

ФОРМИРОВАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНОГО ЗОЛОТА ОЗЕРНОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ В ПРЕДЕЛАХ УЧАСТКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАМЧАТКИ

А. В. Трухачев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 22 июля 2008 г.

Аннотация: четко установлены геохимический и минеральный типы руд участка «Хомут». Определена последовательность формирования генераций золота и выделены его разновидности. Установлена связь минеральных ассоциаций с разными по пробыности проявлениями этого благородного металла. Выявлена этапность выделения рудных минералов и определены генетические особенности формирования минеральных ассоциаций пород данного участка.

Ключевые слова: золото, неоген-четвертичная система, рудные минералы, ассоциации минералов, тектоника, магматизм.

Abstract: geochemical and mineral types of ores of a site «Homut» are accurately established. The sequence of formation of gold's generations is defined and its sorts are separated. Connection of mineral associations with different displays on fineness of this precious metal is established. Stages allocation of ore minerals and genetic features of formation of mineral associations of rocks of the given site are defined.

Key words: gold, a neogene-quarter system, ore minerals, associations of minerals, tectonics, magmatism.

Озерновское рудное поле располагается на восточном склоне Срединного Камчатского хребта, в междуречье верховий рек Левая Озерная – Перевальная, и частью захватывает левобережье последней. Рудовмещающие породы участка тяготеют к зонам трещиноватости и представлены вторичными кварцитами, к которым, собственно, и приурочена золотая минерализация. Основным рудным минералом пород является пирит, а главные промышленно-ценные минералы представлены самородным золотом, теллуридами золота, самородным теллуром, оксидами теллура, голдфилдитом, блеклыми рудами, энаргитом, халькопиритом, ковеллином, халькозином.

Пирит мог образоваться за счет железа первичных пород, а сера, вероятно, привносилась гидротермальными растворами [2, 3]. Количество пирита в породе не превышает 5–6 %. Так же четко выделяются три его разновидности: пирит А, пирит Б, пирит В (рис. 1).

Для пирита А характерен идиоморфизм зерен, кубические формы, он образует разрозненные вкрапленники в основной массе пород. Часто такой пирит не несет следов замещения или перекристаллизации. Золотая минерализация к нему также, как правило, не приурочена. Размеры зерен колеблются от 0,001 до 0,005 мм.

Пирит Б трещиноват, характеризуется неровными краями зерен, внутри которых часто наблюдаются вкрапления голдфилдита, блеклых руд, причем последние тесно ассоциируют с самородным золотом. Строение зерен иногда концентрически-зональное, вдоль их зон роста развивается, в основном, голдфилдит, наличие которого свидетельствует о близко-одновременном формировании данной разновидности пирита и золота.

Пирит В образует редкие вкрапления метакolloидных или тонкоглобулярных выделений в основной массе пород. Данная разновидность пирита не замещается другими рудными минералами, что, возможно, обусловлено его пострудным образованием.

Главным промышленно-ценным минералом является самородное золото. Его выделения характеризуются различной формой, обычно это овальные или изометричные зерна с неровными краями, от тонкодисперсного, субмикроскопического (1–2 мкм) до микроскопического (6–9 мкм) размеров. Выделения золота приурочены к межзерновым пространствам кварца, присутствуют в виде редкой вкрапленности в блеклых рудах. Причем для последних характерны самые крупные выделения этого благородного металла. Разные по форме и размерам вкрапленники приурочены к голдфилдиту ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ - $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ + Te, Se) и ко вторичным минералам меди, развивающимся по последнему [1].

