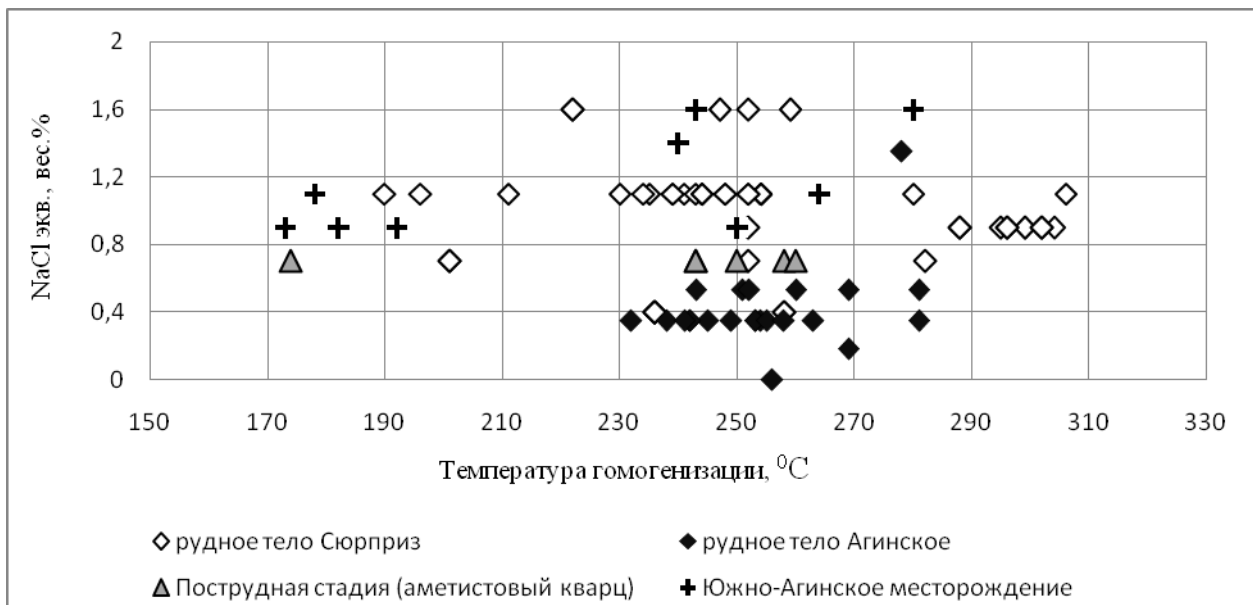


Рис. 5. График зависимости температур гомогенизации и плотности флюидных включений золотоносного кварца рудных тел Агинское и Сюрприз, пострудного аметистоподобного кварца Агинского и кварцевых жил Южно-Агинского месторождений.

Микропорции гидротермальных минералообразующих растворов - флюидные включения были установлены как в кварце, слагающем массивные агрегаты с видимой золотой минерализацией, так и в отдельных кристаллах кварца гидротермальных брекчий. Нами были детально изучены газовой-жидкие включения и среди них выделены первичные, вторичные и псевдвторичные (или мнимо вторичные) разновидности [10].

Первичные включения с размерами 40 и более микронов представлены двумя типами: существенно жидкие и существенно газовые. Причем очень часто они встречаются совместно. Существенно жидкие включения пользуются преимущественным развитием по сравнению с газовыми. Температуры гомогенизации, замеренные для включений кварца продуктивной стадии, у которых объем газовой фазы менее 50 % объема вакуолей, варьируют в пределах 230-270⁰С для Агинской жильной зоны и 230-290⁰С для жильной зоны Сюрприз.

Практически такие же температуры гомогенизации получены для включений пострудного аметистоподобного кварца, а именно - 174-260⁰С. Такое совпадение температур гомогенизации можно объяснить осцилляцией минералообразующих растворов.

