

УДК 551.441.(571.65)

ОСОБЕННОСТИ РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ЭПИТЕРМАЛЬНОМ Au–Ag-МЕСТОРОЖДЕНИИ КУБАКА (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

© 2007 г. Н. Е. Савва, А. В. Волков, член-корреспондент РАН А. А. Сидоров

Поступило 26.04.2007 г.

В мире практически не существует аналогов подобного Кубаке эпиптермального месторождения, в рудах которого преобладают золото и кварц. Оно относится к крупным по запасам (более 100 т золота и 100 т серебра при средних содержаниях 20.2 и 21.3 г/т соответственно). Вертикальный размах оруденения 200–250 м. Средняя мощность рудных тел 12 м. Месторождение находится в южной части Омолонского кратонного террейна (рис. 1). В строении массива четко выделяются докембрийский кристаллический фундамент и чехол осадочных и вулканогенно-осадочных толщ с широким диапазоном возрастов от протерозоя до верхней юры. В сложении массива участвует также и раннемеловой орогенный кроющий комплекс. Омолонскую металлогеническую область (в рамках одноименного кратонного террейна) от Охотско-Чукотского вулканогенного пояса отличает длительная многоэтапная эволюция золотого и серебряного оруденения. Наиболее интенсивно проявлен среднепалеозойский этап формирования золото-серебряного оруденения, с которым связано формирование не только Кубаки, но и ряда перспективных месторождений: Ольча, Биркачан, Юный и др.

Рудное поле сложено вулканитами кедонской серии (D₂₋₃kd), представленными туфопесчаниками, туфоалевролитами, туфами и игнимбритами среднего и кислого состава [1]. На них на западном и южном флангах месторождения на размытой поверхности с угловым несогласием лежат терригенные образования корбинской свиты – ранний кабон C₁krb, в основании которых отмечаются базальные конгломераты. На правом боту р. Кубаки в виде изолированных блоков на днев-

ную поверхность выходят породы архея, которые подстилают рудовмещающие вулканиты кедонской серии. Вулканиты залегают моноклинально и полого наклонены к периферии палеовулкана под углом 15–20°. Породы прорваны серией субвулканических интрузий и даек риолитового и риодацитового состава.

Структура рудного поля по И.Н. Котляру [2] представляет собой кальдеру обрушения, претерпевшую резургентное куполообразование при внедрении субвулканических рудовмещающих трахидацитов. Кальдера выполнена эффузивными вулканомиктовыми образованиями кубакинской толщи и прорывающими их субвулканическими трахидацитами, трахириодацитами и риолитами, вмещающими рудные тела. Залегающие во внешнем обрамлении кольцевого разлома кремнистые толщ – полосчатые туффиты, полимиктовые песчаники, гравелиты и конгломераты круто наклонены к центру структуры под углом 60°–80°. Величина вертикального смещения (обрушения) по данным буровых работ оценивается в 450–500 м. Депрессия заполнена лавами дацитов, переслаивающимися с вулканомиктовыми отложениями.

Рудные тела приурочены к трахидацитовому субвулкану. Среди морфологических типов рудных тел преобладают жилы выполнения и зоны штокверкового типа. Серия рудных жил протягивается на 2 км в субширотном направлении. По падению рудные тела и серии жил образуют пучки, сходящиеся в одну жилу. Оруденение имеет ярко выраженный бананцевый характер, в рудных столбах геометризуется 80–90% всех руд с содержаниями более 30 г/т [3]. При этом более 50% рудных столбов составляют руды со средними содержаниями от 66.6 до 162.0 г/т.

Возраст оруденения. Детальный анализ возрастных особенностей оруденения приведен в работе И.Н. Котляра с соавторами [4]. В ней на обширном фактическом материале изотопно-геохронологических исследований констатируется, что возраст руд месторождения Кубаки составляет 335 ± 5 – 337 ± 8 млн. лет, т.е. визейский

*Северо-восточный комплексный
научно-исследовательский институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Магадан
Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва*