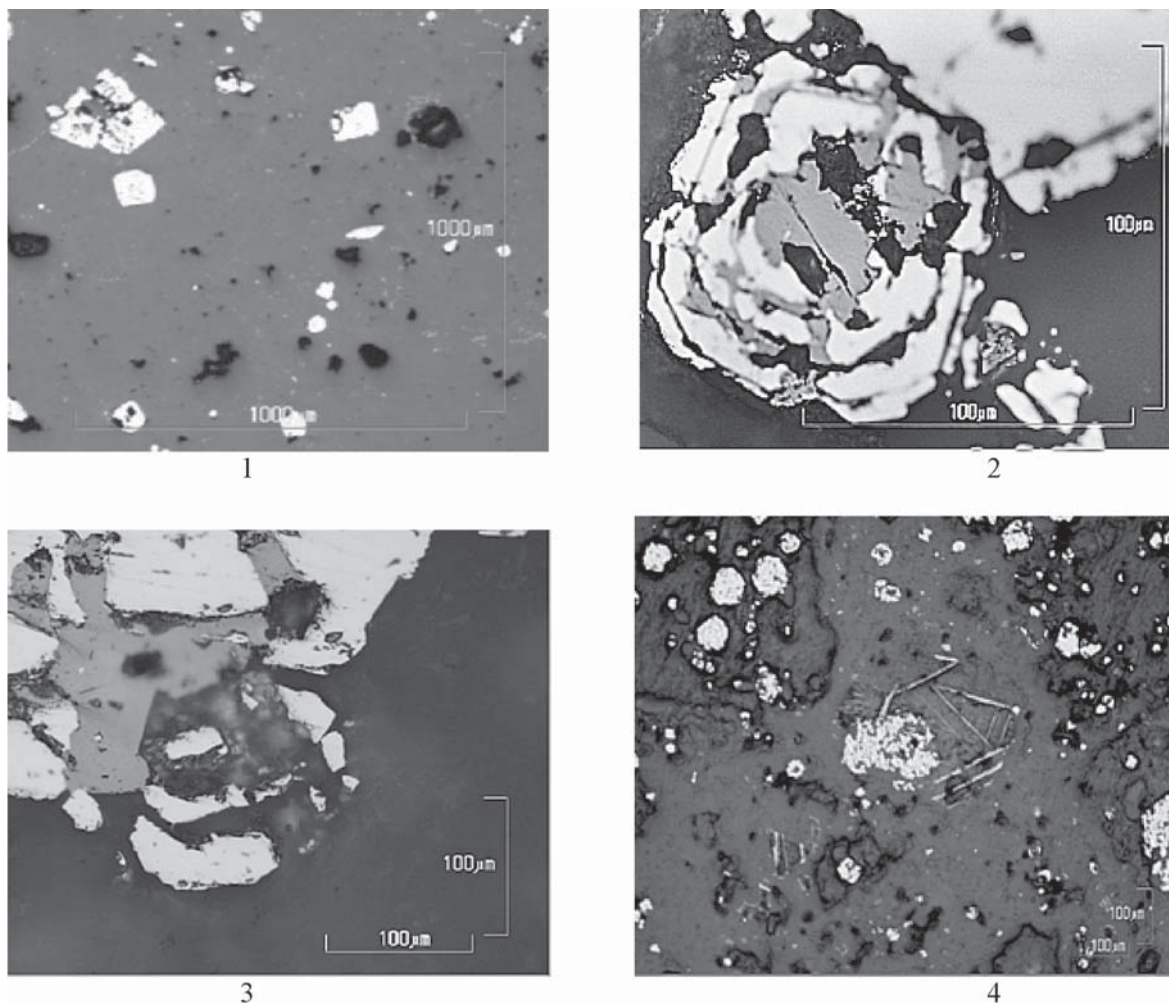


Рис. 1. Разновидности пирита: 1 – пирит А (белое) в кварце (серое); 2 – зерно пирита Б (белое), вдоль зон роста которого развивается голдфилдит (серое). Основная масса – кварц (черное); 3 – трещиноватый пирит Б (светло-серое), вдоль трещин которого развивается голдфилдит (темно-серое); 4 – пирит В (глобулярные зерна белого цвета) в кварце (темно-серое)

В минералах меди также присутствует переотложенное золото, приуроченное к участкам окисления руды. Для таких образований характерны единичные зерна купроаурида. Кроме того, переотложенное золото ассоциирует с гидроксидами железа. Химический состав золота разнообразен: содержания Au (34–93 %), Ag (0,19–4,5 %) и Cu (3,68–29,8 %), как видно, варьируют в широких пределах.

