

УДК 553.492.6'576.065.3(470+571)

АЛУНИТ-КВАРЦЕВЫЕ ЭПИТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА РОССИИ И СТРАН СНГ: ОТКРЫТИЯ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ

А. Н. Глухов

*Общество с ограниченной ответственностью «Дюамель», г. Магадан
E-mail: gluhov76@list.ru*

Рассмотрено геологическое строение эпитермальных алунит-кварцевых месторождений золота, выявленных в России и странах СНГ в последние десятилетия. Показаны основные закономерности структуры, состава и пространственного размещения объектов данного типа. На Северо-Востоке России намечены площади, перспективные для выявления эпитермальных месторождений золота алунит-кварцевого типа.

Ключевые слова: эпитермальное месторождение, золото, алунит-кварцевый, зональность, закономерности, перспективы.

Эпитермальные месторождения золота являются ведущей по пространственной распространенности, количеству месторождений и промышленной значимости формационной группой золоторудных объектов; по данным Р. Силито, из 28 известных гигантских крупных (с запасами золота более 600 т) месторождений золота 6 (21%) относятся к эпитермальным (Sillitoe, 2000). Они широко распространены в пределах магматических дуг – как их фронтальных частей, так и в их тыловых зонах.

Как известно, среди эпитермальных месторождений золота выделяются два геолого-генетических типа (Hedenquist et al., 2000; Sillitoe, Hedenquist, 2003): «high-sulfidation» и «low-sulfidation». В основу данной градации положено различие состава рудообразующих растворов (кислый либо щелочной/близнеутральный), определяющее отличия состава рудоносных гидротермальных образований, индикаторным признаком для которых является присутствие алунита либо адюляра. Поэтому наиболее адекватным переводом названий, обозначающих данные таксоны, на русский язык будут термины «алунит-кварцевый» и «адюляр-кварцевый» соответственно.

Последние 30 лет ознаменовались многочисленными открытиями эпитермальных месторождений золота в зарубежных сегментах Тихоокеанского рудного пояса (Магакьян, 1974) или, по терминологии, принятой у западных геологов, Тихоокеанского кольца (Sillitoe, 1995). Львиную долю этих открытий составляют объекты алунит-кварцевого типа. Примерами являются Парадайз-Пик (США), Пьерина, Янакоча (Перу), Веладеро

(Аргентина), Ла Койпа, Невада (Чили). В нашей стране вплоть до начала последнего десятилетия XX в. алунит-кварцевые месторождения золота в качестве самостоятельного формационного и геолого-промышленного типа не рассматривались, несмотря на наличие единичных объектов подобного типа (Сокуркой и Наурызбай в Казахстане). Ситуация начала меняться во второй половине 1990-х гг., после получения отечественными геологами-рудниками возможности ознакомиться с обширным фондом информации, накопленной их западными коллегами. В результате всего за одно десятилетие были открыты несколько месторождений и рудопоявлений золота алунит-кварцевого типа на Кавказе, Урале, Северо-Востоке, Камчатке и Курилах. Примечательно, что в трех из пяти случаев открытия были сделаны западными компаниями, имеющими большой опыт работы на месторождениях подобного типа.

Анализ, проведенный коллективом исследователей ЦНИГРИ (Стружков и др., 2008), показал применительно к Тихоокеанскому рудному поясу, что российский его сегмент существенно отстает от зарубежных по степени изученности и количеству выявленных месторождений. Открытия последних лет дают основания полагать, что это справедливо и для других металлогенических провинций, связанных с магматическими дугами (Средиземноморский и Уральский рудные пояса). Это делает весьма актуальным рассмотрение геологического строения уже выявленных за последние годы на постсоветском пространстве эпитермальных месторождений золота алунит-кварцевого типа. Подобное рассмотрение, сопровождающееся анализом обширного массива информации по аналогичным зарубежным объектам,

позволит создать основу для обобщенной геолого-поисковой модели. В свою очередь, наличие такой модели сделает возможным наметить в пределах Северо-Востока России площади, перспективные для выявления месторождений подобного типа. В основу данной статьи положены как опубликованные и фондовые материалы, так и результаты личных полевых посещений автором характеризуемых объектов.

Тихоокеанский рудный пояс

Эпитермальное алунит-кварцевое месторождение золота **Светлое** (А. Г. Колесников, 2006 г.) располагается на севере Хабаровского края, в 225 км к юго-западу от г. Охотска. Месторождение открыто в 2001 г. А. Г. Колесниковым в процессе полевой экспертной оценки полей вторичных кварцитов.

Алалиньдинское рудное поле, составной частью которого является месторождение Светлое, располагается в Дюльбакинском рудном узле, приуроченном к юго-западной части Секчинской вулканоплутонической депрессии Ульинского прогиба Западно-Охотской фланговой зоны ОЧВП (по В. Ф. Белому, 1994). Секчинская депрессия имеет изометричные очертания, диаметр около 50 км и выполнена амфиболовыми и пироксеновыми андезитами, дацитами и риолитами верхнего – нижнего мела (рис. 1, А). В ее пределах Дюльбакинская палеокальдера обрушения диаметром около 25 км определяет контуры Дюльбакинского рудного узла, объединяющего рудопроявления

адуляр-кварцевого типа золото-серебряной формации (Ягодка, Левобережное). Пространственное размещение рудопоявлений контролируется участками пересечения Дюльбакинского регионального разлома северо-восточного простирания с концентрическими разрывами, ограничивающими палеокальдеру.

Рудное поле (рис. 2, Б) сложено верхнемеловыми вулканитами: андезитами, их туфами и перекрывающими туфами и игнимбритами дацитов. Эффузивы прорваны единичными субвулканическими телами позднемеловых гранодиорит-порфиров, дацитов и риолитов. Структура рудного поля определяется сочетанием разрывных нарушений северо-восточного и субширотного простирания. В региональных геофизических полях рудное поле отражается контрастной аномалией отношения К/Th.

Массив гидротермально измененных пород имеет неправильные очертания, площадь около 40 км² и характеризуется зональным строением с переходом (снизу вверх и от периферии к центру) от гидрослюдистых аргиллизитов, кварц-гидрослюдистых, кварц-диксит-алунитовых, алунит-кварцевых вторичных кварцитов к монокварцитам. Залегание вторичных кварцитов как пологое, согласное с напластованием вмещающих вулканитов, так и крутое, в виде дайкообразных тел. Рудоносные пористые и брекчиевые монокварциты слагают рудные тела двух морфологических типов: метасоматические плитообразные залежи и линейные минерализованные зоны; большая часть запасов