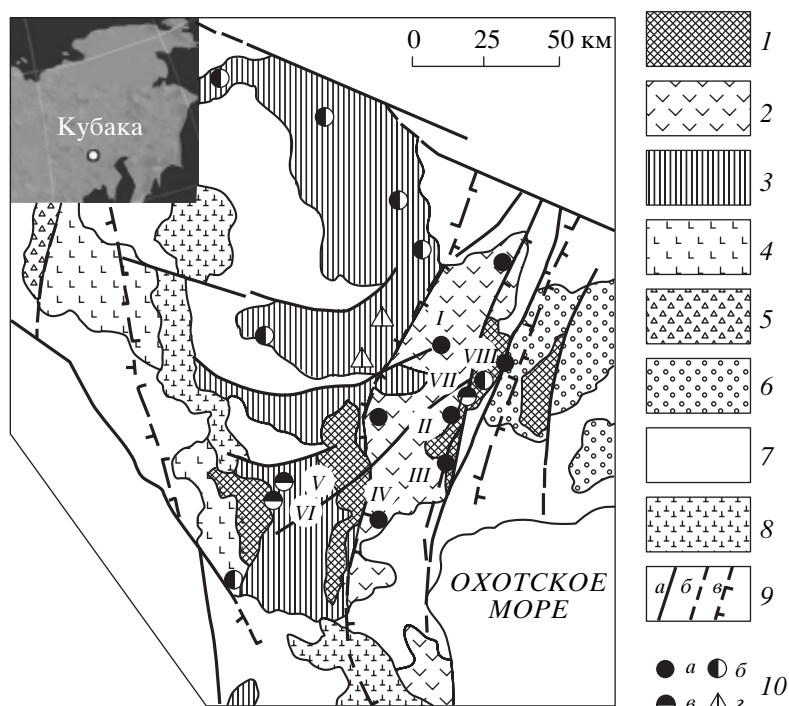


Рис. 1. Схема металлогенического районирования южной части Омолонского массива: 1 – выступы докембрийского кристаллического фундамента; 2–4 – кедонская структурно-фациальная зона; 2 – амандыканская подзона, 3 – кедон-омолонская подзона, 4 – абкинская подзона; 5–8 – ауланджинская структурно-фациальная зона: 5 – вулканогенно-молассовая формация, 6 – молассовая и кремнистая формации, 7 – терригенные и карбонатные формации позднекаменноугольного возраста, 8 – адезитовая формация позднего мела; 9 – разломы: ограничивающие массив (а), разделяющие его на блоки (б), ограничивающие металлогенические зоны (в); 10 – месторождения (а) и проявления Au-Ag-эпитермального типа (б), Cu-Mo-порфирового (в) и Au-джаспероидного (z) типов; месторождения: I – Биркачан, II – Кубака; рудопроявления: III – Дубль, IV – Елочка, V – Вечернее, VI – Хрустальный, VII – Таборное, VIII – Орлиный.

век раннего карбона. При этом отмечено, что в позднем палеозое–мезозое руды подвергались неоднократным термальным воздействиям, приведшим к нарушению изотопных систем. Именно с ними связываются относительно более молодые датировки возраста. Время повторного включения изотопных часов по рудным образованиям определяется в широком интервале от 212 до 110 млн. лет и вызывает острые дискуссии. Тем не менее, рассматривая минералогические особенности руд, возможно допустить их полихронное формирование. В пользу такого предположения говорят следующие факты: наличие серии жил (шт. № 1, рассечки 21–39), сложенных кварц-адуляр-халцедоновым агрегатом с преобладанием серебро-селенидного парагенезиса. Золото-серебряное отношение в них превышает 1 : 10. Развитие здесь белого крупнокристаллического адуляра (до 15 мм по диагонали), существенно отличающегося от розового мелкозернистого адуляра Центральной рудной зоны. Возраст белого адуляра по K-Ar 110–130 млн. лет. Кроме того, для этого оруденения характерны повышенное количество пирита и халькопирита в метасоматитах; а также парагенезис кюстелита с тонкоигольчатым арсенопиритом. Во

всяком случае, мы связываем с этим возрастом не только включение изотопных часов, но и возможность вещественного взаимодействия в зоне влияния ОЧВП, пространственно сближенного с этой территорией и известного в металлогеническом плане как сереброносная металлогеническая провинция.