На основе изложенного можно выделить пять разновидностей золота (рис. 2): 1) золото в свободном виде (содержится в кварце), 2) золото в минеральных агрегатах, 3) золото, образующее собственные минералы (теллуриды и интерметаллиды), 4) золото, находящееся в сростании с различными минералами, 5) гипергенное (переотложенное) золото.

Особый интерес вызывает последняя разновидность, чья гипергенная природа доказывается наличием вкраплений самородной меди и/или теллу-

ра, которые, по-видимому, входили в состав теллуридов и купроаурида, распавшихся в результате окисления и воздействия гидротерм. Такое золото локализуется по обрамлению зерен и наиболее характерно для голдфилдита. Кроме того, в результате переотложения пробыность золота повышается за счет очищения от примесей.

Что касается голдфилдита, то выделения его ксеноморфные, интерстициальные, минерал заполняет трещины в кварце и пирите, а также развивается вдоль зон роста последнего. Такие выделения голдфилдита часто золотоносны. Вкрапления самородного золота в них от единичных до 4–5 знаков в одном зерне. Кроме золота, в голдфилдите присутствуют микроскопические включения самородного теллура и калаверита. Строение зерен голдфилдита очень примечательно и характеризуется неоднородностью, что выражает-

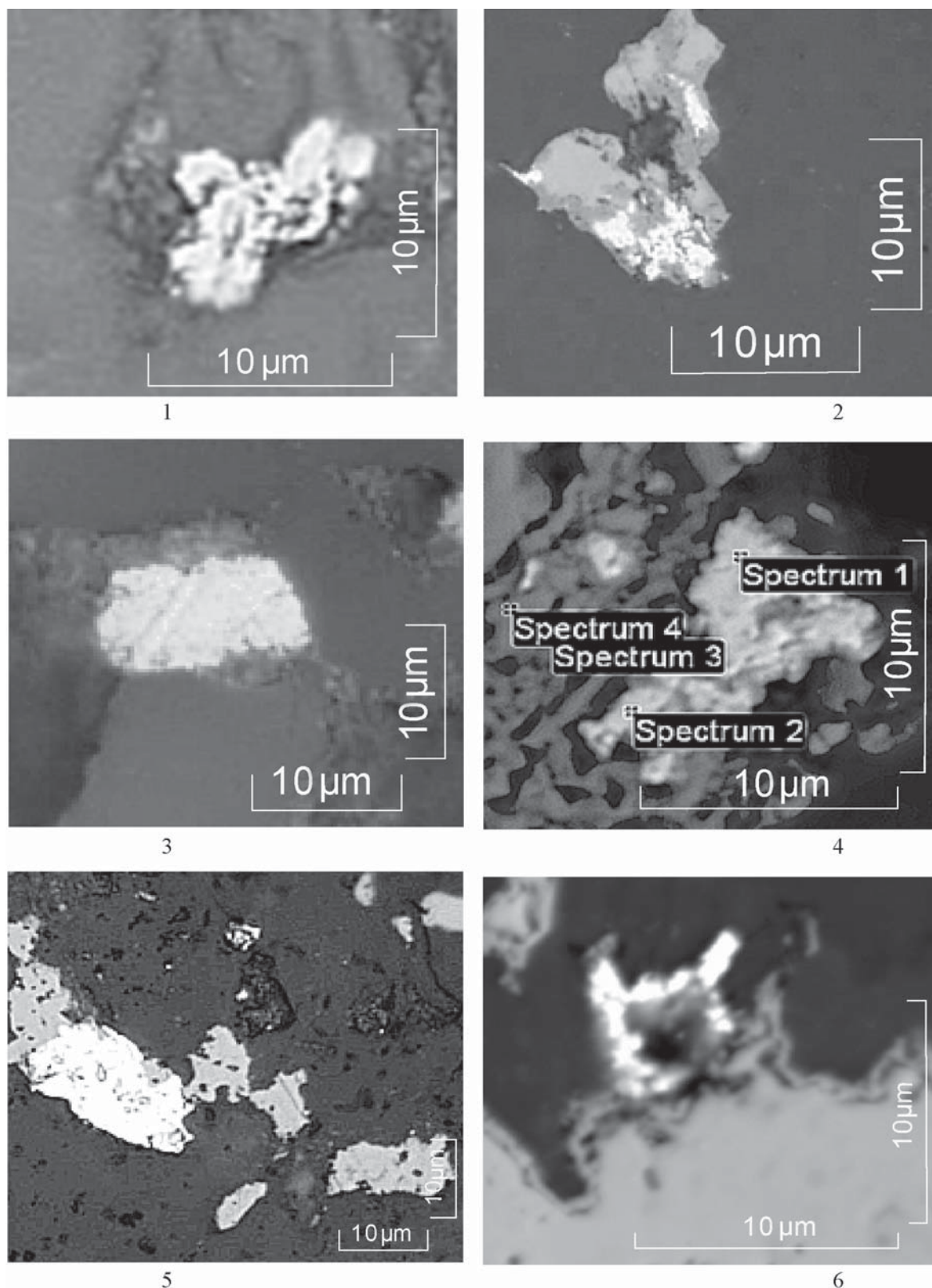


Рис. 2. Разновидности золота: 1 – Выделение золота (ярко-белое) в свободном виде в кварц-каолинитовом метасоматите (серое); 2 – золото (ярко-белое), находящееся в голдфилдите (светло-серое), который по краям замещается ковеллином (темно-серое), Основная масса – кварц (черное); 3 – выделение калаверита ((AuTe₂)) яркое в частично окисленной породе (темно-серое); 4 – купроаурид (светло-серое) в ковеллине (серое). Основная масса – кварц (черное); 5 – золото (ярко-белое) в сростании с блеклой рудой (светло-серое). Основная масса – кварц (темно-серое); 6 – перетолженное золото (ярко-белое) по краю окисленного голдфилдита (серое). Основная масса – кварц (черное)