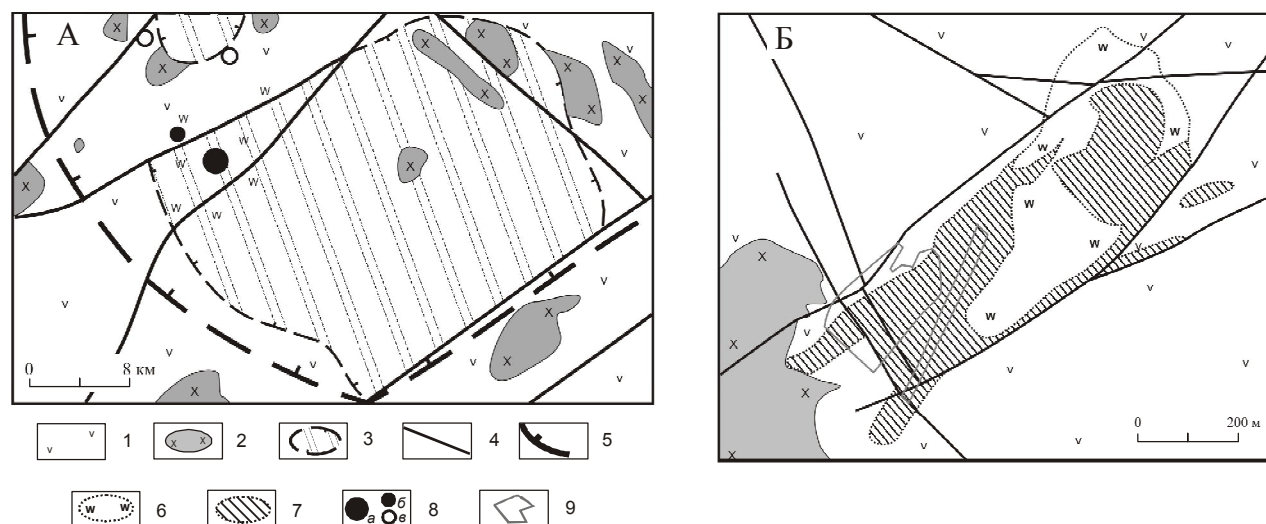


Рис. 1. Геолого-структурная схема Дюльбакинского рудного узла (А) и схема геологического строения месторождения Светлое (Б; по А. Г. Колесникову, 2006 г., с изменениями): 1 – верхне- и нижнемеловые андезиты, дациты и их туфы; 2 – позднемеловые субвулканические интрузии; 3 – палеокальдеры; 4 – разломы; 5 – границы Секчинской вулканотектонической депрессии; 6 – алунит- и каолинит-кварцевые вторичные кварциты; 7 – пористые монокварциты; 8 – месторождение Светлое (а), рудопоявления золота алунит-кварцевого (б) и адуляр-кварцевого (в) типов; 9 – контуры рудных тел

Fig. 1. Schematized geology and structure of Djulbakinsky Mineral District (A) and schematized geology of Svetloe Deposit (B; modified from A. G. Kolesnikov, 2006): 1 – the Upper and Low Cretaceous andesite and dacite tuff and flows; 2 – subvolcanic intrusions of the Late Cretaceous; 3 – paleocalderas; 4 – faults; 5 – Sekchinskaya volcano-tectonic depression; 6 – advanced argillization; 7 – vuggy silica; 8 – Svetloe Deposit (a), high-sulfide (b) and low-sulfide (v) gold types; 9 – ore body limits

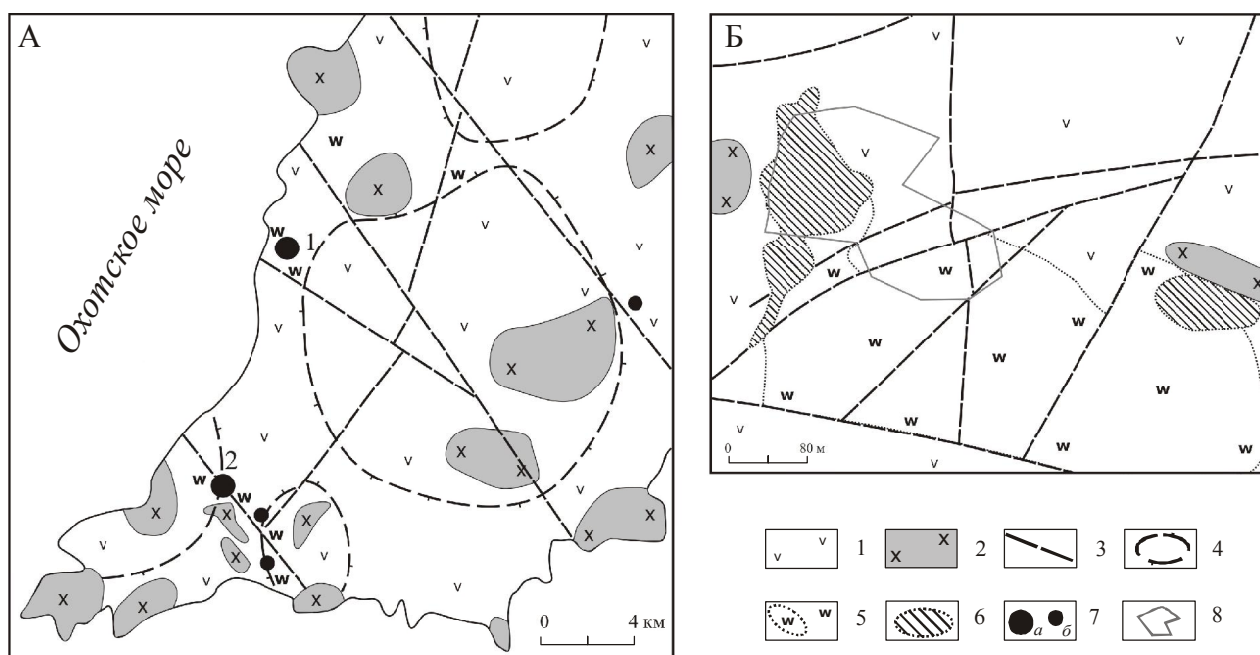


Рис. 2. Геолого-структурная схема южной оконечности о. Уруп (А; по Буряку и др., 2002, с изменениями), схема геологического строения месторождения Данченковское (Б; по С. И. Рудакову, 2008 г., с изменениями): 1 – миоцен-плиоценовые вулканогенно-осадочные породы; 2 – субвулканические интрузии кислого и среднего состава; 3 – разломы; 4 – вулcano-плутонические поднятия; 5 – вторичные кварциты; 6 – пористые монокварциты; 7 – месторождения (а) и рудопроявления (б) золота (1 – Данченковское, 2 – Айнское); 8 – контур рудного тела

Fig. 2. Schematized geology and structure of the southern end of Urup Island (A; modified from Буряк и др., 2002), schematized geology of Danchenkovskoe Deposit (Б; modified from С. И. Рудаков, 2008): 1 – the Miocene-Pliocene volcanics and sediments; 2 – subvolcanic silicic-intermediate intrusions; 3 – faults; 4 – paleostratovolcanoes; 5 – advanced argillization; 6 – vuggy silica; 7 – gold deposits (a) and occurrences (б) (1 – Danchenkovskoe, 2 – Ainskoe); 8 – ore body limits

сосредоточена в телах первого типа. Размеры рудных тел: 300–500 × 15–90 × 50–130 м. Руды окисленные; зона окисления развита до глубины 150 м от поверхности. Текстура руд пористая, кавернозная, брекчиевая. Руды на 90% сложены криптокристаллическим кварцем, подчиненное значение имеют среднезернистый шестоватый кварц (в друзах), алузит, барит и гидроксиды железа. Рудная минерализация убогая, в ее составе абсолютно преобладает пирит; халькопирит, ковеллин, халькозин, теннантит, тетраэдрит, самородный теллур, самородное золото являются весьма редко встречающимися минералами. Самородное золото тонкодисперсное, крупность единичных достижает 0,2 мм. Пробность самородного золота высокая (более 950‰); примеси представлены Ag (1,6–3,9%), Sb (до 11%), Bi (до 5%), Pb (до 0,6%). Среднее содержание золота в рудах 5 г/т; содержания серебра низкие – менее 10 г/т. Геохимия руд характеризуется низкими, субкларковыми, концентрациями практически всех рудогенных элементов-примесей, за исключением As, содержание которого составляет 0,01%. Месторождение сопровождается контрастными вторичными ореолами рассеяния Au (< 0,1 г/т), Ag (< 1 г/т), Bi (< 1,5 г/т), Pb (< 10 г/т), Mo (< 4 г/т). Золото во вторичных ореолах ассоциирует с Ag, Sb, Bi,

Pb; для оконтуривания рудного поля применяется мультипликативный показатель $Au \times Ag \times Bi$.

