

ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ

«МЕТАСОМАТИЗМ И КОЛЧЕДАННОЕ
ОРУДЕНЕНИЕ»

Материалы

ЕРЕВАН 1975

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
КАВКАЗСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
АРМЯНСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОВЕТА
МИНИСТРОВ АРМЯНСКОЙ ССР
АРМЯНСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ
«МЕТАСОМАТИЗМ И КОЛЧЕДААННОЕ
ОРУДЕНЕНИЕ»

Материалы

1294

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН 1975



Редакционная коллегия: В.Г.Гогшвили, А.Г.Казарян (зам.
редактора), И.Г.Магакян (редактор), Э.Г.Малхасян,
Э.А.Хачатурян.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий симпозиум по проблеме "Метасоматизм и колчеданное оруденение" имеет своей основной целью подведение итогов изучения важного в промышленном отношении и интересного в отношении генезиса колчеданного типа оруденения.

Отобранные оргкомитетом симпозиума и публикуемые тезисы докладов (всего 57) соответствуют требованиям, которые предъявлялись в разосланном участникам циркуляре, и отвечают тематике симпозиума. Здесь рассмотрены следующие вопросы: метасоматиты в связи с особенностями колчеданосных провинций (Урала, Казахстана, Средней Азии, Большого и Малого Кавказа) с учетом глубинности формирования и места колчеданного оруденения в истории геологического развития отдельных регионов; метаморфические и метасоматические фации колчеданных провинций, конкретных рудных полей и месторождений; роль и положение зеленокаменных изменений в истории геологического развития региона и их отношение к рудообразующим и магматическим процессам; структурно-геологические условия, вертикальная и горизонтальная зональность метасоматитов собственно околорудных изменений; минералого-геохимические критерии условий метасоматического пороодо- и рудообразования; экспериментальные исследования применительно к колчеданным месторождениям.

При этом в колчеданную рудную формацию объединялся ряд типов месторождений, включающий медноколчеданные, серноколчеданные, барит-полиметаллические месторождения, широко развитые в пределах щитов-платформ и разновозрастных складчатых поясов и играющие важную промышленную роль.

Колчеданная формация дает в настоящее время значительную долю мировой выплавки меди, свинца и цинка, попутно заметные количества серебра и золота, иногда мышьяка, а также селена, теллура, кадмия, индия.

Колчеданные месторождения в истории развития Земной коры формировались в широком возрастном диапазоне от докембрия (протерозоя) до мио-плиоцена и квартера, залегают среди вулканогенно-осадочных толщ и тесно связаны с процессами вулканизма.

Среди месторождений докембрия, залегающих среди вулканоген-

но-осадочных метаморфизованных толщ щитов можно назвать грандиозные по масштабам медного и полиметаллического оруденения месторождения Канадского щита (Флин-Флон, Шеррит-Гордон, Норада, Сулливан и др.), Западноавстралийского щита (Брокен-Хилл, Маунт-Айза и др.), Балтийского щита (Болиден, Оутокумпо, Парандово и др.).

Эти древнейшие колчеданные месторождения представлены обычно линзами и пластообразными телами сульфидных руд среди лептитов или андалузит-серицитовых кварцитов, происшедших за счет метаморфизма эффузивов докембрийского возраста. Все эти месторождения не обнаруживают связи с интрузивами и, вероятно, генетически связаны с корневыми очагами эффузивов, среди которых они залегают и вместе с ними подверглись метаморфизму. Ряд авторов относит часть этих месторождений к вулканогенно-осадочным образованиям.

Каледонские колчеданные месторождения (возраст - кембрий-ордовик) известны в Норвегии, где представлены медными месторождениями Рброс, Сулительма и др., в Ирландии (серноколчеданное месторождение Авока) и Канаде (крупные колчеданные полиметаллические месторождения Батурст, Бухан, Бьюченс и др.).

Интенсивное колчеданное оруденение имело место в среднем палеозое; к этому возрасту относятся медноколчеданные месторождения Урала и Северного Кавказа, полиметаллические колчеданные месторождения Рудного Алтая, Салаира и Средней Азии (Хандиза), часть месторождений Японии (Бесси).

Широко представлены колчеданные месторождения мезозойского (юра - мел) возраста на Большом и Малом Кавказе, в Турции, странах Балканского полуострова; они известны также в США (Шаста-Каунти в Калифорнии) и в Перу (Серро-де-Паско и др.). Кайнозойские (эоцен - миоцен) месторождения колчеданных руд известны в Японии, на Малом Кавказе, Камчатке, на о. Тайвань; формирование медно-серноколчеданных месторождений о-ва Тайвань происходит и в современную эпоху, будучи тесно связанным с деятельностью фумарол и горячих минеральных источников. По данным японских геологов, все месторождения типа "Кууроко" (колчеданные барит-полиметаллические руды) тесно связаны с подводным кислым вулканизмом миоцена, представленным куполами лав, вулканическими брекчиями и пирокластическими породами ряда дацит-риолит.

По тем же данным (Т. Ватанебе, Т. Татсуми, 1970) сингенетические пластообразные тела сульфидных руд встречаются здесь сов-

местно с эпигенетическими штокверками или метасоматическими образованиями, нередко на одном и том же месторождении.

Судя по всему накопленному геологическому материалу, подавляющая часть колчеданных месторождений генетически связана с корневыми частями вулканических аппаратов и малыми субвулканическими интрузиями, причем большая часть рудных тел формируется эпигенетически, а в отдельных случаях сингенетически и в последнем случае относится к эксталяционно-осадочному типу.

Важными задачами дальнейшего глубокого изучения генезиса колчеданных месторождений является установление их связей с вулканическими структурами, определение абсолютного возраста руд и околорудно-измененных пород, определение изотопного состава серы сульфидов, слагающих руды, детальные минералого-геохимические исследования руд.

И. Г. МАГАКЬЯН

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОЛЧЕДАНООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Г.А.Твалчрелидзе
(КИМС)

ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАНОЙ ФОРМАЦИИ И ИХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

В сложной и обширной колчеданной группе рудных формаций выделяются три главных типа: 1) медно-цинковоколчеданный в первичных вулканогенных эвгеосинклиналях, 2) колчеданно-полиметаллический и сопутствующий ему медно-пирротимовый в первичных сланцевых эвгеосинклиналях, 3) медно-полиметаллический с сопутствующими месторождениями барита, гематита, марганца, пиррофиллита и алунита типа Куроко во вторичных вулканогенных эвгеосинклиналях. Первый тип относится к вулканогенно-осадочным и, частично, вулканогенным субвулканическим месторождениям; второй - к комбинированным гидротермально-осадочным и гидротермальным; третий - к вулканогенным гидротермальным, отчасти эксгайационно-осадочным.

Все три типа колчеданных месторождений генетически связаны с подводным базальтоидным вулканизмом раннегеосинклинальной стадии развития. Рудоносные эвгеосинклинальные зоны различаются между собой характером, степенью переработки и глубиной залегания фундамента, интенсивностью складчатости и метаморфизма слагающих их осадков, формационной принадлежностью последних, а также типом геосинклинального вулканизма.

Каждый из выделенных типов рудоносных зон характеризуется определенным временным диапазоном развития: первый - от архея до палеогена; второй - от среднего протерозоя до юры; третий - от кембрия до неогена. Примеры типичных рудных провинций многочисленны на всех континентах; в том числе на Кавказе встречаются геотектонические зоны и колчеданные месторождения трех выделенных типов.

КОЛЧЕДАНЫЕ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

1. Колчеданная минеральная ассоциация широко распространена во всех классах и большинстве рудных формаций гидротермальных месторождений. Однако собственно колчеданные формации, концентрирующие не менее 60% сульфидов железа, характерны лишь для определенных групп, преимущественно среднетемпературных месторождений, в большинстве случаев локализующихся в образованиях среднего структурного этажа.

2. Промышленное значение имеют следующие три колчеданные формации: а) собственно колчеданная, б) медноколчеданная и в) колчеданно-полиметаллическая.

3. В предлагаемом сообщении основное внимание уделяется рассмотрению особенностей геологии месторождений колчеданно-полиметаллической рудной формации или группы, в которой выделяют пять подгрупп: колчеданно-свинцовая – месторождения Текели, Каз.ССР, Маунт-Айза ^{х/}, Австралия и др.; колчеданно-свинцово-цинковая – Мак-Артур, Австралия и др.; колчеданно-цинковая – Озерное, Бурятская АССР, Лаура, ФРГ и др.; колчеданно-свинцово-баритовая – Рамельсберг, ФРГ ^{х)} и др.; колчеданно-свинцово-цинковая с мышьяком – Почекуй, Читинской области и др.

4. Все упомянутые месторождения, в которых выделяются одиннадцать минеральных типов, залегают преимущественно в алюмосиликатных, реже карбонатных породах. Рудные тела ориентированы как согласно, так и секуще по отношению к слоистости вмещающих пород и обладают пластовой, линзообразной, лентообразной, жиллообразной и столбообразной формами. В большинстве рудных полей обнажаются основные и кислые разновозрастные интрузии, хотя известны месторождения, в пределах которых на современном эрозионном срезе продукты магматизма не обнажаются.

5. Выявляемый структурный контроль оруденения, околорудные изменения вмещающих пород, возрастные соотношения руд с тектони

^{х/} Г.Шнейдерхен эти месторождения относит к эксгаляционно-осадочным (ред.).

ческими элементами и интрузивными образованиями, а также наблюдаемая многостадийность оруденения, являются достаточно вескими доказательствами гидротермального происхождения всех характеризующих месторождений.

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ

1. Ряд важнейших колчеданно-полиметаллических провинций (Рудный Алтай, Малый Кавказ, юго-западный Гиссар и др.) обнаруживает тесную связь со срединными массивами соответствующих складчатых систем. Под срединными массивами нами, вслед за А.А. Богдановым, Л.П.Зоненшайном, М.В.Муратовым и др. (1972) и А.Л. Яншиным (1965), понимаются относительно стабильные участки земной коры, являющиеся остатками того основания, на котором заложены геосинклинальные прогибы.

2. В истории формирования колчеданно-полиметаллических провинций определяющую роль играет геосинклинальная регенерация срединных массивов. При этом выделяются два случая. Первый из них характеризует слабую регенерацию, при которой в погружение вовлекаются сравнительно небольшие по площади периферические участки срединных массивов. Здесь возникают локальные вулканотектонические впадины, заполняющиеся вулканитами липаритовой формации. С последними ассоциируют колчеданно-полиметаллические месторождения.

В случае интенсивной геосинклинальной регенерации происходит существенная переработка срединных массивов. На них развиваются системы крупных наложенных геосинклинальных прогибов, разделенных остаточными геоантиклиналями. В пределах этих структур накапливаются толщи пород контрастной базальт-липаритовой и иногда последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-липаритовой формаций. Длительное и часто унаследованное развитие тектонических структур при совмещении в пространстве разновременных магматических формаций геосинклинального и орогенного этапов определяет полихронное проявление процессов колчеданно-полиметаллической минерализации.

3. Характерной чертой процессов околорудного метасоматизма на большинстве колчеданно-полиметаллических месторождений является интенсивное средне-низкотемпературное гипогенное выщелачивание вмещающих сред, приводящее к выносу из них щелочных и щелоч-

ноземельных элементов. Вынесенные компоненты могут затем вновь перестрагаться, как на уровне выщелачивания, так и выше него, на замыканиях растворопроводящих структур. Формационная принадлежность возникающих метасоматитов, масштабы их развития и связи с разнотипным оруденением различны в пределах провинций, относящихся к первому или второму типу геосинклинальной регенерации.

4. Примером первого типа колчеданно-полиметаллических провинций является юго-западный Гиссар. На типичном представителе оруденения - Хандизинском месторождении - устанавливается интенсивное проявление березитизации, приводящее к формированию зонального ореола выщелоченных кислых вулканитов, шириной до 220-230 м и протяженностью свыше 1,5 км (О.В. Андреева, 1972). В направлении прогрессирующего изменения калишпат оказывается более устойчивым, нежели плагиоклаз, а анкерит сохраняется вплоть до центральных зон, сложенных карбонат-серицит-кварцевыми породами. Последние в альбандах рудных тел сменяются серицит-кварцевыми и существенно кварцевыми (с пиритом) метасоматитами.

Новообразования сопряженного переотложения оснований развиты ограниченно в виде небольших тел хлоритовых пород в пределах центральных зон выщелачивания. Они тесно ассоциируют с колчеданно-полиметаллическими рудами, имеющими существенно свинцово-цинковый состав (отношение свинца к цинку и меди - 1:2, 5:0,3).