Вещественный состав руд. Руды месторождения Кубака представляют собой фрагменты жильных образований, в которых основную часть составляют кварц, адуляр, карбонат, и обломки гидрослюдизированных вмещающих пород. Из рудных минералов основная доля приходится на золото-серебрянные интерметаллиды. Количество иных рудных минералов ничтожно. По текстуре это типичные эпитермальное образования с широко развитыми колломорфно-полосчатыми и каркасно-пластинчатыми агрегатами жильных минералов с тонкой вкрапленностью полезных компонентов, приуроченных к ритмам халцедоновидного кварца (рис. 2). В рудах месторождения установлено более пятидесяти гипогенных минералов, но лишь четыре из них составляют более 99% рудной массы – это кварц (в том числе халцедон и халцедоновидный кварц), аду-

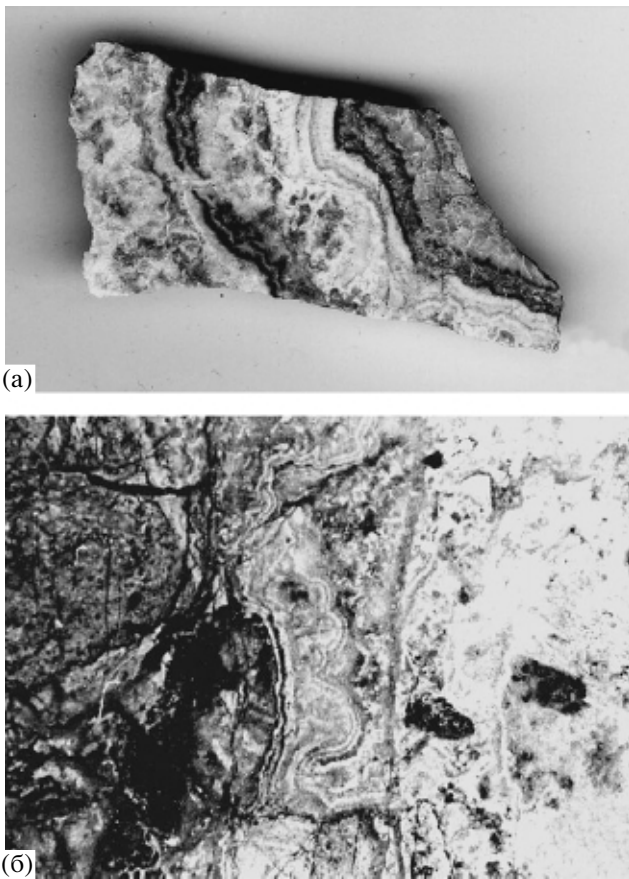


Рис. 2. Текстуры руд месторождения Кубака: а – колломорфно-полосчатая текстура кварц-полевошпатового агрегата (в темных полосах тонкая вкрапленность самородного золота); б – сложная текстура брекчиевая и колломорфно-полосчатая тонкого сложения – типичная золотоносная руда.

ляр, самородное золото (в том числе электрум), карбонаты. Остальные минералы составляют менее 0.1% в рудах. Можно отметить также высокое содержание флюорита, характерное для рудного тела № 8, тогда как в остальных рудных телах он встречается редко.

Среди минералогических редкостей следует отметить присутствующие в рудах минеральные фазы, по составу и оптическим свойствам и рентгенограммам отнесенные к группе золото-серебряных сульфидов, но сильно варьирующих по содержаниям серы (табл. 1). По оптическим свойствам эти фазы существенно отличаются друг от друга. Под микроскопом имеют серый цвет, слабо анизотропны, ассоциируют с самородным золотом, образуя в нем включения шестиугольных очертаний размером от 50 до 200 мкм.

Пробность самородного золота изучена на микронде. По 83 определениям установлено среднее значение равное 680‰, но, как показало структурное травление, золото Кубаки весьма не-



Рис. 3. Двумодальное распределение пробности самородного золота из руд месторождения Кубака.

однородно. Это отражается на гистограмме пробности (рис. 3). В позднем продуктивном парагенезисе, где в результате реювенации произошло перераспределение вещества, золото и серебро дифференцировались. При этом образовалось золото второй генерации с пробностью 830‰ и широкий спектр серебряных минералов, в том числе селениды и самородное серебро.

Наиболее характерной чертой минералогии руд месторождения Кубака является исключительно низкая сульфидность руд. В связи с этим на позднем этапе широко проявлена селеновая минерализация. Формирование месторождения в резкоградиентных условиях привело также к образованию тонких минеральных смесей, индикатором которых является нестехеометричность целого ряда минералов (табл. 2). Расположенное в 40 км к востоку от Кубаки месторождение Биркачан также характеризуется очень низкой сульфидностью руд (<0.5%), что указывает на региональную распространенность этого достаточно необычного для эпitherмального оруденения явле-

Таблица 1. Состав минеральных фаз системы Au-Ag-S в рудах месторождения Кубака

Проба	Концентрация, мас. %				Сумма
	Au	Ag	S	Se	
1	33.5	60.9	5.8	0.0	100.4
2	34.6	61.8	4.0	0.1	100.5
3	36.5	60	3.9	0.0	100.7
4	45.7	49.8	4.5	0.1	100.1
5	43.8	48.6	4.0	0.0	96.7
6	17.2	65.9	7.6	5.3	96.6
7	21	63.0	6.9	5.3	97.5

Примечание. САМЕВАХ, аналитик Е.М. Горячева.