На северо-западном фланге рудного поля располагается рудопроявление Эми, отличающееся своеобразием минералогии руд. Здесь рудоносные пористые монокварциты рассеяны прожилками мелкокристаллического кварца с теллуридно-висмутовой минерализацией, включающей селенистый (Se до 1,5%) и сурьмянистый (Sb до 9,8%) теллурувисмутит, селенистый (Se до 2,3%) тетрадимит, серебросодержащий клаусталит (Ag до 3,3%), матильдит, колорадоит, рикардит, самородный теллур. Помимо этого, руды содержат пирит, халькопирит, галенит, акантит, кюстелит, касситерит. Среднее содержание золота в рудах здесь вдвое выше, чем на месторождении Светлое, – 10 г/т.

Эпитермальное алузит-кварцевое месторождение золота **Данченковское** (Купол-1) располагается на юго-восточной оконечности о. Уруп. Открыто В. Я. Данченко в 1989 г. в ходе тематических работ. В 2001–2002 гг. на объекте проведены поисковые работы (Удодов, Пачин, 2002 г.), по результатам которых объект рассматривался как месторождение адуляр-кварцевого типа; золотоносность связывалась с пересекающими вторичные кварциты прожилками адуляр-кварцевого состава. В 2003–2007 гг. сотрудниками ЗАО

«Урупская горно-геологическая компания» и ООО «Нижнеамурская горная компания» были проведены оценочные работы, показавшие принадлежность месторождения к алунит-кварцевому типу (С. И. Рудаков, 2008 г.).

Данченковское, наряду с близким по геологическому строению месторождением Айнское, рудопроявлениями Осьма и Элина, является составной частью Тетяевского рудного поля, приуроченного к неоген-четвертичной Большекурильской металлогенической зоне, в пределах которой известны многочисленные месторождения и рудопроявления: золото-серебряные адуляр-серицитового типа (Прасоловское), медно-полиметаллические (Кашкинское), олово-сульфидные (Рудниковское) и молибден-порфировые (Рейдовское). Их размещение контролируется зонами пересечения разломами северо-западного простирания внешних, фланговых частей интрузивно-купольных структур (см. рис. 2, А).

Рудное поле (см. рис. 2, Б) сложено породами «зеленотуфового» вулканического комплекса (Пискунов, 1987) миоцен-плиоценового возраста. Они характеризуются высокой фациальной изменчивостью от экструзивных и эффузивно-пирокластических до вулканогенно-осадочных фаций; все породы затронуты региональными зеленокаменными изменениями. Вулканы прорваны мелкими субвулканическими телами плиоценовых базальтов, андезитов, риолитов, кварцевых диоритов. Структура рудного поля определяется сочетанием разрывных нарушений северо-восточной и субмеридиональной ориентировки.

Массив гидротермально измененных пород площадью около 0,2 км² приурочен к разлому северо-западного простирания и имеет зональное строение с переходом (снизу вверх и от периферии к центру) от каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов к монокварцитам. Рудоносные пористые монокварциты местами рассечены прожилками полосчатого халцедоновидного кварца и слагают незначительные по площади (0,01–0,02 км²) возвышенности. Основное рудное тело имеет форму неправильных очертаний линзы мощностью 10–70 м, вытянутой в юго-восточном направлении и полого падающей на восток. Руды сложены главным образом кварцем (халцедоном) и каолинитом; в незначительных количествах присутствуют барит, алунит, гипс и самородная сера. Рудные минералы представлены гематитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, серебряносодержащими сульфосолями и самородным золотом. Содержания золота в рудах составляют 0,6–4,5 г/т, меди – 0,1–0,4%. На юго-восточном фланге месторождения на глубине более 150 м вскрыта зона штокверкового сульфидно-кварцевого прожилкования в окварцованных туфитах с содержаниями золота 0,1–0,7 г/т и меди 0,5–0,7%.

Весьма близко по геологическому строению месторождение Айнское, расположенное в 10 км к югу от Данченковского. Здесь линзообразное рудное тело мощностью 10–100 м, сложенное пористыми монокварцитами, полого падает на юг, пересекаясь sillом пострудных андезитов. Содержания золота составляют 1–4 г/т, серебра – 4–29 г/т, меди – до 0,9%. Самородное золото по составу соответствует купроауриду (10% Ag, 43,6% Cu).

Все объекты Тетяевского рудного поля сопровождаются контрастными вторичными ореолами рассеяния Au (0,6 г/т), Cu (0,002%) и геофизическими аномалиями ВП.

В пределах **Малетойваямского рудного узла** (Северная Камчатка) золотая минерализация в связи с вторичными кварцитами была впервые установлена в ходе поисково-съёмочных работ в 70–80-х гг. прошлого столетия; в 2005–2008 гг. сотрудниками ЗАО «Корякгеолдобыча» и компании «Phelps Dodge Exploration» (США) была подтверждена принадлежность золотого оруденения к алунит-кварцевому типу.

Малетойваямский рудный узел располагается в пределах северного отрезка Центрально-Камчатского вулканического пояса (ЦКВП). Пояс был сформирован в олигоцен-плиоценовое время в геодинамической обстановке энсиалической островной дуги (Апрелков, Петренко, 2003; Геодинамика..., 2006). В минерагеническом отношении Малетойваямская перспективная площадь принадлежит к Олюторскому металлогеническому поясу, охватывающему северный отрезок ЦКВП. Металлогенический профиль пояса определяется ртутными (Олюторское), молибден-медно-порфировыми (Лаланкытан) и серно-сульфидными (Малетойваямское, Ветроваяямское) рудопроявлениями и месторождениями. Южное окончание Олюторского металлогенического пояса, где сконцентрирована серно-сульфидная минерализация, обособлено Г. П. Яроцким (2006) под названием Северо-Камчатского сероносного района (СКСР). В пределах района выделяются несколько сернорудных узлов: Ветроваяямский, Малетойваямский, Сеэрьяямский и др. Их пространственное размещение контролируется зонами пересечения разломов северо-восточного, северо-западного и северо-северо-восточного простирания.