5. Представителем второго типа провинций является Рудный Алтай. В его пределах основную массу промышленных руд сопровождают метасоматиты двух формаций: кварц-серицитовой и карбонат-хлоритовой. Первая из них свойственна месторождениям, расположенным в пределах региональных зон смятия или глубинных разломах, сопряженных с зонами смятия (Тишинское, Иртышское, Ново-Березовское, Зыряновское и др.). Ореолы измененных пород характеризуются значительной шириной и протяженностью по простиранию и на глубину. В последнем направлении они обычно не оконтуриваются. Отличительной чертой данного типа преобразований является неустойчивость и разложение карбоната уже во внешних частях ореолов и господство пирит-кварц-серицитовых метасоматитов во внутренних их зонах. Породы сопряженного отложения (хлоритовые и карбонат-хлоритовые тесно ассоциируют с рудами и локализуются в пределах зон максимального выщелачивания (частично в области их выклинивания по восстанию и воздыманию растворопроводящих структур). Данный тип метасоматических преобразований обнаружи-

вает пространственно-парагенетическую связь с постгранитоидными малыми интрузиями.

Породы карбонат-хлоритовой формации (нередко тальксодержащие) характерны для месторождений, залегающих в слабо дислоцированных толщах на удалении от зон смятия и в прогибах (Карабахинское, Золотушинское, Ново-Золотушинское, Орловское и др.). ореол изменений на них относительно невелик и превышает размеры контура промышленных руд лишь в 3-5 раз. В единичных случаях устанавливается связь хлоритовых, карбонатных и тальковых скоплений со скрытыми на глубине безрудными зонами выщелачивания. Весь комплекс метасоматитов ассоциирует в пространстве и по времени становления с субвулканическими интрузиями кислого состава, близко синхронными вмещающим оруденение вулканогенным толщам.

Обе рассмотренные метасоматические формации сопровождают как колчеданно-полиметаллические, так и существенно полиметаллические руды. В целом же, в сравнении с березитами юго-западного Гиссара, для них характерно оруденение, в большей степени обогащенное медью и цинком.

СООТНОШЕНИЕ МАГМАТИЗМА, ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕТАСОМАТОЗА И РУДОСЛОЖЕНИЯ НА КОЛЧЕДАНЫХ РУДНЫХ ПОЛЯХ

1. Любое колчеданное рудное поле представляет собой локальную группировку интрузий типабиссального или субвулканического облика порфирирового и порфиритового состава и сульфидных залежей, окруженную ореолом гидротермально-метасоматических пород. Различаются два типа полей: 1) ореольные, связанные с порфирировыми штоками с характерной для них вкрапленно-прожилковой, иногда брекчиевой минерализацией, развитой в апикальных частях штоков, подвергшихся глубокой метасоматической переработке, и 2) корневые, связанные с комплексом порфиро-порфиритовых интрузий. Крупные колчеданные месторождения относятся ко второму типу, который обсуждается ниже.

2. В структурном отношении такие рудные поля часто представляют собой куполовидные поднятия, то изометричные, то удлиненные и сжатые. Их нередко описывают как нормальные тектонические складки, вулканокупола или комбинированные структуры. Следует учитывать, что подобные структуры могут возникать вследствие вспучивания слоистой кровли под влиянием интрузивного напора магмы и давления летучих на фронте рудоносной магматической колонны. Большая интенсивность инъективных деформаций на фронте магматической колонны объясняется глубокой (контрастной) дифференциацией базальтоидных магм остаточных очагов и обилием в них газовой фазы. Процессы ликвационного расслоения неравновесных на малых глубинах магм сопровождаются массовым отделением летучих, с чем связано широкое развитие на рудных полях метасоматических пород, а также ассоциирующихся с ними эруптивных и эксплозивных брекчий.

3. Соотношения магматических, метасоматических пород и сульфидных залежей на рудных полях позволяют выделять два крупных послевулканических этапа в истории их формирования: 1) внедрение порфирировых и порфиритовых интрузий, завершающееся мощным метасоматозом, образованием основной массы пиритных вкрапленников и рассеянной минерализацией, присутствующей во всех измененных породах; 2) образование массивных рудных залежей и трещинных порфиритовых интрузий - даек (предрудных, сорудных, иногда послеруд-

ных).

Первыми внедряются сильно флюидизированные порфириновые магмы, вторыми — порфириновые, и хотя актов внедрения на крупных рудных полях может быть несколько, общая эта последовательность обычно сохраняется. На фронте колонии порфириновой магмы отделяется огромное количество газовой-гидротермальных дистиллятов, несомненно кислых и химически агрессивных. С их деятельностью связано образование серицитовых, серицито-кварцевых, кварцитовых, калишпат-серицитовых, а по перифериям зон кислотного выщелачивания — серицито-хлоритовых, хлорито-карбонатных и других метасоматических пород. В них повсеместно присутствует пирит. В хлоритовых разностях пород он иногда накапливается в виде сплошных масс. Подсчеты балансов элементов в метасоматитах показывают, что железо, магний и кальций растворами с глубин не привносились, а только переотлагались, между тем как вода, уголекислота, сера, щелочи и халькофильные металлы в пределы рудного поля были привнесены с глубин. Медь, свинец, цинк в породах в это время отлагались в виде рассеянных сульфидных минералов. Несмотря на то, что суммарные количества этих металлов на рудных полях огромны (они в 10 раз и более превышают количество металлов в рудах), концентрированного отложения их в этот этап не происходило. Мощный метасоматоз и рассеянная минерализация свойственны в особенности верхней части колонии порфирино-порфириновых интрузивов. Их интенсивность сильно уменьшается на глубину уже на расстоянии 0,5–1 км. Подавляющее количество геохимических аномалий в колчеданных районах обязаны своим возникновением минерализации этого этапа.

Второй этап от рассмотренного отличается тем, что объемы внедряющихся магм и растворов уменьшаются в десятки и сотни раз, вместе с тем качественно меняется природа минерализующих растворов. Преобладающая масса колчеданных руд возникла путем раскristаллизации высококонцентрированного флюида сложного многокомпонентного состава. Ей предшествовала дифференциация флюида, в процессе которой на фронте потока происходило накопление более подвижных компонентов (воды, серы, уголекислоты, щелочей, свинца, цинка, сурьмы, золота и др.), а в тыловых частях потока обособливались флюидные фазы, которые раскristаллизовались в определенной очередности ("стадии рудоотложения"). Опережающие газовой-гидротермальные растворы производили метасоматическое замещение

пород и отлагали вкрапленное оруденение, но в целом роль метасоматического способа отложения руд на колчеданных месторождениях относительно невелика. Главная масса руд создается путем раскристаллизации сложного по составу раствора, проходящего стадию глубокой полимеризации и химической гетерогенизации при средних и низких температурах, а в определенных условиях — и стадию коллоидообразования.

4. Массивность сульфидных залежей, резкие границы их, необычность форм залежей, нередко напоминающих интрузивные тела, всегда были камнем преткновения для метасоматической теории. Однако, эти особенности колчеданных месторождений перестают быть необъяснимыми, если принять во внимание изложенное выше представление о природе рудообразующей среды. Плотный флюид проникает в пределы рудного поля и взаимодействует с окружающими породами качественно иначе, чем пассивно инфильтрующие по трещинам и порам газовой-гидротермальные дестилляты первого этапа. Имея гидродинамическую связь с глубинным остаточным очагом, поток флюида, как и синхронные с ним трещинные интрузии поздних порфири-тов, обладает большим интрузивным напором и потому активно воздействует на структуру, создавая полости отслоения среди напластованных пород или штоковидные, сундучные и любые другие по форме камеры при раздвигании блоков пород. Нарастающая к фронту дифференциация жидкости и отделение от нее газов ведет к появлению избыточного давления. Поток распадается на струи, распределение которых в конкретных геологических условиях и определяет морфологию рудного поля и его обычную вертикальную асимметрию. Корни рудного поля — это область, выше которой поток получает возможность расширения в силу избыточного давления в системе по отношению к внешнему давлению. Расширение потока способствует дифференциации флюида, обособлению жидкостных и газовых фаз и в конечном счете — кристаллизации руд в условиях снижения температуры и давления.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ И КИНЕТИКИ
МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

1. Тела метасоматитов приурочиваются к нарушенным участкам земной коры. Они всегда имеют сложную форму, возникшую благодаря слиянию многочисленных и разноориентированных небольших тел в одно целое. Следовательно, во время поступления растворов и протекания процессов метасоматоза блок пород области замещения находился в состоянии расширения, т.е. в его пределах трещины любых направлений и размеров были одинаково хорошо проницаемы для растворов. Такое состояние блока пород может быть вызвано либо внешними (снятие нагрузки на породы при их перемещении вверх), либо внутренними (активное движение растворов, происходящее благодаря появлению избыточного давления жидкости) причинами. В пределах нарушенных участков земной коры тела метасоматитов обычно локализуются в экзо- или эндоконтактах тепловых очагов (интрузивов, экструзивов, вулканических аппаратов, даек и т.п.), являющихся зачастую и рудогенерирующими. Источником воды для гидротерм (в геосинклинальных условиях) практически всегда были подземные воды. По данным изотопии аргона газовой-жидких включений в минералах метасоматитов немагматогенная составляющая гидротерм колеблется в пределах 40-100%, увеличиваясь к концу процесса минералообразования.

2. Текстурно-структурные особенности метасоматитов и наличие зонального строения объекта в целом приводит к мнению, что при формировании метасоматических тел растворы движутся крайне непродолжительное время, создавая (по Г.Л.Поспелову) области увлажнения, в пределах которых появляются электрические токи (дзета-потенциал). Не сплошное преобразование пород свидетельствует о малом количестве растворов, которые в данном случае не дают сплошных областей увлажнения.

3. Текстуры и структуры метасоматитов разнообразны. Очень часто устанавливается наличие процессов перекристаллизации, затухающих первичные структуры. В общем случае метасоматическое преобразование пород идет в два периода - псевдоморфный и тропоморфный (Боголепов, 1965), а все разнообразие текстур и структур метасоматитов возникает из-за различного времени на-

ступления физико-химического равновесия в системе "раствор-порода". Если равновесие не наступает долго, то мы видим тонкодисперсные новообразования с отчетливо выраженными псевдоморфными реликтовыми (и палимпсестовыми) структурами, и если оно возникает почти сразу после начала реакции, то образуются крупные метакристаллы в массе эдукта, которые, сливаясь между собой, образуют крупнозернистые породы.

4. Метасоматические реакции по своему механизму являются топохимическими. Замещение идет по правилу, предложенному Н.И. Наквником: "ион за ион при сохранении общего иона на месте". Справедливость его доказывается исследованиями изотопии кислорода, серы и некоторых других элементов (Донцова, 1950; Дженсен, 1962; Кириллов, Рылов, 1963) и кристаллохимическими построениями (Белов, 1953; Генкин, 1958; Янулов, Чулкова, 1961).

5. Скорости метасоматических процессов. Следует различать скорости элементарных актов реакции и скорости преобразования каких-либо объемов пород. Элементарные акты реакции могут происходить двояко. Либо путем каскадного развития процесса по стадиям с возникновением метастабильных минералов, либо путем непосредственного взаимодействия реагирующих ионов. Первый путь длиннее, но энергетически выгоднее. Мгновенные реакции (непосредственного взаимодействия) будут проходить только при наличии значительных энергетических резервов в системе минералообразования. Такие реакции являются "горячими". Они идут с мгновенным выделением тепла в локальных участках, что приводит к разогреву систем, являющихся в данном случае адиабатическими. Медленные (каскадные) реакции являются "холодными", так как постепенно выделяющееся при реакциях тепло за время реакции успевает рассеяться в больших объемах системы, не приводя к их разогреву. Скорость замещения какого-либо объема породы или минерала зависит не только от скорости реакции, но, главным образом, от скорости подтока и оттока вещества. Имеется три вида массопереноса: инфильтрация ионов совместно с растворами, диффузия ионов в застойных растворах и диффузия ионов сквозь кристаллические решетки (и дефекты в них) минералов без участия растворов. Явления электрофореза могут резко усилить скорости диффузии ионов. Различные комбинации физико-химических условий протекания метасоматических процессов и создают все разнообразие типов превращений минералов и горных пород. При этом, необ-

ходимо учитывать также и физические процессы - разрыхление (де-
зинтеграцию) и уплотнение. В докладе будут приведены примеры
преобразования, типичных для процессов выветривания, катагене-
за, регионального и локального метасоматоза, в том числе и для
процессов формирования колчеданных месторождений.