ся в обособлении существенно сурьмяных и существенно мышьяковых участков. По краям зерен и внутренним трещинам голдфилдита часто образуется ковеллин, иногда с включениями самородного золота. По химическому составу голдфилдит относится к сурьмянисто-мышьяковой разновидности блеклых руд с большим количеством теллура и селена. Микропримеси: золото (0,4–1,1 %) и серебро (0,05–0,24 %).

Голдфилдит может служить прямым поисковым признаком на предмет обнаружения самородного золота и его теллуридов при макроскопическом исследовании руд. Также поисковым признаком могут служить зоны трещиноватого кварца, чаще всего это участки темно-серого цвета. Мощность таких зон от 1–2 мм до 1 см.

Гипергенные процессы играют довольно значимую роль в пределах данного участка. Изучая аншлифы, можно увидеть, что ковеллин (CuS) иногда по краям замещается халькозином (Cu_2S), в то время как для зон вторичного сульфидного обогащения такие случаи очень редки. Обычно происходит замещение халькозина ковеллином, но не наоборот. Это свидетельствует о том, что данные минералы образовались в зоне гипергенеза.

Кроме описанных выше минералов, довольно часто в аншлифах встречается калаверит (AuTe_2). Для него характерны кристаллы таблитчатой и овальной формы. Этот минерал часто обнаруживается в голдфилдите в виде субмикроскопических включений, в блеклой руде и блеклорудно-энергитовой минеральной ассоциации, реже – в кварце, иногда наблюдаются ксеноморфные выделения калаверита размером 8–10 мкм, которые, находясь в ассоциации с блеклой рудой, секутся ее субмикроскопическими прожилками. Это свидетельствует о более позднем, по сравнению с блеклой рудой, образовании калаверита.