Малетойваямский рудный узел (рис. 3, А) приурочен к изометричной вулканотектонической структуре диаметром до 30 км, с кальдерой обрушения в центре, представляющей собой палеостратовулкан (Прогнозная..., 1977). Стратифицированные образования представлены туфами, туфогенно-осадочными породами и лавами двупироксеновых андезитов олигоцен-миоценовой андезитовой формации, по составу и строению являющейся аналогом «зеленотуфового комплекса»

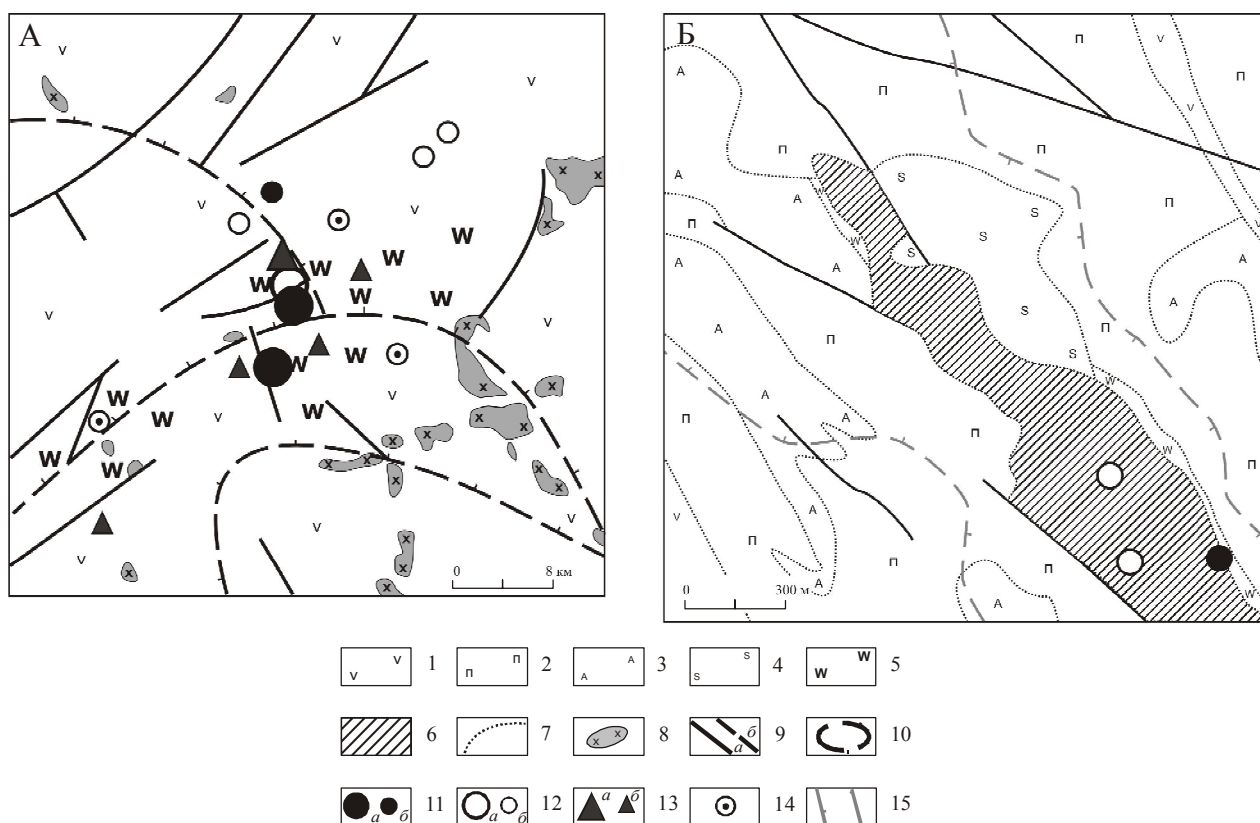


Рис. 3. Геолого-структурная схема Малетойвайамского рудного узла (А), схема геологического строения участка «Юбилейный» Малетойвайамского серно-сульфидного месторождения (по Яроцкий, 2006, с изменениями и дополнениями): 1 – эоцен-плиоценовые вулканогенные и вулканогенно-осадочные формации; 2 – пропилиты; 3 – аргиллизиты; 4 – серицито-кварцевые вторичные кварциты; 5 – каолинит- и алунит-кварцевые вторичные кварциты; 6 – монокварциты; 7 – фациальные границы метасоматитов; 8 – субвулканические интрузии; 9 – разломы установленные (а) и предполагаемые (б); 10 – вулканоплутонические поднятия; 11–13 – рудопроявления (а) и пункты минерализации (б): золота (11), меди (12) и серы (13); 14 – пункты минерализации ртути; 15 – контур распространения золото-медной минерализации, предполагаемый по геофизическим данным

Fig. 3. Schematized geology and structure of Maletoyayam Mineral District (A), schematized geology of Yubileyniy area of Maletoyayam sulfur-sulfide deposit (modified from Яроцкий, 2006): 1 – the Eocene-Pliocene volcanics and sediments; 2 – propylite alteration; 3 – argillization; 4 – sericite-quartz argillization; 5 – kaolinite and alunite-quartz argillization; 6 – vuggy silica; 7 – alteration type facies; 8 – subvolcanic intrusions; 9 – faults established (a) and suggested (b); 10 – paleostratovolcanoes; 11–13 – ore occurrences (a) and mineralization areas (b): gold (11), copper (12) and sulfur (13); 14 – cinnabar ore; 15 – gold-copper mineralization, according to geophysical prospecting data

Курильских островов (Пискунов, 1987); им комагматичны экструзивные тела андезитов и андезидацитов. Они перекрываются покровами плейстоценовых кайнотипных базальтов и андезибазальтов, по составу и геологической позиции соответствующих внутриплитным образованиям (Геодинамика..., 2006). Интрузивные образования представлены небольшими (0,5–0,5 км²) штоками миоценовых диорит-порфиров.

Геологическая структура узла определяется региональными разрывными нарушениями трех систем. Первую образуют трансрегиональные глубинные разломы северо-восточного простирания – Вывенско-Ватынский на севере и Вывенский на юге, разграничивающие разновозрастные вулканические пояса и фиксирующие положение палеосубдукционных зон. Вывенско-Ватынский разлом разделяет Корьякско-Западно-Камчатский

вулканический пояс эоцен-олигоценного возраста, сформированный в обстановке активной континентальной окраины, от островодужных комплексов олигоцен-плиоценового ЦКВП. Вывенский разлом, в свою очередь, отделяет последние от молодых (плиоцен-голоценовых) островодужных образований Восточно-Камчатского вулканического пояса (Геодинамика..., 2006). Разрывные нарушения более низкого порядка, имеющие северо-западное простирание, представлены сбросами и раздвигами. Еще более низкопорядковые нарушения северо-восточного простирания представляют собой зоны расланцевания, смятия сдвиговой и надвиговой природы и трассируются цепочками малых интрузий и субвулканических тел.

Малетойвайамский рудный узел локализуется в центральной части обширного (350 км²) ореола хлорит-карбонатных пропилитов, контрастно про-

являясь в региональном магнитном поле локальным минимумом (Яроцкий, 2006). Вторичные кварциты представлены полным набором характерных для них минеральных фаций: монтмориллонит-гидрослюдистыми аргиллизитами, серицит-гидрослюдисто-кварцевыми, каолинит-кварцевыми, алуни-кварцевыми кварцитами, монокварцитами. Размещение минеральных фаций подчиняется типовой для вторичных кварцитов зональности: от аргиллизитов через каолинитовые и алуни-кварциты к пористым и брекчиевидным монокварцитам. Она дополняется рудно-геохимической зональностью, которая выглядит следующим образом: на юго-западе рудного узла развиты монокварциты с убогой серной минерализацией и повышенными содержаниями Ag, Pb, Co; к северо-западу они сменяются пористыми высокотемпературными кварцитами с диаспором, анатазом, андалузитом, баритом, пиритом, повышенными концентрациями Ag, Pb; севернее располагается золото-медное рудопроявление Юбилейное; еще севернее, в пределах Малетойваямского серного месторождения, развиты низкотемпературные алуни-кварциты, монокварциты, опалиты с гипсом, баритом, убогой сульфидной минерализацией, залежами богатых серных руд и повышенными концентрациями Cu, Au, Hg, As, Mn.