Дж.А.Азадалиев, Ф.А.Ахундов, В.М.Бабазаде, М.М.Самедов
(ИГ АН Азерб.ССР, Азерб.геол.управление)

О СТРУКТУРНОМ КОНТРОЛЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Структурный контроль является одним из основных и обязательных геологических условий метасоматических процессов, протекающих преимущественно в геосинклинальных областях и активизированных зонах на относительно небольших глубинах, где роль преимущественно дизъюнктивной тектоники в формировании метасоматических тел исключительно велика. Между тем тектоно-магматическое развитие самой геосинклинали также в известном смысле определяет характер и интенсивность проявления метасоматических формаций, т.е. поскольку тектоно-магматическое развитие любой геосинклинали состоит из нескольких этапов, характеризующихся различными комплексами осадочно-эффузивных пород, различным по составу и интенсивности магматизмом, то метасоматические образования каждого из этапов имеют свои особенности,

Всякое метасоматическое тело контролируется определенными структурными элементами (дизъюнктивными нарушениями, контактными поверхностями, порами, межзерновыми пространствами пород и т.д.), из числа которых разломы, контактовые швы интрузивов и даек и другие тектонические нарушения являются растворконтролирующими (подводящими, распределяющими и локализирующими) структурами, а трещиноватость, поры и межзерновые пространства обеспечивают просачивание и диффузию растворов по исходным породам и тем самым создают условия для протекания метасоматических реакций.

Наиболее наглядно роль структурного фактора проявлена в средне- и особенно низкотемпературных изменениях, а именно: чем более низкотемпературен процесс, тем более резко выражен контроль зон метасоматических преобразований тектоническими нарушениями. Характеризуясь относительно большой вязкостью, низкотемпературные растворы просачиваются по трещинам и зонам тектонических нарушений, в то время как высокотемпературные растворы свободно проникают по межзерновым трещинам и порам. Поэтому строение низкотемпературных метасоматитов сильно зависит от узора тех

структурных направлений, по которым просачивались растворы.

Для детального изучения следует выбрать относительно мощное метасоматическое тело, тяготеющее именно к определенной трещине, но ни в коем случае не системам трещин, сильно усложняющим строение метасоматической колонки. Установление всех слагающих метасоматическое тело парагенетических минеральных ассоциаций с учетом их положения по отношению к питающей трещине (в центре обычно располагается кварцевая жила) позволяет легко судить о размещении метасоматических зон и правильно построить метасоматическую колонку.

Почти все метасоматические пороодо- и рудообразования приурочиваются к контактовым и приконтактовым частям интрузивов, даек, зонам разломов, системам трещин и т.д. (хотя метасоматические изменения редко тяготеют к крупным региональным разломам). К приконтактовым участкам интрузивных массивов различного состава обычно сосредотачиваются роговики, к апикальной приконтактовой части гранитов - кварцево-полевошпатовые метасоматиты, грейзены и др., щелочных массивов - альбититы, карбонатиты, в контакте гранитоидных массивов с карбонатными породами часто образуются скарны, с кислыми эффузивами - вторичные кварциты, в зонах развития ультрабазитов с соответствующими структурными условиями - листвениты. К трещинам и зонам дробления приурочиваются грейзены, кварц-серицитовые метасоматиты, березиты, гидротермальная и сольфаторная аргиллизации и др. низкотемпературные метасоматические преобразования.

Нередко структурный фактор контролирует форму и морфологию метасоматических тел, условия их формирования и размещения. Морфология биметасоматических образований отвечает форме контакта двух различных по составу пород. Если процесс развивается вдоль трещин, узких зон разломов, контактов, то метасоматические тела могут иметь жилообразную или линзовидную морфологию. При метасоматическом замещении вдоль пластовых или контактовых поверхностей образуется пластообразная или линзовидная форма. В случае тесно связанных дизъюнктивных нарушений и значительной сложности трещиноватости метасоматическое поле будет иметь чрезвычайно сложное строение, сильно препятствующее изучению метасоматической колонки.

П. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ
И ОРУДЕНЕНИЯ

Б.С.Вардапетян
(Ереванский гос.университет)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ АРМЕНИИ

1. Колчеданные залежи Армении представлены штоками, линзами, гнездами, а также жилами и штокверковыми зонами рассеянного оруденения, развитыми на одних и тех-же месторождениях.

Принадлежность рудных залежей к колчеданной формации определяется не по форме рудных тел, а главным образом по минералогическому составу, где абсолютно преобладающая роль принадлежит пириту, халькопириту и сопровождающим колчеданное оруденение гипсу или бариту, а иногда тому и другому вместе.

2. В условиях Армении колчеданное оруденение имеет региональное распространение, не носит характера образования местного значения; оно распространено, главным образом, в пределах двух структурно-магматических региональных зон - в Сомхето-Карабахской зоне и складчатой зоне Армении, выделенных К.Н.Паффенгольцем.

В этих зонах колчеданное оруденение, вместе с выходами гранитоидных интрузивов, приурочено к вздымающимся частям крупных антиклинальных поднятий, в максимальной мере нарушенных разрывными структурами, контролирующими оруденение.

Отмеченные складчатые и разрывные нарушения с выходами гранитоидных интрузивов и концентрацией в их ореоле колчеданного оруденения, представляют типичные особенности формировавшегося эпигенетического рудного поля. Внутри рудного поля месторождения и рудные тела приурочены к поднятиям 2-го и 3-го порядков,

Антиклинальные поднятия контролируют оруденение, как в региональном, так и в местном масштабах. Вместе с этим одновременная приуроченность колчеданного оруденения и гранитоидов к одним и тем-же антиклинальным структурам является определенным признаком существовавшей между ними генетической связи.

3. Стратиграфическое положение колчеданного оруденения определяется нормальным геологическим разрезом вулканогенных и

вулканогенно-осадочных пород юры, мела и эоцена. При этом оруденение нигде не локализуется в пределах определенной стратиграфической формации, а с той или иной интенсивностью распространено во всех возрастных подразделениях нормального разреза.

Так, например, в пределах рудного поля Алаверди-Шамлуг-Ахтала стратиграфическое положение типичного колчеданного оруденения определяется наличием разреза вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород байоса, байоса-бата, келловея, оксфорда и трансгрессивного среднего эоцена. При этих условиях колчеданное оруденение с различной степенью концентрации распространяется почти на все породы нормального разреза. Вместе с этим промышленная концентрация оруденения, в тесной зависимости от благоприятных структурных и литологических особенностей, известна в четырех горизонтах разреза: в байосе 2 горизонта (Ахтала, жильный и прожилково-вкрапленный тип оруденения глубоких горизонтов Шамлуга и Алаверди), байос-бат (Шамлуг) и бат (Алаверди). Все это говорит об отсутствии в условиях Армении стратифицированности колчеданного оруденения, об отсутствии связи между образованием определенной формации пород юрского возраста и формированием колчеданного оруденения.

4. Колчеданное оруденение, образующее рудный ореол вокруг гранитоидных интрузивов, обнаруживает горизонтальную минералогическую зональность. Она выражена в том, что очень часто типичные пиритовые и халькопиритовые руды вблизи с гранитоидными интрузивами, сменяются пирит-кварцевыми и скарновыми магнетитовыми рудами, а в удаленных от интрузивов участках полиметаллическим, баритовым оруденением.

Все эти типы руд составляют единый ряд горизонтальной минералогической зональности по отношению к гранитоидным интрузивам.

Горизонтальная первичная минералогическая зональность оруденения по отношению к гранитоидным интрузивам, приуроченность колчеданного оруденения, вместе с гранитоидными интрузивами, к одним и тем же антиклинальным структурам и, наконец, пространственное тяготение всех известных колчеданных месторождений и проявлений Армении к гранитоидным интрузивам являются доказательством магматического контроля колчеданного оруденения.

5. В условиях Армении в отношении литологического контроля колчеданного оруденения выделяются два петрографических комплек-

на пород. К первому комплексу относятся кварцевые порфиры, их туфы и туфобрекчии, кварцевые и бескварцевые кератофиры, их туфы и туфобрекчии, кислые пирокластические агломератовые породы и др. Ко второму комплексу относятся порфириты среднего состава, их туфы и туфобрекчии. В первом комплексе пород всюду образованы богатые колчеданные залежи в форме штоков, линз и гнезд; второй комплекс пород вмещает рудные жилы и прожилково-вкрапленное оруденение.

Плотные, массивные, водонепроницаемые породы (альбитофиры, массивные порфириты, плотные песчаники, уплотненные глины приращения и др.) экранировали оруденение.

РОЛЬ ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОГО МЕТАСОМАТОЗА
В ФОРМИРОВАНИИ МЕДНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СЕРНО-
КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АДЖАРИИ

Аджария расположена в юго-западной части Аджаро-Триалетской складчатой зоны. Слагающий ее палеогеновый вулканический комплекс имеет в основном базальтовый и андезитовый состав и подвержен интенсивному поствулканическому метасоматизму. Здесь развиты также медно-полиметаллические рудные жилы (Мерисский рудный узел) и серно-колчеданное оруденение, приуроченное ко вторичным кварцитам (Цабланское рудопроявление).

Медно-полиметаллическое месторождение расположено в верхнеэоценовой андезит-трахиандезитовой толще в районе выходов Мерисской и Учамбской диоритовых и сиенит-диоритовых интрузий. Рудные жилы всегда приурочены к поствулканическим метасоматитам. Они развиты в пропилитах, в серицитолитах, в грейзенах и во вторичных кварцитах. Околорудные метасоматиты наложены на все перечисленные образования и, несмотря на разнородность вмещающих пород, имеют постоянный минеральный состав. Наблюдается два типа рудных жил: один с преобладающей халькопиритовой минерализацией и с подчиненным содержанием свинца и цинка, другой — со свинцово-цинковой минерализацией с подчиненным содержанием меди. Околорудные метасоматиты медных жил имеют, в основном, хлорит-карбонатный состав, свинцово-цинковые рудные жилы же сопровождается серицит-сколит-кварцевая минерализация.

Свежие породы медно-полиметаллического месторождения — трахиандезиты и роговообманковые андезиты, по сравнению с кларковым (35 г/т) характеризуются резко завышенным содержанием меди (в среднем 203 г/т). Рудовмещающие метасоматиты сравнительно со свежими породами, значительно обеднены медью. Пропилиты, в среднем, содержат 120 г/т меди, серицитоциты — 16 г/т, грейзены — 41 г/т, вторичные кварциты — 78 г/т, околорудные метасоматиты — 17 г/т.

Совершенно по-иному ведут себя свинец и цинк в свежих и гидротермально измененных породах Аджарии. По данным Т.В.Иваницкого (1969) и Т.В.Иваницкого и др. (1969), свежие породы вулка-

ногеной толщи содержат свинец в среднем 9 г/т, тогда как содержание свинца в гидротермально измененных породах - 97 г/т. В свежих породах содержание цинка - 123 г/т, в поствулканических же метасоматитах его содержание, в среднем, равно 201 г/т.

На основании вышеприведенных данных можно предполагать, что источником меди были богатые медью андезиты, полностью замещенные резко обедненными ею поствулканическими метасоматитами и меднорудная минерализация рудных жил формировалась в процессе поствулканического выщелачивания меди из вмещающих пород. Что касается свинцово-цинковой минерализации, то её формирование, по-видимому, связано с активностью обогащенных свинцом и цинком поствулканических растворов, о чем свидетельствуют высокие содержания свинца и цинка в поствулканических метасоматитах при их низких содержаниях в свежих породах. Дифференциация рудных жил на медные и свинцово-цинковые также свидетельствует в пользу этого предположения. Итак, поствулканические растворы, по-видимому, играли определяющую роль в формировании Аджарского медно-полиметаллического месторождения, так как они были рудоносными по отношению свинца и цинка, с одной стороны, и способствовали выщелачиванию миграции и аккумуляции меди - с другой.

Серно-колчеданное оруденение локализовано во вторичных кварцитах и приурочено, в основном, к их аргиллитовой фации, развитой по зонам дробления. Фоновая кварцитовая фация сравнительно слабо пиритизирована и бедна железом. В свежих андезитах и трахиандезитах, исходных для вторичных кварцитов, содержание окислов железа равно 6,25%, в кварцитовой же фации их содержание не превышает 0,93% и она характеризуется значительным выносом железа. Следовательно, в процессе вторичного окварцевания происходило выщелачивание железа из кварцитовой фации и его миграция к зонам дробления, где формировалась аргиллитовая фация. Здесь в условиях высокой активности сероводорода и происходило образование серно-колчеданного оруденения.