Самородный теллур также нередко встречается в аншлифах и образует микроскопические прожилки в кварце вдоль трещин. Выделения его тонкоигльчатые, нитеобразные, размер их составляет доли мкм–первые мкм. Самородный теллур обнаружен в ассоциации с голдфилдитом и образует в нем субмикроскопические включения, что свидетельствует о более позднем формировании первого. Самые значительные по размерам выделения самородного теллура находятся, как правило, в парагенетической ассоциации с кавачулитом (селеносодержащим теллуридом висмута). В результате окисления самородного теллура и его сростаний с кавачулитом образуются оксиды теллура.

Кавачулит ($\text{Bi}_{14}\text{Te}_{13}\text{Se}_8$) – минерал, который представляет собой селено-теллурид висмута. Образует удлиненно-пластинчатые зерна, с ясной спайностью, в отраженном свете цвет его белый с отчетливой анизотропией. Химический состав пересчитывается на формулу $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$, а известный в литературе минерал имеет формулу $\text{Bi}_{14}\text{Te}_{13}\text{Se}_8$. Для уточнения названия минерала необходимо проведение рентгеноструктурного анализа.

Пластинчатые зерна кавачулита располагаются обычно в оксидах теллура вдоль трещин в деформированном кварце. Размер зерен составляет 0,02–0,2 мм.

Помимо описанных минералов, в аншлифах также встречаются интерметаллиды, в основном, меди и олова. Они образуют субмикроскопическую вкрапленность в кварце, а также заполняют межзерновые пространства кварца. Форма их выделения натечная, каплеобразная [7]. В составе сплавов преобладает медь, распределение меди и олова обычно неравномерное, содержание меди колеблется от 70 до 80 %, олова – от 15–16 до 26 %.

На основе исследований взаимоотношений минералов в аншлифах, подтверждены и уточнены следующие рудные минеральные ассоциации пород участка [4] (рис. 3.): а) золото-голдфилдитовая, на долю рудных минералов которой приходится 2–5 % (самородное золото, голдфилдит, селенид висмута) от общего количества; б) теллур-сильванитовая, для которой характерны следующие рудные минералы (в порядке выделения) [1, 4]: пирит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, теллуrowисмутит, самородное золото, калаверит, сильванит (AuAgTe_4), петцит ($(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$), самородный теллур и гессит. Минералы теллура составляют около 93 % всего количества, а самым распространенными являются самородный теллур (50–70 %) и сильванит (25–30 %); в) сильванит-голдфилдитовая (рудные минералы занимают 13–19 % объема прожилков, за счет голдфилдита, составляющего до 95 % рудной минерализации. Остальная часть рудных минералов – теллуриды, сульфиды и самородное золото. От предыдущей данная ассоциация отличается изменением соотношения минералов теллура: уменьшается количество самородного теллура (до 5 % от суммы теллуридов), увеличивается количество сильванита (до 60–70 %) и теллуридов висмута (до 10–15 %); г) золото-гесситовая, главным рудным минералом которой является самородное золото (до 90 %), ассоциирующее с малым количеством (7–9 %) гессита. Реже присутствуют блеклые руды, пирит, сфалерит, халькопирит; д) золото-аргентитовая,