В восточной части рудного узла располагается магнитная аномалия изометричных очертаний, отражающая расположение крупной интрузии с глубиной залегания верхней кромки около 500 м (Яроцкий, 2006).

Золото-медное рудопроявление Юбилейное является южной фланговой частью Малетойваямского серного месторождения (см. рис. 3, Б). Оно приурочено к узкой (500–600 м) зоне вторичных кварцитов, обрамленной слабоизмененными вулканитами; ширина зоны монокварцитов составляет около 100 м (Яроцкий, 2006). Бурением установлены два рудных тела, полого падающих на восток, мощностью 5–60 м, разделенных безрудными монокварцитами, аргиллизитами и пропили-тами мощностью 15–70 м. Общая мощность рудоносной зоны 250 м. По простирацию рудные тела не оконтурены; кровля верхнего тела прослежена до глубины 100 м от поверхности. Пористые и брекчиевидные монокварциты с золото-медной минерализацией вскрыты двумя колонковыми скважинами на глубине 70–180 м. Выделяются несколько интервалов мощностью до 22 м с содержаниями Cu 0,1–2,7% и Au до 2 г/т. На поверхности, в 200–300 м к юго-востоку, обнажаются монокварциты с содержаниями Au до 6 г/т, Ag – до 140 г/т, Cu – до 0,5%, Pb – до 0,2%, As – до 0,5%, Ba – до 0,5%. Золото в рудах значимо связано с серебром, а медь – со свинцом и мышьяком. Рудопроявление сопровождается контрастными вторичными ореолами рассеяния Au ($> 0,1$ г/т) и Pb (> 100 г/т).

Руды сложены главным образом скрытокристаллическим кварцем; второстепенными минералами являются самородная сера, барит, андалузит. Рудные минералы представлены пиритом (преобладает), марказитом, рутилом, лейкоксеном, халькозином, дигенитом, ковеллином, халькопиритом, энаргитом, самородной медью, самородным золотом (Стефанов, Широкий, 1980).

В пределах Малетойваямского рудного узла известны и другие золото-медные проявления, связанные со вторичными кварцитами, – Тюлюваямское, Юго-Западное. Все они сопровождаются контрастными вторичными ореолами Au ($> 0,1$ г/т), Cu (> 100 г/т) и Pb (> 100 г/т), Mo (> 10 г/т), образующими концентрическую геохимическую зональность с аномалиями Au и Pb в центре и Cu, Mo – на периферии.

Поверхностные воды на площади рудопроявления характеризуются низкими значениями pH (4–5), высокими концентрациями сульфат-иона (до 30 мг/л) и закисного железа (до 3 мг/л).

Средиземноморский рудный пояс

Эпитермальное алуни-кварцевое месторождение золота **Амульсар** располагается в центральной части Армении, в 10 км к югу от г. Джермук. Открыто в 2006 г. компанией «Lydian International Ltd.» (Великобритания) в результате рекогносцировочного опробования поля гидротермально измененных пород. В их процессе были закартированы поля вторичных кварцитов; геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния выявили контрастные аномалии Au ($> 0,1$ г/т), в отдельных пробах содержания достигали 2,1 г/т. Последующая заверка аномалий выявила золотоносность вторичных кварцитов (более 21% отобранных проб показали содержания золота более 1 г/т).

Месторождение располагается в пределах эоцен-миоценовой Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа (Амирян, 1984), вмещающей многочисленные медно-молибден-порфиновые (Каджаран, Агарак, Дастакерт) и ассоциирующие с ними полиметаллические с золотом месторождения и рудопроявления (Азатек, Аравис). В 5 км к северу находится золото-полиметаллическое рудопроявление Какавасар. Рудное поле (рис. 4) сложено вулканитами, возраст которых изменяется от эоцена до раннего плейстоцена. В основании рудовмещающего разреза залегает толща эоценовых андезитов, которая перекрывается грубообломочными туфами (в основании) и лавами раннеплейстоценовых дацитов мощностью более 300 м. Интрузивные образования представлены штоками гранодиоритов позднеэоценового возраста, расположенными на восточном фланге участка. Структура рудного поля определяется сочетанием разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простираания.

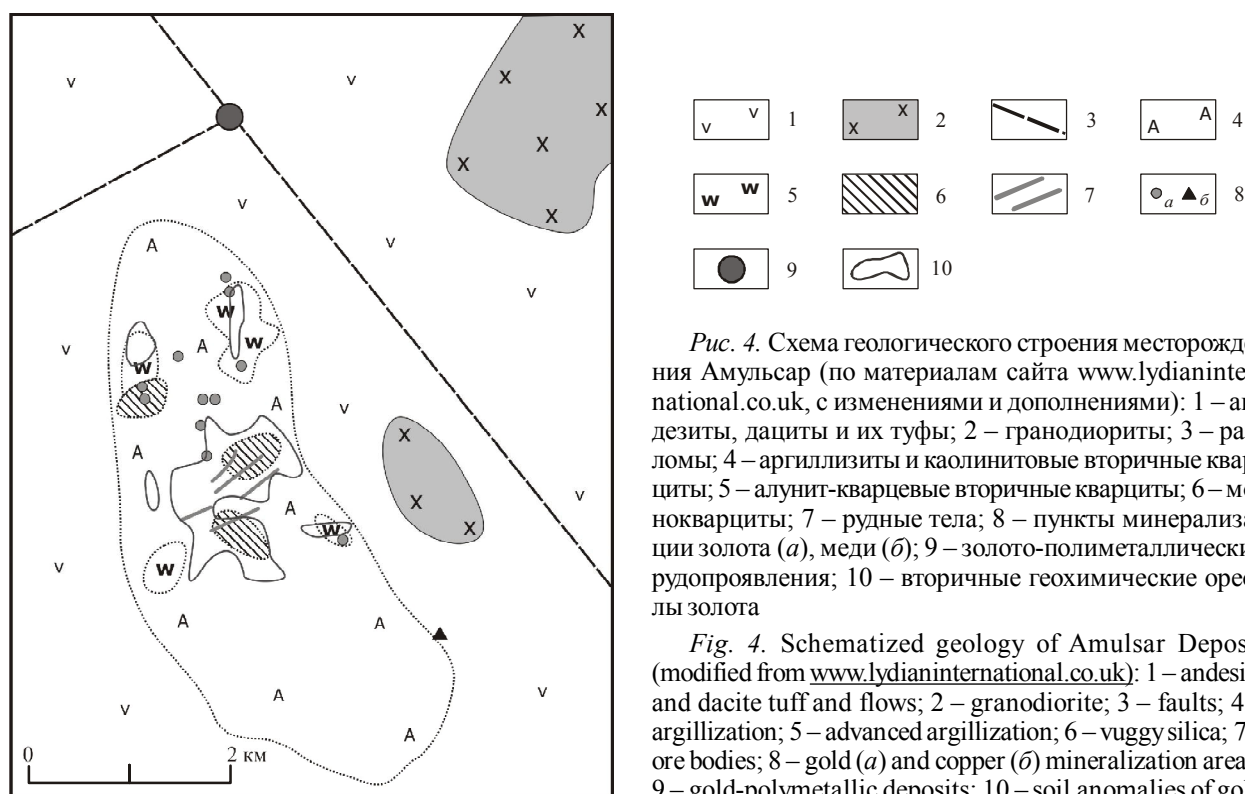


Рис. 4. Схема геологического строения месторождения Амурсар (по материалам сайта www.lydianinternational.co.uk, с изменениями и дополнениями): 1 – андезиты, дациты и их туфы; 2 – гранодиориты; 3 – разломы; 4 – аргиллизиты и каолиновые вторичные кварциты; 5 – алунит-кварцевые вторичные кварциты; 6 – монокварциты; 7 – рудные тела; 8 – пункты минерализации золота (а), меди (б); 9 – золото-полиметаллические рудопроявления; 10 – вторичные геохимические ореолы золота