Формирование медно-полиметаллического и серно-колчеданного месторождений Аджарии определялось поствулканическим метасоматизмом. Поствулканические растворы были изначально рудоносны по отношению свинца и цинка. Формирование же меднорудной и серноколчеданной минерализаций происходило вследствие выщелачивания, миграции и аккумуляции меди и железа из богатых этими металлами свежих пород.

ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛОГО КАВКАЗА В СВЕТЕ ГЕОЛОГО-
ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОКОЛОРУДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

1. Колчеданно-полиметаллические месторождения Малого Кавказа приурочены к вулканогенным свитам, тяготея к линзообразным горизонтам кислых вулканитов, которые часто тектонически отслоены от рамы более основного состава. Сопряжение межпластовых тектонических нарушений с крупными разрывами, а также с экранящими силами, дайками и покровами липаритов и дацитов, создает основной мотив геологической позиции их нахождения.

2. Колчеданно-полиметаллические месторождения Малого Кавказа резонно считают малоглубинными образованиями (И.Г.Магакъян). В рудно-метасоматической колонке с размахом 500-800 м снизу вверх друг друга постепенно сменяют серно-колчеданные, медно-колчеданные, полиметаллические и баритовые руды; в нижних горизонтах развиты кварц-серицит-хлоритовые и кварц-хлоритовые образования - метасоматиты щелочной среды, которые на уровне полиметаллических руд постепенно сменяются вторичными кварцитами - метасоматитами кислотного (преимущественно серноокислого) выщелачивания. Весь набор зон формировался в температурном интервале 400-100°C, в условиях резких температурных перепадов, достигающих более 100°C на 100 м. Перепады устанавливаются в основном на уровне развития межпластовой тектоники. В среде с сохранившейся сплошностью серноколчеданные, медноколчеданные, полиметаллические и баритовые руды разобщены и представлены в виде самостоятельных месторождений.

3. Серно- и медноколчеданные руды, формируются на значительных глубинах, в условиях низких, постепенно изменяющихся, термических градиентов; рудоотложению предшествует высокотемпературное кислотное (галлоидное) выщелачивание. Высокотемпературные вторичные кварциты, сопровождающие серно-медноколчеданные руды в вулканогенных толщах, в пределах известняков сменяются скарнами с магнетитовым (гематитовым), иногда с халькопиритовым оруденением, а в пределах гранитоидов - грейзенами с медно-молибденовой минерализацией. Формирование разнотипных месторожде-

ний из единого рудоносного флюида определяется, главным образом, физико-химическими условиями рудоотложения.

4. Вертикальные рудно-метасоматические колонки многих гидротермальных месторождений Малого Кавказа коррелируются современным рельефом, мегаскульптура которого начала формироваться с олигоцена. Этот факт приводит к предположению о важном значении молодого, орогенного рудогенеза в создании современного металлогенического облика региона. На орогенном этапе в процессе сво- дово-глыбового поднятия с амплитудой 3-5 км должна была иметь место региональная "дегазация" мантии. Металлогеническую специфику отдельных тектонических зон, которые, по всей вероятности, не отражены в тектоносфере, мы связываем не со специфичностью магматизма, протекающего в этих зонах, а со степенью зрелости коры, развитой в них, т.е. с тем влиянием, которое оказывает геологическая среда на поступающие из мантии флюиды. При таком допущении ряд аспектов латеральной металлогенической зональности (И.Г.Магакьян, Г.А.Твалчредидзе), намечающейся по отношению к осевой Севано-Акеринской тектонической зоне Малого Кавказа, получает иное, может быть, более приемлемое объяснение.

МАГМАТИЗМ, МЕТАСОМАТИЗМ, МЕДНО-КОЛЧЕДАННАЯ
И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

1. Связь медноколчеданной и полиметаллической минерализации с магматизмом у подавляющего большинства исследователей сомнений не вызывает. Дискуссионной является лишь форма этой связи. Многие геологи разделяют мнение о связи медно-колчеданного и свинцово-цинкового оруденения с геосинклинальным вулканизмом. Другие считают, что это оруденение генетически связано с интрузивным магматизмом.

2. Мнение об общности магматического очага у интрузивных массивов (включая и малые интрузии) и гидротермального оруденения было сформулировано С.С.Смирновым и Ю.А.Билибиным в 40-х годах и оно в настоящее время разделяется многими специалистами - рудниками, петрологами и экспериментаторами. Мы также считали и считаем, что минерализационные процессы - рудные и нерудные, развитые обычно в областях, в которых проявились вулканические (магматические) процессы, имеют наложенный характер. В смысле общности глубинного источника они связаны с магматическим телом парагенетически. Можно, по-видимому, говорить об единстве взглядов у большинства советских геологов по вопросу о связи гидротермального оруденения с вулканизмом.

3. Дискуссионным остается пока еще вопрос о пространственной и временной связи медноколчеданного и полиметаллического оруденения с вулканизмом. Особенно это касается времени активности содержащих медь, цинк и свинец восходящих растворов (газо-гидротерм) - происходит она одновременно с вулканизмом, вслед за его прекращением или по прохождении определенного геологического времени окончания вулканического процесса и начала складчатости, либо к концу активизации платформ, опять-таки после прекращения вулканического процесса. Имеется основание говорить, что формирование медных и особенно полиметаллических месторождений происходит значительно позднее прекращения вулканического процесса. Эта точка зрения подтверждается геологическими, геохронологическими и другими фактическими материалами по Кавказу и

Другим областям. Дополнительным подтверждением к сказанному являются данные изотопных соотношений серы во многих колчеданных и вообще сульфидных рудах, залегающих в осадках с синхронным вулканизмом, указывающие на преобладание мантийной серы.

4. По нашим представлениям, на южном склоне Большого Кавказа в среднеюрское время устанавливается следующая последовательность оруденения главных руд: серноколчеданные залежи, видимо, формировались синхронно в периоды осадконакопления и вулканической деятельности, медно-пирротиновые руды с предшествующей пирротиновой минерализацией (поствулканические - эпимагматические, гидротермальные) метасоматически замещали серноколчеданные и по времени связаны с началом проявления батской фазы складчатости (перед формированием раннеорогенных батских интрузий), сфалерит-галенитовые руды, вероятно, являются послеинтрузивными, поздне-батскими. Редкометальное оруденение связано с верхнетретичными (позднеорогенными) кислыми интрузиями.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ФИЛИЗЧАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ЮЖНЫЙ СКЛОН БОЛЬШОГО КАВКАЗА)

1. Филизчайское колчеданно-полиметаллическое месторождение, залегающее в песчано-глинистых породах средней юры миогеосинклинальной области южного склона Большого Кавказа относится к новому для СССР типу колчеданно-полиметаллических месторождений, для которых не установлена характерная парагенетическая связь с инициальным эвгеосинклинальным вулканизмом. Месторождение приурочено к зоне пологого взбросо-надвига, оперяемого снизу системой сближенных крутопадающих нарушений, в которых локализованы корневые части рудной залежи. Околорудные измененные породы, их зональность, химизм, пространственные и временные соотношения с оруденением как для отечественных, так и для зарубежных месторождений в литературе освещены недостаточно.

2. Изучение метаморфических и метасоматических преобразований вмещающих глинистых сланцев и песчаников позволило выделить следующие процессы: 1) дорудное окварцевание, 2) околорудные хлоритизация и карбонатизация.

3. Окварцевание глинистых сланцев и песчаников широко распространено в пределах всего южного склона Большого Кавказа и проявляется в виде согласных и секущих, часто птигматитообразных и будинированных прожилков, приуроченных к тектоническим нарушениям различной ориентировки. Прожилки имеют четкие контакты с вмещающими породами, но наряду с этим содержат реликты частично замещенных пород. Помимо кварца в прожилках в подчиненном количестве присутствуют альбит, хлорит и серицит, которые являются характерными метаморфическими минералами вмещающих пород. Все эти факты свидетельствуют о том, что окварцевание обусловлено метаморфической сегрегацией вещества.

4. В лежачем боку рудной залежи вдоль крутопадающих рудо-подводящих нарушений выявлена метасоматическая колонна, в которой пространственно совмещены последовательно сформированные хлоритовые, карбонатные метасоматиты и рудная минерализация.

Ореол хлорит-карбонатных метасоматитов имеет в разрезе клиновидную форму. В верхней части клина мощность метасоматитов достигает 150 м, в нижней — первых метров. Внешний ореол измененных пород представлен в различной степени хлоритизированными песчаниками, сланцами и хлорититами. Внутренний ореол образуют карбонатные метасоматиты. В переходной зоне отмечаются брекчирование хлоритовых метасоматитов и цементация их карбонатными, что свидетельствует о более позднем образовании последних и гетерогенности описанной выше колонки. Реликты карбонатных метасоматитов обнаружены также в зоне рудовмещающего взбросо-надвига. Основным минералом хлоритовых метасоматитов является магнезиально-железистый прохлорит, состав и оптические свойства которого постоянны в различных частях колонки. Карбонатные метасоматиты внутреннего ореола состоят из анкерита, доломита, магнезита, ферродоломита, в зоне взбросо-надвига они имеют кальцитовый состав. Описанные процессы карбонатизации и хлоритизации развиваются позже прожилкового окварцевания, поскольку кварцевые прожилки, находящиеся в участках развития различных по составу метасоматитов, подвергаются дроблению и замещению вышеперечисленными минералами.

5. Рудная минерализация пространственно тесно связана с карбонатными метасоматитами. В рудоподводящих каналах прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к центральной части ореола карбонатных метасоматитов, а в зоне взбросо-надвига, где сконцентрировано основное оруденение, наблюдаются, как отмечалось выше, лишь реликты карбонатных метасоматитов. Отсутствие явлений дробления и изменения состава карбонатов в процессе замещения их сульфидами и последующего переотложения, наряду с тесной пространственной связью, свидетельствует о близкосо-временном формировании карбонатных метасоматитов и кристаллизации ранних сульфидов.

6. Изучение привноса-выноса вещества показало, что общей тенденцией при образовании метасоматитов хлоритового и карбонатного состава является вынос кремнезема и щелочей на фоне привноса железа, магния и кальция, а также воды в зоны хлоритизации и углекислоты в зоны карбонатизации. Свообразно поведение глинозема, привносимого в зоны хлоритизации и выносимого из зон карбонатизации.

7. Подобные метасоматиты, по геологическим наблюдениям, фор-

мируются на глубинах порядка 1-2 км. Выявленная зональность метасоматитов позволяет использовать проявления хлоритизации и карбонатизации в качестве поисковых и оценочных критериев на оруденение филизчайского типа. При обнаружении кальцитовых метасоматитов в полого падающих нарушениях можно ожидать промышленные рудные скопления. Появление анкеритовых метасоматитов можно считать признаком глубокого эрозионного среза.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ И КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ШАМШАДИНСКОМ И БАЗУМСКОМ РУДНЫХ РАЙОНАХ АРМЯНСКОЙ ССР

1. Шамшадинский и Базумский рудные районы составляют центральные части колчеданосных Алаверди-Кафанской и Севано-Амасийской структурно-формационных зон глубинных разломов Малого Кавказа (Магакьян, Мкртчян), являясь классическими примерами областей бурного развития юрского, мелового и палеогенового вулканизма (и плутонизма) собственно геосинклинального этапа.

2. Специализированные формационно-фациальные исследования с типизацией вулканогенных палеоструктур и рудных формаций рассматриваемых разновозрастных (юрских-меловых в Шамшадине, палеогеновых в Базуме) областей, и выяснение их взаимоотношений с гипабиссальными интрузивами, метасоматизмом и оруденением, связанными с ними, привело к заключению о колчеданосности вулканогенных формаций и их связи с вулканотектоническими сооружениями, - синвулканическими очаговыми структурами. Эти вулканические структуры большинством исследователей принимаются за антиклинории, антиклинали или брахиантиклинали.

3. Выявлено, что вулканотектонические структуры формировались на фоне трассирующих крупных долгоживущих, многократно обновляющихся зон разломов глубокого заложения (Мургузский, Лалигяхский, Базумский и др.).