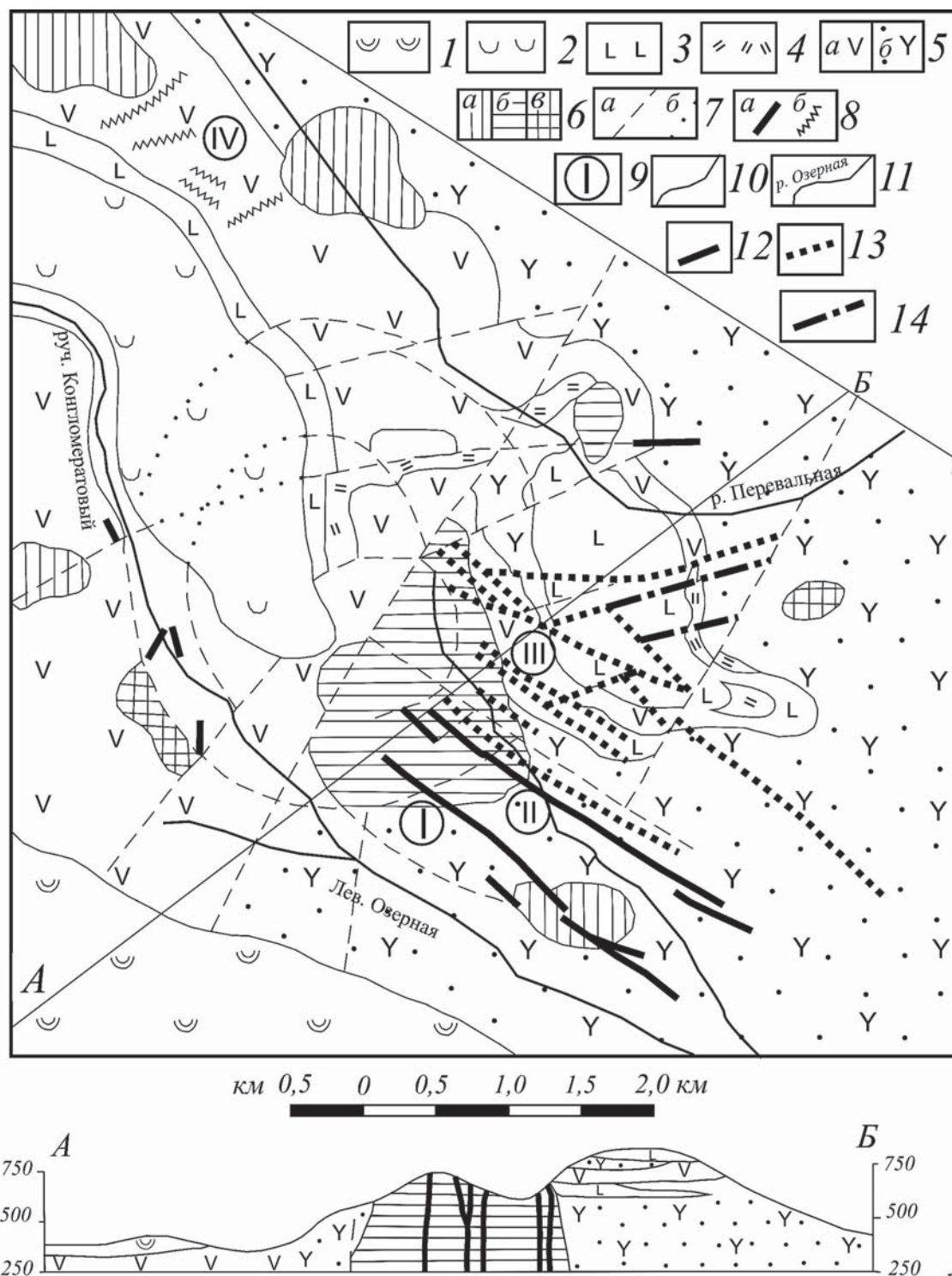


Рис. 3. Геолого-структурная схема Озерновского рудного поля [4] с латеральным распределением наиболее значимых и масштабных минеральных ассоциаций: 1 – верхнечетвертичные базальты; 2 – нижнечетвертичные базальты; 3–6 – неогеновые образования: 3 – базальты, андезит-базальты, реже их туфы и туфобрекчии, игнимбриты и липариты; 4 – андезит-дациты, дациты с прослоями туфов средне-кислого состава; 5 – эффузивно-пирокластические образования средне-основного состава с преобладанием лав (а) и с преобладанием туфов и туфобрекчии (б); 6 – субвулканические тела базальтов, андезит-базальтов, андезитов (а), диоритовых порфиров (б), андезит-дацитов и дацитов (в); 7 – тектонические нарушения (а), в том числе перекрытые четвертичными отложениями (б); 8 – тела вторичных кварцитов (а) и жилы (б); 9 – рудоносные участки: БАМ (I), Промежуточный (II), Хомут (III), Каюковский (IV); 10 – геологические границы; 11 – реки и ручьи; минеральные ассоциации: 12 – золото-голдфилдит-кварцевая; 13 – силванит-теллуровая; 14 – силванит – голдфилдитовая