Fig. 4. Schematized geology of Amulsar Deposit (modified from www.lydianinternational.co.uk): 1 – andesite and dacite tuff and flows; 2 – granodiorite; 3 – faults; 4 – argillization; 5 – advanced argillization; 6 – vuggy silica; 7 – ore bodies; 8 – gold (a) and copper (б) mineralization areas; 9 – gold-polymetallic deposits; 10 – soil anomalies of gold

Площадь массива гидротермально измененных пород более 11 км²; изменениями охвачена вся толща раннеплейстоценовых дацитов. Массив имеет зональное строение с переходом (снизу вверх и от периферии к центру) от каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов к алунитовым вторичным кварцитам и монокварцитам. Последние слагают на участках с наибольшими абсолютными отметками незначительные по площади (0,05–0,3 км²) пологопадающие зоны мощностью до 100 м, с глубиной переходящие в крутопадающие залежи. Вторичные кварциты и аргиллизиты интенсивно лимонитизированы и гематитизированы. Цоколь массива вторичных кварцитов и аргиллизитов сложен интенсивно пиритизированными серицит-кварцевыми метасоматитами, которые к периферии сменяются пропилитами.

Минерализация приурочена к гематитовым монокварцитам и алунитовым кварцитам; ее размещение контролируется крутопадающими зонами брекчирования северо-восточного простирания. Мощность рудных зон составляет 10–20 м при средних содержаниях золота 2–10 г/т; за их пределами содержания золота во вторичных кварцитах низкие и не превышают 1 г/т. Бурением оруденение прослежено до глубины 150 м от поверхности. Минерализованные участки сопровождаются вторичными ореолами рассеяния золота интенсивностью более 0,05 г/т. Аргиллизиты на периферии массива гидротермально измененных пород содержат Cu до 0,05%, As – до 0,03%; окварцованные пропилиты цоколя местами характеризуются повышенными концентрациями Cu (до

0,1%). В 2–5 км к востоку от месторождения закартированы небольшие (до 1 км²) изолированные поля вторичных кварцитов, пористые монокварцевые разности которых содержат Cu в количествах до 0,2%, As – до 0,1%, Mo – до 0,01%.

Уральский рудный пояс

Своеобразием геологического строения отличается **Березняковское** золоторудное месторождение на Южном Урале, открытое в последнем десятилетии XX в. сотрудниками Полетаевской партии Челябинской ГРЭ (Новоселов и др., 2003). Оно локализуется в пределах Увельской зоны Восточно-Уральского прогиба, представляющей собой палеоостровную дугу, длительно развивавшуюся на протяжении от раннего силура до раннего карбона (Серавкин, Знаменский, 2007). В этой структуре располагаются медно-порфировые месторождения Михеевское и Томинское. Месторождение приурочено к субвулканическому штоку андезитов, прорывающему осадочно-вулканогенную толщу. Все породы в пределах рудного поля пропилитизированы и окварцованы. Рудные тела выделяются по данным опробования, имеют сложную морфологию и представлены залежами сульфидизированных серицит-кварцевых метасоматитов (Новоселов и др., 2003). Руды сложены главным образом кварцем и серицитом с реликтами кварц-плагиоклазовых агрегатов андезитов. Рудные минералы представлены пиритом, рутилом, теннантитом, энаргитом, галенитом, халькопиритом, клаусталитом и широким спектром теллуридов – алтаитом, гесситом, сивланитом, петцитом,

калаверитом, самородным теллуrom; золото и серебро в рудах присутствуют практически только в теллуридной форме, высокопробное (937‰) самородное золото встречается крайне редко (Плотинская и др., 2006). Руды интенсивно окислены; среднее содержание золота в рудах 5 г/т. Тектурные признаки указывают на формирование руд в субаквальной обстановке (Новоселов и др., 2003). Это сближает Березняковское месторождение с крупнейшим объектом алуни-кварцевого типа – месторождением Пуэбло-Вьехо (Доминиканская Республика).

Таким образом, можно наметить основные черты геологического строения и закономерности пространственного размещения эпитермальных месторождений золота алуни-кварцевого типа:

1) эпитермальные алуни-кварцевые месторождения золота являются верхними (приповерхностными) частями Au-Cu-(Mo)-порфировых рудных систем. Металлогенические пояса и зоны с алуни-кварцевыми месторождениями золота соответствуют надсубдукционным магматическим дугам островодужной и окраинно-континентальной природы. Размещение рудных районов и узлов контролируется региональными разломами, субпараллельными простираению магматических дуг либо ориентированными косо по отношению к ней (трансферные разломы по Corbett, Leach, 1998). Рудные поля локализуются в ареалах развития известково-щелочных вулканоплутонических ассоциаций андезидацитового состава, приурочены к положительным вулканоплутоническим струк-

турам и проявляют тесную пространственную связь с экструзиями и малыми субвулканическими телами андезидацитового (диорит-гранодиоритового) состава;

2) в пределах рудовмещающих вулканоплутонических структур рудоносными являются только те участки, которые характеризуются повышенной экстенсивностью минерализации. Такие продуктивные блоки обычно ограничиваются либо составляющими структуры радиальными разломами (секториальные блоки), либо секущими региональными разрывными нарушениями (сегментные блоки). Рудные тела локализуются в пределах дислокационных структур растяжения;

3) подобно всем эпитермальным месторождениям, алуни-кварцевым месторождениям золота свойственна контрастная вертикальная зональность (см. таблицу). Латеральная зональность рудных узлов и полей, вмещающих алуни-кварцевые месторождения, выглядит следующим образом: алуни-кварцевые Au → алуни-кварцевые Cu-Au → стратиформные Cu-Pb-Zn-Ag в карбонатных породах («мантос») → Pb-Zn-Ag скарны. Обобщенный вид околорудной метасоматической колонки алуни-кварцевых месторождений (от центра к периферии): кварц → кварц, алуни-т → кварц, пиррофиллит → каолинит → гидрослюда → серицит → хлорит. Состав метасоматических минеральных ассоциаций и характер зональности, за редкими исключениями, не зависят от состава вмещающих пород. На поверхности периода рудообразования алуни-кварцевые месторождения