Колчеданная минерализация и метасоматизм в пределах отдельных рудных полей (Шамшадинское: Хндзорутское, Тавушское, Лалигяхское; Базумское: Дилижанское, Тандзутское, Чибухлинское, Анкадзорское и др.) исследованных рудных районов контролируются теми же многократно и длительно обновляющимися вулканотектоническими (положительными: вулканокупольные и отрицательными: вулканодепрессионные) структурами регионального значения, к которым и приурочены жерловые фации рудоносного вулканогенного комплекса. Последние образуют локально-синвулканические структуры - соответствуют одноименным месторождениям и рудопроявлениям: Зуйг-драгац, Мадани-дзор, Бзкут (средняя юра), Лалигях (верхний мел), Арцруни, Тандзут, Черная речка, Арчут, Арманис, Шагали

(средний эоцен) и др.

4. Установлено, что минерализация в пределах рудных районов и полей локализуется на отдельных палеосооружениях — участках бурного проявления средне-кислого вулканизма (верхний байос, верхний мел, средний эоцен и т.д.), где месторождения ассоциируются с центрами извержений (внутри и возле крыльев вулканов и криптовулканов) андезито-дацитовых, дацито-липаритовых, липаритовых порфиров, которые послужили путями циркуляции и разгрузки син- и поствулканических рудоносных газогидротерм-рассолов, формировавших фации пропилитов и вторичных кварцитов. Оруденение телескопировано, руды характеризуются преимущественно тонкодисперсными колломорфными, метаколлоидными, зернистыми текстурами и структурами.

5. В пределах вулкано-тектонических рудных полей, в локальных синвулканических структурах (независимо от возраста) наблюдается четкая взаимозависимость горизонтальной и вертикальной концентрической и линейной полиасцендентной зональности фаций метасоматитов с минерализацией: а) серноколчеданной и энаргитовой; б) медноколчеданной и в) колчеданно-полиметаллической — баритовой, золоторудной и др., которые сопровождаются соответственно: монокварцевой, кварц-пиррофиллитовой, кварц-серицитовой ($-2M_T$); кварц-серицит ($-2M_T$)-хлоритовой и кварц-серицитовой (IM) фациями изменений. Эти метасоматические фации с определенным составом минерализации представляют собой отдельные (стадийные или пульсационные) проявления единого прерывисто-непрерывного процесса рудоотложения.

6. Установлена одновозрастность колчеданного оруденения с жерловыми, субвулканическими фациями вулканогенных и вулканоплутонических формаций. Возраст ассоциирующих вулканогенных пород и синхронных околорудных метасоматитов по кали-аргоновому методу определен: в пределах 157-167 млн. лет и 42-49 млн. лет и др., что по шкале ОНЗ АН СССР соответствует концу средней юры и среднего эоцена.

7. Наблюдается единая аксессуарно-минеральная, унаследованная местная геохимическая и металлогеническая специализация вулканогенных пород и рудных формаций.

8. Выявленные закономерности размещения колчеданного оруденения и связанных с ними фаций гидротермальных метасоматитов

позволяют по условиям рудообразования исследованные месторождения и рудопроявления отнести к близповерхностным вулканогенно-комбинированным (по классификации В.И.Смирнова, В.Н.Котляра).

9. Взаимообусловленность фаций магматизма, метасоматизма с минерализацией в сочетании с вулкано-тектоническими, очаговыми синвулканическими структурами (на фоне трассирующих, обновляющих региональных зон разломов), являются основными поисковыми критериями для обнаружения скрытого оруденения колчеданного (и золоторудного) типа в пределах Шамшадинского и Базумского рудных районов Арм.ССР.

Подобные исследования следует проводить в пределах отдельных вулкано-тектонических структур рудных районов и полей, в разновозрастных структурно-формационных металлогенических зонах-блоках Армении и смежных областей Кавказа.

Г.А.Саркисян, С.О.Ачикгёзьян, Э.М.Налбандян, К.М.Мурадян
(ИГН АН Арм.ССР)

МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ ЗОН АРМЯНСКОЙ ССР

На территории Армянской ССР главнейшие месторождения колчеданной формации руд локализованы в пределах двух разновозрастных эвгеосинклинальных зон – Сомхето–Кафанской (средняя юра – верхний мел) и Севано–Акеринской (верхняя юра – средний эоцен), соответственно мезозойской и среднеальпийской складчатости.

Основные типы метаморфизма разновозрастных вулканогенных комплексов эвгеосинклинальных зон Арм.ССР следующие (от древних комплексов к молодым):

1. Региональный зеленокаменный поствулканический метаморфизм актинолит–эпидотовой и эпидот–хлоритовой ступеней.
2. Локальный метаморфизм стадии кислотного выщелачивания с образованием полизональных массивов вторичных кварцитов и низкотемпературных (безэпидотовых) пропилитов.
3. Околожильный (рудосопровождающий) метаморфизм: серицитизация, хлоритизация, окварцевание, диаспоризация, пиррофиллитизация, карбонатизация,
4. Региональный зеленокаменный метаморфизм хлорит–карбонат–цеолитовой ступени.
5. Контактный метаморфизм в связи с внедрением гипабиссальных интрузивных комплексов с образованием различных фаций роговиков.

В доорогенной истории развития каждой эвгеосинклинальной зоны происходит формирование примерно однотипной регионально–зональной, вертикальной метаморфической колонны со сменой ранних высокотемпературных минеральных парагенезисов (акт+эп+хл) поздними низкотемпературными (хл+ка+цд+пмп). Особенностью этих колонн является стратифицированность слагающих ее однотипных комплексов изменений и связь их с поствулканической деятельностью различных самостоятельных этапов вулканических циклов.

В соответствии с повторяемостью близких по составу вулканогенных комплексов в вулканическом цикле каждой эвгеосинклина-
ли, устанавливается повторяемость (цикличность) также и в раз-

витии соответствующих комплексов изменений одинаковых ступеней.

На начальных (ранних) стадиях развития разновозрастных эвгеосинклиналей формируется комплекс региональных зеленокаменных изменений актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой ступеней. Типоморфные признаки этого комплекса: а) поствулканический гидротермально-метасоматический генезис, б) преобладающее развитие альбит-эпидот-хлорит-карбонат-кварцевых парагенезисов при подчиненной роли актинолит-эпидотовых (в нижних частях разреза) и пренит-пумпеллит-цеолитовых (в разных частях разреза), в) региональный ("объемный") характер распространения при отсутствии вертикальной и горизонтальной зональности в размещении его продуктов, г) отсутствие пространственной связи с зонами отдельных крупных разломов и палеовулканическими аппаратами, д) генетическая связь с практически недифференцированными андезитовыми вулканогенными комплексами,

С последующими этапами вулканизма (соответственно верхний байос и средний эоцен) происходит локально-площадной газо-гидротермальный метаморфизм стадии кислотного выщелачивания и формирование многостадийного колчеданного оруденения. В эту стадию формируется единая гидротермально-метасоматическая формация полифациальных вторичных кварцитов, сопряженных с ними низкотемпературных (безэпидотовых) пропилитов и собственно рудосопровождающих типов метасоматитов.

Вторичные кварциты и пропилиты проявлены локально в пределах палеовулканических построек и зон разломов, контролирующих размещение последних.

Пропилиты стадии выщелачивания повсеместно окаймляют и подстилают массивы вторичных кварцитов и представлены, в основном, серицит-кварц-хлоритовыми и кварц-хлорит-серицитовыми фациями, содержащими в переменных количественных соотношениях альбит и карбонат в разных частях метасоматической колонки.

Вторичные кварциты развиты в виде изолированных массивов и характеризуются отчетливой вертикальной зональностью в последовательности (сверху вниз) фаций: монокварцевая — алунитовая — каолинитовая (диккитовая) — диаспоровая — пиррофиллитовая — серицитовая. Последняя фация на глубине переходит в пропилиты серицит-хлоритовой фации.

Перечисленный ряд фаций является сводным. Обычно в массивах

вторичных кварцитов, в особенности юрского возраста, развиты отдельные моно-, би- и триминеральные фации (монокварцевая — диккитовая — серицитовая, диаспор-пирофиллитовая — серицитовая и др.). Вопрос истинного возраста алуниносодержащих вторичных кварцитов, редко наблюдающихся в образованиях юрского периода, остается открытым (некоторые данные абсолютного возраста серицитовых кварцитов, участвующих в составе зональности алуниновых кварцитов свидетельствуют о послеверхнеюрском — нижнемеловом возрасте последних (95 млн. лет).

Многостадийное колчеданно-полиметаллическое оруденение локализовано преимущественно в различных внутренних фациях пропицитов и серицитовых, каолининовых и пирофиллитовых вторичных кварцитах.

Наиболее распространенные типы рудосопровождающих изменений — серицитизация, хлоритизация, окварцевание, карбонатизация, реже, диаспоризация, пирофиллитизация, ангидритизация.

Послерудный комплекс изменений связан с формированием соответственно верхнеюрских-нижнемеловых и верхнеэоцен-олигоценых вулканогенных комплексов и представлен малоинтенсивными преобразованиями регионального масштаба — региональными зеленокаменными изменениями безэпидотовой хлорит-карбонат-цеолит-пренит-пумпеллитовой ступени.

Внедрением гипабиссальных интрузивных массивов габбро-диорит-гранодиоритовой формации завершается собственно геосинклинальный этап развития эвгеосинклиналией, в результате чего вулканы в экзоконтактных зонах подвергаются ороговикованию, в основном, амфибол-эпидотовой ступени. В редких случаях интрузивы (исключительно третичные) контактируют с уже существовавшими полями развития вторичных кварцитов; здесь в экзоконтактных полосах интрузивов среди вторичных кварцитов наблюдаются корунд-, андалузит-, силлиманит-, реже топаз- и джортъеритсодержащие парагенезисы с серицитом и кварцем.

В свете вышеизложенного устанавливаются некоторые общие для разновозрастных эвгеосинклиналией закономерности развития вулканизма, гидротермального метаморфизма и оруденения.

Одинаковые по геологической позиции в тектоно-магматической истории развития эвгеосинклиналией вулканогенные комплексы, независимо от их возраста, подвергаются зеленокаменному и пропи-

итовому метаморфизму одинаковых ступеней.

Температурно-глубинные ступени пропилитизации (и зеленокаменного метаморфизма) имеют сходное направленное развитие (независимо от возраста самого процесса), но характеризуются и некоторыми "провинциальными" особенностями.

Тесная пространственная приуроченность колчеданного оруденения к метасоматитам стадии кислотного выщелачивания в разновозрастных вулканогенных комплексах при единообразном последовательном развитии вулканизма и поствулканических гидротермально-метасоматических процессов позволяет предполагать и парагенетическую связь колчеданного оруденения с заключительными этапами развития очагов раннегеосинклинального вулканизма.

Г.А.Саркисян, Р.Н.Зарьян, Р.А.Саркисян,
А.И.Карапетян, Э.М.Надбандян
(ИГН АН Арм.ССР)

О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ МЕТАСОМАТИТОВ ДАЙКОВЫХ ПОРОД И ОРУДЕНЕНИЯ КАФАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Выяснение возрастных и генетических соотношений медно-полиметаллического оруденения Кафанского месторождения проведено на основе сравнительного изучения возрастных взаимоотношений разнообразных по составу и возрасту дайковых образований с различными типами метасоматически измененных вулканогенных пород. Используются также минералогические, радиологические, термометрические, электронографические данные по магматическим и гидротермально-метасоматическим породам и минералам.

В пределах юрской вулканогенной формации рудного поля наблюдается региональная вертикальная зональность, выраженная в стратифицированности разнотипных комплексов изменений в отдельных ярусах юрского периода в связи с поствулканической гидротермально-метасоматической деятельностью различных этапов юрского вулканического цикла.

В Кафанском рудном районе выделено 4 магматических комплекса, каждый из которых характеризуется специфическим комплексом постмагматических гидротермально-метасоматических изменений.

1. Нижнебайосский комплекс (эффузивные - андезиты-базальты, андезиты и их лавобрекчии; дайковые - диабазы, андезиты; интрузивные - габбро, плагиограниты, гранофиры) подвержен процессам поствулканической региональной пропилитизации эпидот-хлоритовой ступени без явных признаков вертикальной и латеральной зональности в распределении слагающих ее парагенезисов.

2. Верхнебайосский комплекс (эффузивные - андезиты, андезиты-дациты, дациты; субвулканические - кварцевые дациты; жильные диабазы) охвачен локально проявленными процессами низкотемпературной (безэпидотовой) пропилитизации, сопряженной с формированием полифациальных массивов вторичных кварцитов (монокварцитовые, алунитовые, диккитовые, диаспор-пирофиллитовые, серицитовые). В отношении колчеданного оруденения пропилиты и вторичные кварциты являются предрудными образованиями и были сформированы

в заключительном этапе верхнебайосского вулканизма (после внедрения субвулканических кварцевых дацитов и жильных диабазов).