Таблица 2. Неоднородности состава минералов в рудах месторождения Кубака, включающих примесные элементы

Минерал	Концентрация, мас. %
Селенистый акантит	Se 1.5–3
Селенистый и железистый галенит	Se 2.6–4.0; Fe 0.4–3.0
Селенистый стефанит	Se 2.4–6.2
Мышьяковистый пирит	As 1.1–1.6
Сфалерит	Fe 0.5–10.0
Серебросодержащий халькопирит	Ag 1.5–8
Золотистое серебро	Au 1.5–12.0
Фрейбергит	Ag 23.0–33.0

ния. Ниже приведена последовательность формирования оруденения на месторождении Кубака.

Ранний этап – 300–330 млн. лет (по времени соответствует карбону).

1. Золото-халцедоновый с участием коллоидного кремнезема и золота. Отдельные сгустки, коагуляты коллоидного золота удается увидеть под микроскопом. Это, как правило, ксеноморфные образования размером до 200 мкм, темно-коричневого цвета с мелкими округлыми зародышевыми кристаллами электрума и кюстелита. Вокруг хлопьевидных частиц коллоидного золота формируются халцедоновые сферы. Чаше коллоидное золото микроскопически не наблюдается и определяется только аналитическими методами, причем тонко рассеянное коллоидное золото окрашивает халцедон в розовые и зеленые тона.

2. Адуляр-кварцевый – типичный для эпитеpmальных золото-серебряных месторождений. Минералы второго парагенезиса цементируют обломки халцедонового агрегата, при этом происходит укрупнение и раскристаллизация (полимеризация) самородного золота с одновременным повышением его пробности и отложение других рудных минералов в очень незначительном объеме и широком видовом спектре (группа редко встречающихся). В основном это железные и медные колчеданы серебра – аргентопирит, штернбергит, штормеерит. Сульфиды по составу характеризуются резким дефицитом серы, которая нередко компенсируется селеном, реже мышьяком. Режим минералообразования характеризуется также резкоградиентной обстановкой. Указанные особенности приводят к тому, что в рудах отмечается низкая сульфидность, широкое развитие тонких минеральных смесей и высокая неоднородность состава минералов (табл. 1, 2).

3. Барит-флюоритовый проявлен неравномерно и не во всех рудных телах. Особенно интенсив-

ное его развитие отмечается в рудном теле № 8, расположенном в северном эндоконтакте субвулкана и на участке Цокольном (южный эндоконтакт). Можно говорить о том, что барит-флюоритовый парагенезис приурочен к внешнему обрамлению субвулканического тела и, не являясь продуктивным, в отдельных участках характеризуется небольшим обогащением самородным золотом. Кроме того, на участке наложения флюоритовой минерализации на кварц-адуляровую отмечена самая высокая для месторождения пробность золота 890‰. Структурным травлением в нем выявляются признаки гипогенных преобразований. Барит-флюоритовый парагенезис не характерен для большинства эпитеpmальных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

Поздний этап – 110–130 млн. лет (по времени соответствует раннему мелу).

1. Кварц-адуляровый – с золото-серебро-селенидной рудной минерализацией. Этот парагенезис интенсивно развит на северо-восточном фланге рудного поля. Для него характерен белый крупнокристаллический адуляр (до 15 мм по длинной диагонали), заметные скопления в виде черных оторочек (мощностью до 5 мм) акантита, агвиларита, самородного серебра, фрейбергита и золотосеребряное отношение в рудах 1 : 50 – 1 : 100. Несовместное для центральной части рудного поля. В целом для месторождения оно колеблется от 1 : 1 до 1 : 12.

2. Карбонатный – развит широко и повсеместно. Среди карбонатов в нем преобладает кальцит, в меньшей степени развиты марганцовистые и железистые разновидности – манганокальцит, доломит, реже встречается карбонат бария – витерит. Встречены карбонаты, насыщенные углистыми включениями.