Вертикальный ряд зональности эпитермальных алуни-кварцевых месторождений золота

Vertical zoning of high-sulfide gold deposits

Глубина, м	Морфология рудных тел	Текстуры	Минеральный состав руд		Геохимия руд	Температура рудообразования, °С
			Породообразующие минералы	Рудные минералы		
0–150	Безрудные метасоматиты		Кристобалит, опал, халцедон, каолинит, алуни-т	Пирит, марказит	As, Sb, Hg	100–200
150–300	Залежи вкрапленных руд	Пористые, кавернозные, брекчиевые	Кварц, алуни-т, барит	Пирит, энаргит, ковеллин, самородное золото, минералы Te	Au, As, Sb, Te, Ba	200–230
300–500	Жилы, брекчиевые трубки	Массивные, полосчатые, брекчиевые	Кварц, пиррофиллит, каолинит, гидрослюда, ангидрит, диаспор	Энаргит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, минералы Bi, самородное золото	Au, Cu, Pb, Zn, Bi	230–260
500–1500	Залежи вкрапленных руд, брекчиевые трубки, штокверки	Прожилковые, вкрапленные	Кварц, серицит	Халькопирит, борнит	Cu, Au, Mo	260–300

выражены «шапками» сольфатарных кристобалит-опал-алунит-каолинитовых гидротермалитов, зачастую содержащих самородную серу;

4) общая направленность эволюции минеральных ассоциаций эпиптермальных алунит-кварцевых месторождений (Corbett, Leach, 1998) – от ранних кислотных ($\text{pH} < 4$) и высокотемпературных (200–300°C) (алунит, диаспор, пирофиллит, энаргит) к поздним близонейтральным ($\text{pH} = 4–6$) низкотемпературным (100–200°C) (гидрослюды, серицит, блеклые руды);

5) эпиптермальные алунит-кварцевые месторождения золота формируются на завершающем этапе субдукционного сжатия, при релаксации стресса либо последующем частичном растяжении. Рудообразование происходит в два этапа. На первом этапе быстрое поступление летучей фазы магматогенного флюида на приповерхностные уровни, ее взаимодействие с вмещающими породами и грунтовыми водами, дегазация (в результате падения давления) с выделением S и образованием H_2SO_4 приводят к формированию ультракислых ($\text{pH} < 2$) растворов, охлаждение и прогрессирующая нейтрализация которых в результате реакции со вмещающими породами обуславливают образование зональных ореолов вторичных кварцитов (Vogel et al., 2005). На втором этапе жидкая фаза магматогенного рудоносного флюида поступает в ядерную часть ореолов вторичных кварцитов, где под действием тектонических подвижек и флюидно-эксплозивных процессов происходит брекчирование монокварцитов. Таким образом формируется высокосернистая сульфидная минерализация (энаргит, люционит, ковеллин) на ранней стадии и золото-теллуридная – на поздней. Рудолокализация происходит на тех участках ядерных зон ореолов вторичных кварцитов, для которых характерна наибольшая степень дислоцированности (диатремы, брекчии и т. д.); рудообразование является частью процессов химического и термального уравнивания магматогенных флюидов и вмещающих пород. Одинаковая соленость рудообразующих растворов (5–20 мас. % экв. NaCl) и наличие серицита на периферии рудовмещающих метасоматических ореолов подтверждают тесную генетическую связь эпиптермальных алунит-кварцевых месторождений золота и Au-Cu-(Mo)-порфировых месторождений.

На Северо-Востоке Азии располагаются три трансрегиональные надсубдукционные магматические дуги мезозойского возраста, являющиеся составными частями Циркумтихоокеанского обрамления: Уяндино-Ясачненский вулканогенный пояс (УЯВП) позднеюрского возраста, позднеюрско-раннемеловая Удско-Мургальская палеоостроводужная система и меловой Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП). Эпиптермальное золото-серебряное оруденение УЯВП характеризуется слабой изученностью; известные рудопроявления (Урультун-Озерное, Верхне-Гайское, Мигай) по геологическому строению и составу руд близки к адуляр-кварцевым (Шпикерман, 1998; Савва, 2008).

С Удско-Мургальской палеоостроводужной системой связаны месторождения Джульетта и Агатовское. Геохимия их руд характеризуется золото-серебряным геохимическим профилем (отношение Au/Ag 1:10–1:100), характерны повышенные сульфидность и содержания Cu, Pb, Zn. Металлогенический профиль ОЧВП определяют многочисленные и хорошо изученные эпиптермальные золото-серебряные месторождения адуляр-кварцевого типа. Большинство из них, включая такие известные и хорошо изученные объекты, как Купол, Карамкен, Сопка Кварцевая, Валунистое и др., связаны с с альбско-маастрихтским ОЧВП. Геохимический профиль руд – золото-серебряный (отношение Au/Ag 1:10–1:100), иногда наблюдаются повышенные концентрации Sn (Карамкен).

Четкая приуроченность эпиптермальных месторождений золота алунит-кварцевого типа к верхним частям Au-Cu-(Mo)-порфировых рудных систем определяет перспективность для их выявления относительно слабоэродированных фрагментов металлогенических зон соответствующего профиля. Медно-порфировая минерализация является профилирующей для Удско-Мургальской палеоостроводужной системы (Котляр, Русакова, 2004). Известные здесь и достаточно хорошо изученные объекты (Лора, Прямой, Тальниковый, Икримун, Уптар) приурочены к структурам, представляющим собой сравнительно глубоко эродированные магматогенные своды, в центральных частях которых обнажены абиссальные интрузивные массивы охотского комплекса. В частности, на значительную эродированность медно-порфирового месторождения Лора указывают особенности его геологического строения (Волков и др., 2006). В связи с этим обращают на себя внимание те сегменты Удско-Мургальской палеоостроводужной системы, которые, с одной стороны, вмещают рудные проявления либо геохимические аномалии Cu, Au, Ag, а с другой – несут признаки слабой эродированности. Этим критериям соответствует, в частности, Мотыклейская палеовулканическая структура, входящая в состав Примаганданского отрезка Удско-Мургальской палеоостроводужной системы. Она располагается в зоне влияния регионального Кава-Челомджинского глубинного разлома, имеет изометричные в плане очертания, диаметр около 50 км и образована нижнемеловыми эффузивами основного и кислого состава, прорванными крупными интрузиями и малыми телами гранитоидов. В пределах Мотыклейской структуры широко развиты ореолы гидротермально-метасоматических образований кварц-светлослюдистого и темноцветного состава. Среди полей гидротермально измененных пород

установлены пункты минерализации Cu и Au, геохимические аномалии Cu, Au, Ag, As. Комплексная Cu-Au минерализация (Cu до 2%, Au до 0,2 г/т) приурочена к экзоконтакту габбро-диорит-гранодиоритового массива и ассоциирует со скарноидами и грейзеноидами. Минеральный состав (кварц, эпидот, халькопирит, пирит, борнит), вкрапленный характер, геохимические особенности (Cu/Mo = 960:1; Cu/Au = 18 000:1) позволяют отнести данную минерализацию к золото-медно-порфировой формации. Поля вторичных кварцитов приурочены к разрывным нарушениям северо-западного простирания и имеют площади в первые км². В их строении проявлена зональность, заключающаяся в последовательной смене снизу вверх серицит-гидрослюдисто-каолинитовых кварцитов каолинит-кварцевыми и монокварцевыми. Вторичные кварциты вмещают пункты минерализации Au (до 0,5 г/т), геохимические аномалии Cu, Mo, As, Bi, Ag, отчетливо тяготеющие к монокварцевым фациям.