3. Верхнеурско-средневаланжинский комплекс (эффузивы и корни их излияний — диабазы, андезиты; субвулканические кварцевые дациты, липарито-дациты, липариты) характеризуется слабо проявленной поствулканической региональной пропилитизацией низкотемпературной хлорит-цеолит-пумпеллиит-селадонит-пренитовой ступени.

4. Неокомский интрузивный комплекс в пределах рудного поля представлен дайкообразными и штокообразными телами габбро-диабазов, диорит-порфиритов и микродиоритов, которые залегают в различных частях стратиграфического разреза с вышеописанной вертикальной зональностью метасоматитов.

Фактические данные и анализ возрастных взаимоотношений даек различного состава с вмещающими их вулканитами, метасоматически переработанными в различных условиях давлений и температур, позволяют выделить соответствующие отдельным магматическим комплексам четыре возрастные группы, которые в отношении оруденения имеют как дорудный, так и пострудный характер.

Сравнительное изучение даек основного состава позволило установить следующие их возрастные типы:

а) дайки эпидотизированных диабазов и габбро-диоритов нижнебайосского возраста;

б) дайки диабазов верхнебайосского возраста, измененные в хлорит-карбонатной и кварц-серицитовых ступенях (в соответствии с типом предрудного и околорудного метасоматизма);

в) дайки габбро-диабазов послеверхнеурского возраста, измененные в хлорит-цеолит-пренит-карбонатной ступени.

Наибольший интерес представляют возрастные соотношения оруденения с заведомо послеверхнеурскими дайками основного состава, так как они являются своеобразными "реперами" для установления верхнего или нижнего возрастного пределов оруденения.

Детальными исследованиями контактовых взаимоотношений даек основного состава с рудами и гидротермальными метасоматитами установлено, что дайки среднеурского возраста являются соответственно до- и предрудными, а дайки послеверхнеурского возраста — пострудными образованиями.

Пострудный характер диабазовых и габбро-диабазовых даек

послеверхнеюрского возраста в отношении медноколчеданных руд установлен на основе явлений контактового метаморфизма руд. Выделены три типа контактового метаморфизма руд: механический, термический и гидротермально-метасоматический.

Интенсивность и характер контактового метаморфизма руд в зависимости от конкретных условий (мощность даек, минеральный состав руд и т.д.) могут быть совершенно разными.

Механическое воздействие даек на руды обусловлено формированием трещин, вмещающих дайки, и выражено в раздроблении пирита, образовании многочисленных трещин катаклаза и изменении ориентировки оптической оси жильного кварца. Эти явления наиболее интенсивно проявлены вдоль структур, образовавшихся в условиях сжатия.

Термальный метаморфизм руд выражен в диссоциации, перестройке и замещении одних сульфидов (пирит, борнит и др.) другими (пирротин, халькопирит и др.) в результате "сухого" перегрева руд. Вынос рудных компонентов приводит к образованию зон разубоживания вдоль пострудных даек.

Гидротермально-метасоматические изменения колчеданных руд выражены в метасоматическом замещении сульфидов окислами железа-гематитом, магнетитом, в образовании молибденита и других минералов, выпадающих из гидротермальных растворов, связанных с пострудными дайками.

Термометрические данные (метод декрепитации) образцов рудного кварца, отобранных непосредственно у лежачего контакта габбро-диабазовой дайки и на удалении от него, также приводит к заключению о пострудности дайки.

Термоэлектродвижущая сила (ТЭДС) пиритов из рудной массы (на контакте с габбро-диабазовой дайкой) и их тонких прожилков, проникающих в дайку, разная.

Для определения возраста оруденения важное значение имеют структурные данные. Жильные трещины отрыва строго приурочены к среднеюрской вулканогенной толще и полностью отсутствуют в вулканитах келловей-оксфорда, что, на наш взгляд, может свидетельствовать о доверхнеюрском возрасте образования этих трещин и о том, что в верхнеюрское время перемещений по ним не происходило, в отличие от крупных разрывных нарушений, ограничивающих тектонические блоки. В различных тектонических блоках рудного поля

существуют выдержанные параллельные субширотные системы рудовмещающих трещин, что указывает на их близодновременное образование вслед за формированием среднеюрской вулканогенной толщи, в условиях преобладающего воздымания.

Строгая стратифицированность колчеданного оруденения и вторичных кварцитов в среднеюрской вулканогенной толще, сопряженность процессов оруденения и метаморфизма в доверхнеюрское время, данные абсолютного возраста предрудных серицитовых вторичных кварцитов (153 ± 2 млн. лет) и собственно околорудных серицитов, сопряженных с формированием руд полиметаллической стадии — завершающей рудной стадии процесса медно-полиметаллического оруденения (149 млн. лет по методу изотопного разбавления), пострудный возраст даек основного состава послеверхнеюрского-неокомского возраста и ряд других данных, позволяют связывать промышленное оруденение Кафанского рудного поля с заключительной постагматической стадией развития очагов среднеюрского магматизма.

Н.А. Андриянова, П.И. Пирожок, И.А. Хайретдинов
(ИГ Башкирского филиала АН СССР)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУД
И ОКОЛУРУДНЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МЕДНО-
КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Условия образования колчеданных руд и генетически связанных с ними гидротермально-метасоматических изменений во вмещающих породах, так же как их временные соотношения, изучены далеко недостаточно. В частности, остаются не использованными возможности, связанные с исследованием газово-жидких включений (ГЖВ) в минералах.

Целью работы, которую представляет реферат по данным, полученным с помощью ГЖВ в минералах, было выявить температурные условия околорудных гидротермально-метасоматических изменений, формирования и метаморфизма рудных тел.

Объектами для исследования явились медноколчеданные месторождения Узельгинское, им. XIX Партсъезда и Учалы, приуроченные к восточному крылу Магнитогорского метасинклинория, в его северной части, сложенной вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами нижнего и среднего палеозоя.

Оруденение концентрируется в известняках, альбитофирах, липаритовых и дацитовых порфиритах, их обломочных разностях и миндалекаменных базальтовых порфиритах на глубинах от 0 до 600 м. Руды месторождений сложены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, в меньшей степени теннантитом, галенитом, пирротином и другими рудными минералами. Вмещающие оруденение породы вокруг рудных тел гидротермально-метасоматически изменены: хлоритизированы, серицитизированы, окварцованы.

Аналізу методом гомогенизации подвергнуты тонкие сколы прозрачных минералов, находящихся в парагенетической ассоциации с рудными минералами, а также прозрачные минералы, не замещенные рудой и вторичными минералами, но подвергнутые действию рудного процесса или гидротермально-метасоматических изменений.

Полученные данные сведены в таблицу I, из которой следуют выводы:

I. Температура образования колчеданных руд и околорудных

Температура гомогенизации ГЖВ в минералах
медноколчеданных месторождений Южного Урала

Таблица I

Месторож- дение	Минеральная ассоциация	Пределы температур го- могенизации ГЖВ, °С
Узелькинское	Кварц-хлоритовая	55-128
	кварц-серицитовая	67-128
	кварцевая дорудная	100-142
	кварц-хлорит-пиритовая	107-210
	кварц-серицит-пиритовая	72-165
	кварц-пиритовая	92-173
	пиритовая	82-220
	халькопирит-пиритовая	102-237
	халькопирит-сфалерит-пиритовая	57-255
	сфалерит-барит-пиритовая с повышенной ролью галенита	100-310
кварц-карбонатная пострудная	70-187	
им. XIX парт- съезда	кварц-серицит-пиритовая	167-175
	халькопирит-пиритовая	160-250
	халькопирит-сфалерит-пиритовая	140-250
	сфалерит-барит-пиритовая с повышенной ролью галенита	120-262
	кварц-кальцит-теннантитовая	120-262
Учалы	пиритовая	120-195
	халькопирит-пиритовая	80-260
	халькопирит-сфалерит-пиритовая	102-292
	сфалерит-барит-пиритовая с по- вышенной ролью галенита	120-260

гидротермально-метасоматических изменений соответственно аналогична на всех рассмотренных месторождениях и существенно зависит от глубины залегания рудных тел, вмещающих орудененные породы и времени отложения руд.

2. Температура гидротермальных растворов, приведших к гидротермально-метасоматическим изменениям пород и рудоотложению, постепенно повышалась.

3. Гидротермально-метасоматические изменения рудовмещающих пород — серицитизация, хлоритизация, окварцевание на медноколчеданных месторождениях проходили при близких температурах раствора, во всех случаях ниже 140°C .

4. Отложение основной массы пирита происходило из следующих порций гидротермальных растворов при температуре до $200-220^{\circ}\text{C}$.

5. Гидротермально-метасоматические изменения пород и отложение серноколчеданных руд предшествовало отложению минералов продуктивных рудных минеральных ассоциаций — халькопирита, сфалерита, галенита, теннантита, отлагавшихся последовательно из растворов при температуре до $260-310^{\circ}\text{C}$.

6. Наличие явно пострудных кварц-карбонатных прожилков на месторождениях, образование которых происходило при температуре до 190°C , а также низкотемпературных включений в минералах всех минеральных ассоциаций, свидетельствует о деятельности последнего регионального метаморфизма, поэтому данные пункта 3 следует воспринимать с осторожностью.

О РОЛИ ПОЗДНИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ
МЕТАСОМАТИТОВ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с процессами вулканизма ранних стадий геосинклинального развития, характеризуются обширными ореолами гидротермально измененных пород. Эти образования достаточно разнообразны, причем для ряда месторождений установлено, что вариации в составе и строении этих ореолов обусловлены главным образом индивидуальными особенностями процесса оруденения, его стадийностью и первичной специализацией рудообразующих растворов. В то же время сопоставление целого ряда месторождений, локализованных в различных структурно-фациальных зонах, позволяет установить отчетливую связь состава метасоматитов с факторами послерудного изменения месторождений, выразившегося в наложении последующих процессов зеленокаменного, динамического, динамотермального метаморфизма и др., которые приводят к существенным преобразованиям химического и минерального состава метасоматитов.

2. Сравнительный анализ гидротермально измененных пород некоторых южноуральских и рудноалтайских месторождений (Блявинского, им. XIX Партсъезда, Гайского, Ащebutакского, Тишинского, Риддер-Сокольного, Стрежанского, Гуслияковского и др.) показывает, что общим для них, как и для подавляющего большинства подобных месторождений, является преимущественно кварц-серицит-хлоритовый состав метасоматитов. Однако в ряде месторождений Ю.Урала и Рудного Алтая в пробах серицитов выявлены реликты гипогенного каолинита и разбухающей фазы (монтмориллонита), а также наличие в них смешаннослойных образований (Ащebutакское, им. XIX Партсъезда, Гайское, Блявинское, Тишинское и др.).

3. Отмечается отчетливая зависимость количества реликтовых глинистых минералов и состава метасоматитов от проявления различных метаморфизирующих факторов. Так, на Тишинском месторождении в составе кварцево-серицитовых пород глинистые минералы полностью исчезают по мере приближения к участку развития послерудных калишпатовых метасоматитов, при этом наблюдается по-

следовательный ряд изменения структурных примесей в сериците: каолинит - разбухающая фаза (монтмориллонит) - диккит - серицит (мусковит).

На месторождении им. XIX Партсъезда установлено исчезновение глинистых минералов в составе кварцево-серицитовых пород на контакте их с субвулканическими телами кислого состава, которые в свою очередь в дальнейшем также претерпели стадию кварцево-серицитового изменения.

На Адебутакском рудном поле каолинит и гидрослюда в значительных количествах отмечаются только в связи с проявлениями позднего полиметаллического этапа оруденения, продукты которого локализованы в вулканогенных толщах, не подвергшихся скольконибудь существенному метаморфизму нагрузки, тогда как в кварцево-серицитовых породах раннего колчеданного этапа, подвергшихся вместе с вмещающими их породами метаморфизму фации зеленых сланцев, глинистые минералы отсутствуют.

4. Наличие реликтовых глинистых минералов и присутствие наряду с хорошо оформленными в структурном плане серицитами смешаннослойных фаз свидетельствует о том, что первоначально облик метасоматитов больше соответствовал продуктам фумарольно-сульфатарного типа. В пользу этого свидетельствует и тот факт, что глинистые минералы, реликты которых отмечаются в метасоматитах колчеданных месторождений палеозойского возраста, значительно шире распространены на месторождениях более молодого возраста.