Необычайно низкая сульфидность руд обеспечивает практически 100%-ную долю свободного золота и создает благоприятные условия для уникально высокого процента его извлечения. Среднее значение пробности самородного золота 780‰. На гистограмме частот встречаемости (рис. 3) этот показатель имеет двумодальное распределение, что связано с двумя его генерациями: ранней – 680‰ (коллоидной), отлагавшейся совместно с халцедоном, и поздней – 750–830‰, связанной с коагуляцией и раскристаллизацией коллоида при формировании кварц-адулярового парагенезиса.

По включениям минералообразующих сред месторождение отнесено к низкотемпературному, где образуются продуктивный кварц при 130–190°C, а постпродуктивный карбонат при 150–160°C [5]. Анализом состава водных вытяжек установлено, что тип растворов относится к гидрокарбонатно-калиевому: 60–80% гидрокарбоната и калия от общего количества катионов и анионов. В содержании катионов и анионов проявляется тенденция увеличения доли калия от

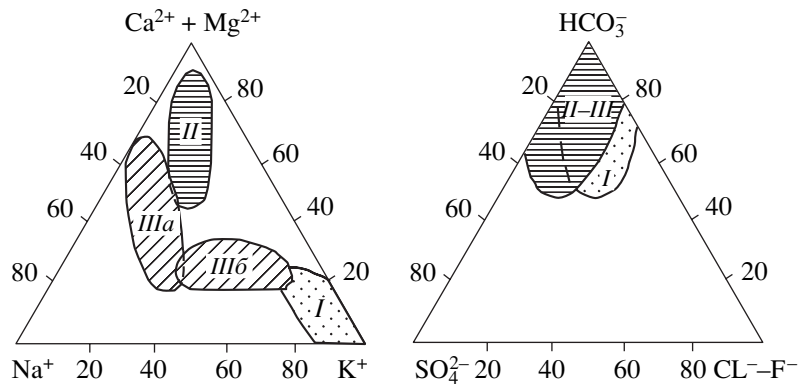


Рис. 4. Диаграммы анионных и катионных составов водных вытяжек из кварца золото-серебряных месторождений по [5], дополненный. I – Кубака-Омолонский массив, II – Карамкен-ОЧВП, III – месторождения золото-кварцевой формации из Яно-Колымских мезозойских (a – дайковый тип, б – прожилково-вкрапленный тип).

безрудного кварца к продуктивному на глубину, а также слабое снижение доли Na^+ , Ca^{++} , Cl^- и F^- . Наблюдается прямая корреляция Ag-K и обратная Ag-Na для продуктивного кварца. По сравнению с эпитермальными месторождениями в Охотско-Чукотском кроющем комплексе состав гидротерм отличается существенным увеличением доли калия, тогда как в анионной части отличий нет (рис. 4).

Таким образом, месторождение Кубака отличается необычным эпитермальным оруденением. Низкая сернистость рудообразующей системы и относительно спокойные условия накопления золота способствовали его отложению. Большую роль сыграла и полимеризация кремнекислоты, о чем говорит широкое развитие халцедона в жилах. Концентрация золота в жилах чистого халцедона на месторождении Кубака достигает 11 г/т. При этом коллоидное золото окрашивает халцедон в красноватые и желтоватые тона. При образовании гелей существенно повышалась растворимость золота и серебра. Коллоидные частицы кремнекислоты при переносе золота образовывали вокруг него защитные стабилизирующие оболочки, а коагуляция геля привела к массовому выпадению золота. Низкой сульфидностью месторождение Кубака резко отличается от позднемезозойских эпитермальных месторождений Охотско-Чукотского и кайнозойских эпитермальных месторождений Камчатских вулканических поясов. Для последних характерны многочисленные месторождения самородной серы. Отсутствие сульфидов в рудах месторождения Кубака, по-видимому, связано с обеднением серой архейских кристаллических

пород фундамента Омолонского кратонного террейна. Вместе с тем уменьшение (упрощение) минеральных парагенезисов характерно также для реювинированных (и регенерированных) руд [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОНЗ (2) “Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов минерального сырья”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов В.А., Шишакова Л.Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. Владивосток: Дальнаука, 1994. 198 с.
2. Котляр И.Н. Петрология и рудоносность магматических формаций Охотско-Чукотского вулканического пояса. Автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук. Л., 1990. 39 с.
3. Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России / Под. ред. М.М. Константинова и др. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1992. 140 с.
4. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.
5. Савва Н.Е., Ворцетнев В.В. В сб.: Генезис рудных формаций и практическое значение рудно-формационного анализа на Северо-Востоке СССР. Магадан: СВКНИИ ДВО АН ССР, 1990. С. 50–64.
6. Сидоров А.А. Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруденения. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 246 с.