общее количество рудных минералов которой не более 0,5 %. Преобладают пирит, самородное золото, аргентит (акантит (Ag_2S)). В небольших количествах присутствуют пирсеит ($(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{As}_2\text{S}_{11}$) полибазит ($(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$), халькопирит, борнит, блеклые руды, сфалерит, галенит. Золото часто ассоциирует с акантитом, что указывает на довольно низкий температурный градиент (ниже 179 °C), так как акантит является низкотемпературной разновидностью аргентита и служит своеобразным минералом-индикатором температуры процессов.

Этапность выделения рудных минералов представлена следующими стадиями: 1) золото-голдфилдит-кварцевой, образования которой характерны для участка «БАМ», а в пределах участка «Хомут» встречаются в виде отдельных пересечений. Для данной стадии характерна золото-голдфилдитовая минеральная ассоциация; 2) теллуристый-голдфилдит-каолинит-кварцевой, представленной маломощными жилами, системами прожилкования и метасоматической вкрапленности в зонах вторичных кварцитов. Временные соотношения данной стадии с вышеописанной не ясны, так как они не имеют участков общего совмещения; 3) золото-гессит-гидрослюдисто-кварцевой, представленной локально в виде маломощных (до 10 см) прожилков, секущих минеральные агрегаты вышеописанной стадии. Минерализация данного состава наиболее характерна для эродированных зон участка «Хомут»; 4) золото-адуляр-гидрослюдисто-кварцевой, которая представлена довольно мощными жилами, достигающими 2,5–3,0 м. Агрегаты этой стадии редко встречаются в пределах исследуемого участка.

Изученная руда относится к золото-малосульфидному теллурическому и золото-блеклорудно-теллурическому минеральному типам. Размеры самородного золота в аншлифах не превышают 9 мкм. Самые крупные его выделения приурочены к вкраплениям блеклой руды. Для

голдфилдита характерны субмикроскопические и микроскопические выделения золота, размером 3–6 мкм, переотложенного в трещинах зерен первого и ассоциирующего с ковеллином, халькозином, а также оксидами и карбонатами меди, что является следствием частичного окисления руды. Содержание сульфидов не превышает 5–6 %. В результате окисления руды образовались оксиды теллура, висмута, железа, меди. Среди вторичных минералов наиболее распространенным является теллур и присутствует в виде значительной примеси.

Пробность золота во многом зависит от минеральных ассоциаций, в которые оно входит:

- золото-голдфилдитовая ассоциация: золото характеризуется диапазоном пробности от 925–998;
- золото-гесситовая ассоциация: пробность золота варьирует от 830 до 914;
- золото-аргентитовая ассоциация: характеризуется наиболее низкопробным золотом от 630 до 679.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. Парагенетические соотношения и последовательность образования минералов / А. Г. Бетехтин // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1951. – № 2. – Ч. 80. – 194 с.
2. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования / А. Г. Бетехтин // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М., 1953. – 135 с.
3. Гаврилов А. М. Некоторые экспериментальные данные о воздействии золотоносных растворов на арсенипирит и пирит в гидротермальных условиях / А. М. Гаврилов, Л. М. Делицин // Оптические и другие физические методы изучения минералов при исследовании вещественного состава и генезиса золоторудных месторождений. – М., 1974. – Вып. 112. – С. 106–111.
4. Петренко И. Д. Золото-серебряная формация Камчатки / И. Д. Петренко. – СПб, 1999. – С. 229–264.

Трухачев Александр Васильевич – аспирант, Воронежский государственный университет. E-mail: trukhachevav@mail.ru

Trukhachev Alexander Vasil'evich – Postgraduate Student, Voronezh State University. E-mail: trukhachevav@mail.ru