В ОЧВП сколь-нибудь значимая медно-порфировая минерализация отсутствует. Исключением является золото-медно-порфировое рудопоявление Перекатное, локализованное в Туромчинской палеовулканоструктуре на восточном фланге Охотского сектора ОЧВП. Эта структура вмещает также крупные массивы вторичных кварцитов, в том числе сероносных. Так, на Туромчинском серопоявлении наблюдается полный набор минеральных фаций вторичных кварцитов: пропилиты – гидрослюдистые – каолинитовые – алунитовые вторичные кварциты – брекчиевые – пористые монокварциты. Серное оруденение здесь вмещается пористыми монокварцитами; в пропилитах цоколя интенсивно развита пиритизация. Поля монокварцитов сопровождаются литохимическими ореолами Au и Mo. К востоку от Туромчинского серопоявления, на участке Скалистый, массив вторичных кварцитов также характеризуется полным набором минеральных фаций и сопровождается пунктами минерализации и литохимическими ореолами Au (0,1–0,5 г/т), Ag (до 10 г/т) и As (до 0,01%).

Таким образом, рассмотренным участкам мезозойских магматических дуг Северо-Востока России присущ главнейший признак, характерный для верхних уровней Au-Cu-(Mo)-порфировых рудных систем, а именно наличие значительных по площади массивов вторичных кварцитов, характеризующихся полным набором минеральных фаций и перспективных на выявление эпитермальных месторождений золота алуни-кварцевого типа. Это определяет их поисковую значимость и делает необходимым их детальное изучение. В теоретическом аспекте выявление и изучение объектов данного типа на Северо-Востоке России позволит получить новые данные, подтверждающие пространственную симметрию Тихооке-

анского рудного пояса и сходство рудообразующих процессов, протекавших в различное время.

Автор благодарит компанию «Phelps Dodge Exploration Corporation» за содействие в проведении полевых работ и предоставленные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

- Амирян Ш. О.* Золоторудные формации Армянской ССР (геология, минеральный состав, геохимия и особенности металлогении). – Ереван : Изд-во АН АрмССР, 1984. – 303 с.
- Апрелков С. Е., Петренко И. Д.* Геотектоническая позиция вулканических поясов Камчатки и их рудоносность // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – Т. 3. – С. 172–176.
- Белый В. Ф.* Геология Охотско-Чукотского вулкано-генного пояса. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1994. – 76 с.
- Буряк В. А., Науменко Б. А., Рогознев Г. Н.* Золото Сахалина и Курильских островов. – Ю.-Сахалинск : Сахалин. кн. изд-во, 2002. – 83 с.
- Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А. и др.* Закономерности размещения и условия формирования Au-содержащих Cu-Mo-порфирировых месторождений Северо-Востока России // Геология рудных месторождений. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 512–539.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России* : в 2 кн. / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – 572 с.
- Котляр И. Н., Русакова Т. Б.* Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2004. – 159 с.
- Магакьян И. Г.* Металлогения (главнейшие рудные пояса). – М.: Недра, 1974. – 304 с.
- Новоселов К. А., Савинов И. А., Белозуб Е. В., Котляр В. А.* Энаргит-теннантитовые руды Березняковского месторождения золота (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов – 2003. Формирование и освоение месторождений в островодужных системах. – Миасс : Ин-т минералогии УрО РАН, 2003. – С. 177–183.
- Петренко И. Д.* Золото-серебряная формация Камчатки. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. – 116 с.
- Пискунов Б. Н.* Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. – М. : Наука, 1987. – 238 с.
- Плотинская О. Ю., Новоселов К. А., Коваленкер В. А., Зелтман Р.* Вариации минеральных форм Au и Ag на месторождении Березняковское (Южный Урал) // Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения : материалы Годичного собрания Рос. минералог. о-ва. – СПб., 2006. – С. 165–167.
- Прогнозная оценка рудоносности вулканических формаций.* – М. : Недра, 1977. – 296 с.
- Савва Н. Е.* Сравнительный анализ золото-серебряной минерализации в месторождениях различных металлогенических эпох на Северо-Востоке России // Золото северного обрамления Пацифики / Междунар. горно-геол. форум : тез. докл. Всеколымской горно-геол. конф., посвящ. 80-летию Первой Колымской экспедиции Ю. А.

Билибина (Магадан, 10–14 сент. 2008 г.). – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – С. 33–34.

Серавкин И. Б., Знаменский С. Е. Эндогенная металлогения Южного Урала и общая оценка перспектив его Оренбургской части на колчеданное, медно-порфировое и золотое оруденение // Тр. Ин-та геологии Уфим. науч. центра РАН. – Уфа, 2007. – С. 181–205. – (Геол. сб. ; № 6).

Стефанов Ю. М., Широкий Б. И. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. – М. : Наука, 1980. – 103 с.

Стружков С. Ф., Аристов В. В., Данильченко В. А. и др. Открытие месторождений золота Тихоокеанского рудного пояса (1959–2008 гг.). – М. : Науч. мир, 2008. – 256 с.

Штикерман В. И. Домеловая минерализация Северо-Востока Азии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 333 с.

Яроцкий Г. П. Геолого-геофизические закономерности размещения вулканических серных месторождений Тихоокеанского рудного пояса. – П.-Камчатский : Изд-во КамГУ, 2006. – 142 с.

Bogie I., Lowless J. V., Rychagov S., Belousov V. Magmatic-Related Hydrothermal Systems: Classification of

the Types of Geothermal Systems and their Ore Mineralization // Geothermal and Mineral Resources of Modern Volcanism Areas (proceedings of the International Kuril-Kamchatka Field Workshop). – Petropavlovsk-Kamchatsky, 2005. – P. 51–73.

Corbett G. J., Leach T. M. Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration and mineralization // Soc. of Econ. Geol. – 1998. – Vol. 6. – 238 p. – (Spec. Pub.).

Hedenquist J. W., Arribas A. R., Gonzalez-Urien E. Exploration for Epithermal Gold Deposits // SEG Reviews. – 2000. – Vol. 13. – P. 245–277.

Sillitoe R. H. Exploration and Discovery of Base and Precious-Metals Deposits in the Circum-Pacific Region during last 25-years. – Resource Geology Special Issue. – 1995. – No. 10. – 119 p.

Sillitoe R. H. Enigmatic Origins of Giant Gold Deposits, in Cluer / eds. J. K. Price, E. M. Struhsacker, R. F. Hardyman and C. L. Morris // Geology and Ore Deposits 2000: The Great and Beyond: Geological Society of Nevada Symposium Proceedings. – May 15–18, 2000. – P. 1–18.

Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. Linkage between Volcanotectonic Settings and Ore-Fluid Compositions and Epithermal Precious-metals Deposits // Soc. of Econ. Geol. – 2003. – Vol. 10. – P. 315–343. – (Spec. Pub.).

Поступила в редакцию 23.03.2010 г.

HIGH-SULFIDE EPITHERMAL GOLD DEPOSITS IN THE TERRITORIES OF RUSSIA AND CIS: RECENT AND EXPECTED DISCOVERIES IN NORTHEASTERN ASIA

A. N. Glukhov

This paper presents the geologic description of high-sulfide epithermal gold deposits discovered in the territories of Russia and CIS in the last few decades. The basic structural and compositional characters of this deposit type are shown, as well as the principles of its area distribution. The prospect areas of high-sulfide epithermal gold deposits are established in northeastern Russia.

Key words: epithermal deposit, gold, high-sulfide, zoning, regularities, perspective.