Жильный кварц Южно-Агинского месторождения, локализованного в южном секторе Агинской кальдеры, отличается наличием исключительно мелких (размеры от 5 до 30 микрон) преимущественно существенно жидких включений. При этом, как правило, вакуоли концентрируются в вершинных частях микрокристаллов кварца. Достаточно четко выделяются два температурных интервала гомогенизации включений:

1. относительно низко температурный - 170-200⁰С;
2. более высоко температурный - 240-290⁰С.

ВЫВОДЫ

В жильных образованиях Агинской эпиптермальной системы, сформированной в течение 6-ти стадий, установлены газОВО-жидкие включения двух типов: существенно жидкие и существенно газОВые. Первый тип включений - преобладающий. Коэффициенты заполнения (объем газОВОй фазы) вакуолей включений варьируют от 10 до 90 %.

Первичные включения золотоносного кварца рудной зоны Агинская гомогенизировались в интервале температур 230-270⁰С, а зоны Сюрприз - 200-290⁰С.

Температуры первичных включений пострудной стадии меняются в пределах 240-270⁰С.

Спад температур, характерный для многих эпиптермальных месторождений, не был зафиксирован на Агинском месторождении, что свидетельствует о своеобразной осцилляции рудообразующих растворов в условиях достаточно выдержанного температурного градиента.

Золото и сопутствующие ему минералы отлагались из гидротермального раствора с температурами порядка 250-260⁰С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрусенко Н.И., Щепотьев Ю.М. Температурный режим формирования и стадийность субвулканических золото-серебряных месторождений Центральной Камчатки // *Геохимия*, №2, 1974. С. 179-186.
2. Андреева Е.Д., Округин В.М., Матсуеда Х., Оно Ш., Такахаша Р. Особенности формирования рудных тел Агинского месторождения, Центральная Камчатка // *Материалы XXI Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.И. Смирнова «Фундаментальные проблемы геологии месторождения и металлогении»*. Москва, 2010. С.15-17.
3. Андреева Е.Д., Округин В.М., Матсуеда Х., Буханова Д.С. Сравнительная характеристика золото-серебряной и теллуридной минерализации Агинского месторождения, Центральная Камчатка: Международное совещание «Новые горизонты в изучении процессов магмо- и рудообразования». М., 2010.
4. Андреева Е.Д. Au-Ag-Te минерализация Агинского месторождения (Центральная Камчатка) // *Вестник ДВО*. 2010. С.148-153.
5. Горшков Г. ЗАО «КамГолд»: 15 лет испытаний, надежд и свершений // *Горный Вестник*. 2009. С. 10-12.
6. Ермаков Н.П. Геохимические системы в минералах. М., 1972.
7. Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. М., 2008. С. 224.
8. Округин В.М. О возрасте и генезисе эпитермальных месторождений зоны перехода континент-океан (Северо-западная Пацифика). Магадан, 2001.
9. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. ВСЕГЕИ, 1999. С. 116.
10. Roedder E.B. Fluid inclusions // *Mineralogical Society of America. Review in Mineralogy*. 19846 V.12. P. 644.

FORMATION TEMPERATURE OF THE AGINSKOE DEPOSIT BASED
ON THE FLUID INCLUSION DATA

Andreeva E.D.

The Institution of the Volcanology and Seismology FEB RAS

Mineralogical and fluid-inclusion studies were conducted on the ore samples from the Au-Ag-Te Aginskoe deposit. Based on the detailed observation of specimens six major mineralization stages have been recognized. The stage II is productive on gold-silver-telluride and silver-telluride mineralization. The latest stage VI was classified as supergene, however, some gold was also confirmed in this stage. The stage IV post-ore amethyst was regarded to be suitable for the microthermometric analysis. Basically, stage II quartz hosting gas-liquid and gas-rich inclusions homogenized at the temperature of 250-260 °C, in general. Stage IV amethyst hosting liquid-rich and gaseous inclusions yielded the temperature of 240-260 °C. Thus, temperature was constant through metal-rich stage II to post-ore stage IV. Filling temperature of primary inclusions for quartz from the South-Aginskoe deposit show identical range with the Aginskoe deposit – 240-290°C.

Key words: fluid inclusions, mineralization stages, gold, tellurides, deposit, Kamchatka.