5. В свете изложенного очевидно, что минеральные ассоциации и их взаимоотношения, наблюдаемые в метасоматитах колчеданных месторождений, в значительной степени являются результатом поздних процессов преобразования, которые в ряде случаев искажают первоначальные взаимоотношения. С этих позиций обычно фиксируемая более поздняя кристаллизация серицита по отношению к хлориту может быть объяснена преобладанием на ранних стадиях в реагирующих с глинистыми минералами растворах катионов железа, магния, кальция, что и приводит в результате ионно-обменных реакций к скорейшему и преимущественному образованию хлорита, в то время как образование серицита связано с более поздним неравномерным и непостоянным во времени усилением роли калия в этих растворах. Появление парагонита, который характерен для ураль-

ских месторождений и практически отсутствует в рудноалтайских месторождениях, обусловлено большей активностью натрия в ходе собственно регионального метаморфизма, связанной с региональной петрохимической специализацией вмещающих вулканогенных толщ.

И.С.Вахромеев, В.П.Клемин, К.А.Уразаев, А.К.Тимергазина
(ИГ Башкирского филиала АН СССР, БГГУ)

УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ТЕЛ И ЗОНАЛЬНОСТЬ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Рудные тела южноуральских колчеданных месторождений, залегающих в палеозойских пологолежащих натровых липарито-базальтовых комплексах, большей частью локализованы в приконтактных зонах кислых субвулканических интрузивов. В каждом рудном поле, как правило, устанавливается несколько поколений кислых субвулканических тел. Колчеданные руды обычно ассоциируют с более поздними из них, чаще всего представленными дацитовыми или андезито-дацитовыми порфирами. Выступая в роли предрудных интрузий, эти тела в эпоху гидротермально-метасоматического колчеданного рудообразования имели значительно более высокую температуру сравнительно с окружающими породами и создавали термоградиентные поля, в большей мере инъецировавшие движение гидротерм и рудоотложение.

Типичны два случая расположения колчеданных руд относительно предрудных субвулканических порфиров: 1) колчеданные залежи в экзоконтакте почвы пологолежащих пластовых субвулканических тел (месторождения Октябрьское, Юбилейное, Восточно-Кузнецкое, Таш-Тау), реже - колчеданные жилы и штоки, прилежащие к контакту крутопадающих субвулканических даек и линз (Учалы, Семеновское, Юлаинское месторождения); 2) колчеданные тела в кровле этмолитов андезито-дацитовых порфиров (месторождение им. XIX Партсъезда, Узельгинское, Бакр-Тау, Майское).

Для всех выделенных типов колчеданных тел характерна единая в общем вертикальная зональность оруденения, заключающаяся в смене снизу вверх по направлению движения рудообразующих растворов серно-колчеданных руд медистоколчеданными, затем - медисто-цинковистыми и цинковистыми (часто с галенитом) колчеданами.

Главные пути поступления гидротерм к окооинтрузивным участкам их разгрузки фиксируются уходящими от рудных тел на глубину по зонам тектонической трещиноватости протяженными крутопадающими шлейфами метасоматических серицито-кварцевых и

серицито-хлорито-кварцевых пород. Последние вместе с рудами заключены в зонально-построенном ореоле частично измененных метасоматозом пород в основном являющихся продуктом неполного кислотного выщелачивания и переотложения петрогенных компонентов рудовмещающих толщ в токе фильтрующихся гидротерм.

На оригинальной установке авторами экспериментально воспроизведено сульфидное рудоотложение из горячих сернистых металлонесных растворов в тепловом градиентном поле нагревателя (\uparrow нагрева до 1000°C). При этом отмечены и характерные в морфогенетическом отношении изменения вмещающей пористой среды.

А.Г.Жабин, Н.А.Пирижняк, Н.С.Самсонова
(ИМГРЭ, ЦНИГРИ)

РУДОКЛАСТОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОМ КОЛЧЕДАННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ СИБАЙ НА УРАЛЕ

Рудное тело Нового Сибая состоит из трехэтажно-расположенных линз сплошных сульфидных руд, соединенных в местах наибольших выпуклостей. Каждая из линз залегает согласно с кислыми вулканитами среднего девона (эйфель, карамальташская свита). Методом картирования полей генетически однородных текстур в рудных телах было доказано, что в период сульфидоотложения рудные тела залегали вместе с вмещающими их кислыми вулканитами субгоризонтально.

Центральные части линз сложены массивными рудами, выклинки — слоистыми с отчетливыми признаками осадочного отложения (ритмичность, оползневые явления, конвективные текстуры, присутствие кремнисто-гематитовых и кремнисто-хлоритовых оолитов и др.). В кровле каждой из линз и в осадочных рудах выклинок присутствуют рудокласты, источником которых были сами рудные тела. Исследования рудокластов, произведенные С.Н.Ивановым, С.А.Рокачевым, В.А.Прокиным и авторами, доказали обломочную природу их основной массы.

Изучение состава и строения рудокластов показало, что при размыве нижней и средней линз разрушению подвергались пиритовые руды с наложенным халькопиритом. Сфалерит выделился позже: в средней линзе фланги сложены целиком рудами, представляющими специфическую фацию рудоотложения: обильные халькопирит-пиритовые зернистые рудокласты размером в среднем 5–15 см сцементированы слоистым экскаляционно-осадочным пирито-сфалеритовым цементом. Наиболее глубокий размыв рудного тела совпал с периодом завершения фазы кислого вулканизма. В обломки попали не только пиритовые, но и пирит-сфалеритовые, сфалеритовые и пирит-халькопиритовые массивные и "метакolloидные" руды, т.е. все типы руд, кроме слоистых халцедоно-пиритовых осадочных, которые не были вскрыты эрозией. В результате образовался сложно построенный слоистый горизонт кислого состава с рудокластами, составлявший основной объем руд Старого Сибая и полно представленный в над-

рудном пространстве Нового Сибая. Подводный размыв верхней линзы продолжался и в начале фазы базальтоидного вулканизма до тех пор, пока она не была перекрыта базальтоидными туфами и агломератами. В результате отдельные их слои сильно обогащены рудокластами.

Приведенные факты убеждают, что рудные линзы, расположенные друг над другом, возникали и росли последовательно.

Пример месторождения Сибай показывает - насколько масштабным может быть подводное разрушение тел сульфидных руд и насколько широк латеральный разброс сульфидного кластического материала.

В.П.Логинов, М.М.Аракелянц, Б.П.Градусов,
Е.И.Ломейко, Р.Г.Мхитарян, Г.О.Пилоян
(ИГЕМ, Почвенный ин-т, ИГН АН Арм.ССР)

ВАРИАЦИЯ КАЛИ-АРГОНОВОГО ВОЗРАСТА СЕРИЦИТОВ
НА МЕТАМОРФИЗОВАННОМ КОЛЧЕДАННОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
ЛЕВИХА X (СРЕДНИЙ УРАЛ) И ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ ОРУДЕНЕНИЯ

1. Левихинские колчеданные месторождения размещаются среди вулканитов Кировоградской диабаз-альбитофировой формации, имеющей предположительно венлок-нижнелудловский возраст. Около рудных тел эти вулканиты превращены в кварц-серицитовые и кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты.

2. Послерудный возраст этих даек был доказан специальными исследованиями их контактовых взаимоотношений с колчеданными телами (Логинов, 1960; Логинов и др. 1963, 1968). Таким образом, геологический возраст Левихинских колчеданных месторождений следует считать, по крайней мере, донижнедевонским, т.е. по принятой в СССР геохронологической шкале древнее чем 410 ± 10 млн. лет.

3. Послерудные вулканогенные толщи района подверглись зеленокаменному региональному метаморфизму в условиях актинолит-пумпеллиитовой ступени пренит-пумпеллиитовой фации (Логинов, 1969). Рудовмещающие же диабаз-альбитофировые толщи более глубокой части разреза и послерудные дайки порфиритов среди руды были рассланцованы и метаморфизованы в условиях эпидот-актинолитовой ступени зеленосланцевой фации. Следовательно, в этих же последних условиях были метаморфизованы и околорудные кварц-серицитовые породы и колчеданные руды.

4. В результате произведенных в Лаборатории абсолютного возраста ИГЕМ АН СССР (М.М.Аракелянц и др.) определений кали-аргонового возраста серицитизированных пород в 9-ти пробах, взятых В.П.Логиновым из разных мест небольшого рудничного карьера месторождения Левиха X, выявился значительный разброс цифр возраста серицитов: 404 ± 12 , 368 ± 16 , 356 ± 12 , 348 ± 14 , 344 ± 14 , 316 ± 14 , 302 ± 14 , 296 ± 12 и 278 ± 20 млн. лет. В 3-х других пробах, ранее взятых В.П.Логиновым из кварц-серицитовых пород того же карьера, в Лаборатории абсолютного возраста Горно-геологического института УФАН СССР были определены значения кали-аргонового воз-

раста - 395, 355 и 345 млн.лет (Овчинников, 1963).

5. Из полученных цифр кали-аргонового возраста наиболее близки к вероятному геологическому возрасту Левихинских месторождений лишь цифры 404 ± 12 млн.лет (ИГЕМ АН СССР) и 395 млн.лет (ГТИ УФАН СССР) из проб, взятых в непосредственных контактах с колчеданной рудой. Разброс и меньшие величины остальных цифр могут естественно объясняться наложением на кварц-серицитовые метасоматиты регионального метаморфизма зеленосланцевой фации. Признаки этого метаморфизма серицитов были установлены нами как под микроскопом в виде проявлений неравномерной перекристаллизации и субпараллельной переориентировки листочков серицита вдоль сланцеватости, так и с помощью исследования отмученных слюдястых фракций специальными методиками - рентгенодифрактометрической (Б.П.Градусов), электронографической (Р.Г.Мхитарян), термографической (Г.О.Пилоян), а также химическими анализами (Е.И.Домейко)

6. Две пробы серицитизированных пород, характеризующихся относительно молодым кали-аргоновым возрастом (302 ± 14 и 296 ± 12 млн.лет) были взяты из двух тонких даек плагиоклазового порфирита, секущих с резкими контактами пиритную руду западной стенки карьера. Поскольку дайки аналогичных плагиоклазовых порфиритов на соседних Левихинских месторождениях являются определенно послерудными, то и серицит из этих двух даек, не сопровождающийся вкрапленностью сульфидов, должен считаться тоже послерудным. Он возник, по-видимому, при региональном метаморфизме плагиоклазовых порфиритов. Особенностью термограммы этого серицита является присутствие интенсивного низкотемпературного (при 120°C) эндотермического эффекта наряду с более высокотемпературным (при 560°C), отсутствующего или очень слабо выраженного в термограммах более древних серицитов. Для химического состава этого серицита характерно высокое содержание $\text{Na}_2\text{O} = 2,83$ вес.% при $\text{K}_2\text{O} = 3,78$ вес.%, что объясняется значительной примесью в нем парагонита, выявленной дифрактометрическим и электронографическим исследованиями. Аналогичные особенности термограммы и химического состава характерны и для серицита той пробы из рудовмещающих кварц-серицитовых пород, которая отличается наиболее молодым кали-аргоновым возрастом (278 ± 20 млн.лет).

7. Как видим, кали-аргоновый возраст этих серицитов соответствует кульминации абсолютного возраста (270-305 млн.лет) верхнепалеозойских метаморфических пород, гранитогнейсов и ка-

лиевых гранитов восточного склона Урала (Овчинников, 1963). Следовательно, омоложение кали-аргонового возраста околорудного серицита в ряде изученных проб может объясняться значительной примесью к нему позднейшего метаморфогенного серицита, появление которого сопровождалось новообразованием парагонита. Парагонит, необычный для рудовмещающих серицитовых пород из более молодых колчеданных месторождений, не испытавших регионального метаморфизма (Мхитарян, 1972; Зотов, Русинов, 1975), обнаружен и во всех остальных изученных пробах серицитов.

8. Кроме того, можно допускать некоторую неодинаковую в разных пробах потерю радиогенного аргона из первично-гидротермальных серицитов карьера Левижи X вследствие их неравномерной перекристаллизации при воздействии метаморфизирующих растворов давлений и относительно высоких температур (по данным опытов Кн. Nitsch 1969 - около $360-370^{\circ}\text{C}$ при 4-7 кб. давления). О метаморфизме этих серицитов свидетельствует и отсутствие у них смешанно-слоистых структур, а в их термограммах - низкотемпературных эндотермических эффектов - признаков, весьма характерных для рудовмещающих серицитов из неметаморфизованных колчеданных месторождений (Зотов, Русинов, 1975). Отсутствие же новообразования смешаннослойных структур у изученных метаморфизованных слюд свидетельствует, согласно данным Л.Н.Овчинникова и Ф.П.Буслаева (1967), против возможного удрежнения их кали-аргонового возраста.

Таким образом, лишь максимальные значения кали-аргонового возраста изученных серицитов (395-404 млн. лет) оказались более или менее близкими к истинному геологическому возрасту оруденения Левижинских месторождений, указывая, что он не моложе нижнего девона.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ХАРАКТЕРА ОКОЛОРУДНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-
МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КОЛЧЕДАНОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА

В пределах рудных полей всех месторождений колчеданной формации широко проявлены процессы гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород с отчетливо выраженной околорудной зональностью.

Принципиальная схема метасоматической колонки может быть представлена в следующем виде: I. Метасоматические зоны, А. Метасоматиты: 1) рудные тела; 2) кварциты с высокоглиноземистыми силикатами; 3) серицитовые; 4) серицит-кварцевые и 5) серицит-хлорит-кварцевые породы; 6) хлорититы; 7) хлорит-кварцевые и 8) тальк-карбонатные породы; Б. Частично измененные породы: 9) серицитизированные; 10) окварцованные; 11) окварцованные и хлоритизированные; 12) хлоритизированные; 13) цеолитизированные; 14) эпидотизированные; 15) ожелезненные (гематитизированные) и 16) магнезиально-железистые карбонатизированные (сидерит, анкерит, брейнерит, железистый доломит) породы. П. Гидротермальные изменения, не образующие сплошных зон или образующие их в единичных случаях: 1) баритизация; 2) карбонатизация (кальцитизация); 3) апатитизация.

Интенсивность проявления и характер околорудных изменений, а соответственно и зональности, на конкретных объектах могут существенно различаться, вплоть до полного выпадения из разреза одной или нескольких из упомянутых зон, что обусловлено рядом факторов, главнейшими среди которых являются: 1) особенности конкретного геологического строения месторождения; 2) глубинность и физико-химические условия минералообразования; 3) стадийность процессов колчеданного рудообразования. Последний фактор нередко является определяющим, т.к. характер и масштабы проявления послесернсколчеданных стадий минерализации находятся в прямой зависимости от продолжительности — интенсивности гидротермально-метасоматических процессов и состава флюидов. В то же время в околорудном пространстве месторождений колче-

данной формации можно выделить "сквозные" типы околорудных изменений, а соответственно и зоны в околорудной колонке (подобно тому, как в рудах выделяются "сквозные" стадии минерализации и минеральные ассоциации), которые прослеживаются на всех, без исключения, месторождениях. К ним относятся: I. А. Метасоматиты: 1) серицит-кварцевые породы; 2) серицит-хлорит-кварцевые и 3) хлорит-кварцевые породы; Б. Частично измененные породы: 4) серицитизированные; 5) хлоритизированные; 6) эпидотизированные и 7) ожелезненные (гематитизированные) породы; II. I) карбонатизированные (кальцитизированные) породы.

Остальные типы околорудных изменений, а соответственно и зоны околорудной зональности, характерны лишь для отдельных месторождений. Установлена тесная пространственно-парагенетическая связь отдельных типов околорудных изменений с соответствующими типами руд (стадиями рудообразования и минеральными ассоциациями). Примерами таких пар являются: 1) магнезиально-железистая карбонатизация - пирротиновая минерализация; 2) цеолитизация - марказитовая минерализация; 3) ассоциация барит-анальцим-бариевый алюмосиликат - золото-полиметаллическая и золото-сульфидно-баритовая колчеданная минерализация. Намечающийся типоморфизм околорудных изменений имеет несомненное прогнозно-поисковое значение.

Задачей дальнейших исследований по выяснению причинной взаимосвязи околорудных изменений и вещественного состава руд является углубленное изучение типоморфизма рудных и нерудных гидротермальных минералов, а также различных типов околорудных изменений. Решение этих вопросов будет иметь важное прикладное и теоретическое значение.

Сопко П. Ф.

(ИГ Башкирского филиала АН СССР)

СВЯЗЬ МАГМАТИЗМА, МЕТАМОРФИЗМА И ОКОЛОРУДНОГО
МЕТАСОМАТОЗА В КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ РУДНЫХ РАЙОНАХ
(НА ПРИМЕРАХ ЮЖНОГО УРАЛА И МАЛОГО КAVКАЗА)

1. При анализе связей регионального зеленокаменного метаморфизма и околорудного метасоматоза между собой и с магматической деятельностью необходимо учитывать: а) генеральное развитие прямых регрессивных рядов метаморфических фаций в раннегеосинклинальном разрезе; б) повторяемость рядов метаморфических фаций в случаях повторного накопления раннегеосинклинальных вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ в последовательно возникавших и развивавшихся структурно-формационных зонах в пределах одной и той же эвгеосинклинальной области; в) относительно равномерное проявление по вертикали и латерали определенных ступеней регионального зеленокаменного метаморфизма в различных частях разреза раннегеосинклинальных вулканогенных толщ; г) резкое затухание метаморфических изменений в осадочных породах, образующих прослой в вулканогенных толщах или перекрывающих и замещающих последние фациально; д) отсутствие зависимости интенсивности регионального метаморфизма от определенных элементов геологической структуры и от конкретных интрузивных магматических тел, связанных с раннегеосинклинальными вулканогенными формациями; е) локальное проявление околорудного метасоматоза и колчеданной минерализации, преимущественную приуроченность их к определенным частям раннегеосинклинального разреза и отчетливый контроль их структурными и магматическими элементами.

2. Перечисленные особенности проявлений регионального зеленокаменного метаморфизма, околорудного метасоматоза и гидротермально-метасоматического и гидротермально-осадочного колчеданного оруденения являются свидетельством:

а) связи региональных зеленокаменных метаморфических изменений с формированием определенных раннегеосинклинальных вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ; б) преимущественном проявлении зеленокаменного метаморфизма в завершающие этапы образования раннегеосинклинальных вулканогенных формаций; в) определен-

ного отрыва во времени околорудного метасоматоза и большей части проявлений колчеданного оруденения от региональных зеленокаменных изменений; г) сложных соотношений околорудного метасоматоза и колчеданного оруденения с магматическими и зеленокаменными метаморфическими процессами во времени и пространстве.

3. На Южном Урале региональные зеленокаменные изменения наблюдаются в силурийско-нижнедевонских вулканогенных толщах, развитых преимущественно в Сакмаро-Вознесенской, Таналыкской и Ирландской структурно-формационных зонах западного крыла Магнитогорского мегасинклинория и в среднедевонских вулканогенных формациях Сибайско-Гайской зоны того же западного крыла этой структуры, Учалинско-Александринской зоны и других колчеданосных рудных районов ее восточного крыла. В основании как силурийско-нижнедевонской, так и, в меньшей мере, среднедевонской групп раннегеосинклинальных вулканогенных формаций залегают недифференцированные базальтовые вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи, в верхах этих групп также недифференцированные вулканогенные и вулканогенно-осадочные свиты андезит-базальтового и андезитового состава. Средняя часть обеих групп представлена колчеданосными контрастными базальт-липаритовыми, иногда последовательными базальт-андезит-дацит-липаритовыми формациями, сопровождающимися большим количеством субвулканических пород преимущественно кислого состава.

Характерным и в первой и во второй группе формаций является переход от более высокотемпературных ступеней (с актинолитом) зеленокаменного метаморфизма, проявляющихся в низах разреза и в нижней части каждой слагающей ее формации, к более низкотемпературным ступеням (пумпеллитовой, пренитовой) в верхах разреза группы в целом и отдельных формаций. В вулканогенных и вулканогенно-осадочных формациях структурно-формационных зон Малого Кавказа Сомхето-Карабахской (средняя-верхняя юра), Болнисской (верхний мел) и Севано-Акеринской (средний эоцен). Высокотемпературные ступени зеленокаменного метаморфизма проявляются в низах разреза зон и формаций, более низкотемпературные — в верхах, достигая максимальной интенсивности в слагающих средние части раннегеосинклинального разреза колчеданосных вулканогенных формациях.

4. Для последних и на Южном Урале, и на Малом Кавказе характерно проявление, наряду с изохимическими в целом актинолит-пумпеллитовой и пумпеллитовой ступенями зеленокаменного метаморфизма, аллохимической хлорит-эпидотовой ассоциации, подчеркивающей преобладающую, хотя и сложную, связь метаморфических и метасоматических процессов. Отсутствие прямых метасоматических колонок вокруг отдельных субвулканических и гипабиссальных тел и контроль проявлений околорудного метасоматоза и колчеданного оруденения структурными элементами (прежде всего, длительно развивающимися разрывными нарушениями раннего заложения) свидетельствуют о параллельном ходе гидротермальных процессов и формирования интрузивных фаций колчеданосных формаций. На Южном Урале, где колчеданосные формации имеют главным образом относительно простой базальт-диабазитовый состав, развиты преимущественно собственно колчеданные - халькопирит-пиритовые и халькопирит-сфалерит-пиритовые месторождения, образовавшиеся в соответствующих зонах, либо в конце силура - начале девона, либо в конце среднего девона. На Малом Кавказе, в особенности, в Сомхето-Карабахской зоне, где колчеданосные формации обладают более сложным составом, характерным для непрерывных серий, и сопровождаются сложными субвулканическими и гипабиссальными комплексами с длительной историей формирования (в Сомхето-Карабахской зоне - от позднего байоса до конца поздней юры или начала раннего мела), развит более полный ряд собственно колчеданных, колчеданно-полиметаллических и барито-полиметаллических месторождений.

ОБЩАЯ ГЕОЛОГО-МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОН БАЗАЛЬТОИДНЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ФОРМАЦИЙ

Колчеданные месторождения зон базальтоидных вулканогенных формаций полигенны и полихронны, хотя они разновозрастны, но однотипны. Полигенны и полифациальны и рудовмещающие метасоматиты. Известны следующие типы метасоматитов (от ранних к поздним): автометаморфически (зеленокаменно) измененные породы, вызванные остаточными газово-жидкими растворами, сохранившимися в порах, пустотах, миндалинах лав и туфов; синвулканические пропилиты и пропилитизированные породы, связанные с газо-гидротермальной деятельностью стадии активного вулканизма; контактовые роговики и ороговикованные породы экзоконтактовых ореолов комагматичных вулканикам интрузивов; позднемагматические аутометасоматические жилы, возникшие на стадии затвердевания и консолидации интрузивов; гидротермальные метасоматиты, образованные в результате постинтрузивной гидротермальной активности питающих вулканизм магматических очагов и контактово-метаморфические преобразования, связанные с внедрением постскладчатых гранитоидных плутонов.

Геологическую модель формирования таких полигенных месторождений можно представить следующим образом: зарождение мало-глубинных (вторичных) магматических камер — дифференциация, вулканизм — поступление богатосернистых газо-гидротермальных растворов (синвулканическая пропилитизация, метасоматическое колчеданообразование вдоль подводящих каналов и осадочное рудонакопление — при смещении рудоносных вулканотерм с морской водой) — повторная вулканическая и газо-гидротермальная активность очага (разрушение ранее сформированных вулкаников и рудных залежей, накопление пород подрудной толщи с обломками колчеданных руд и повторное колчеданообразование) — затухание вулканической деятельности — внедрение субвулканических и гипабиссальных производных очага и сопутствующая им гидротермальная деятельность (кислотное выщелачивание, формирование околорудных метасоматитов, метасоматическая проработка ранее сформированных колчеданных залежей — образование сложных по составу полиметаллических руд).

Среди синвулканических метасоматитов, как и в областях современного вулканизма (Аверьянов, 1971), различаются: метасоматиты околожерловой фации вулканических построек и метасоматиты областей разгрузки гидротермальных систем.

По отношению к золотоносному медно-полиметаллическому оруденению выделяются дорудные, синрудные и пострудные гидротермальные метасоматиты. Дорудные метасоматиты, как правило, зонально построены и представлены полифациальными кварцитами. Формирование их происходило в постинтрузивное время, в условиях возрастающей кислотности растворов. Зональность в размещении фаций обусловлена дифференциальной подвижностью компонентов.

Синрудные метасоматиты (фенгитсодержащие серицитовые кварциты, микрокварциты и их баритизированные разности) возникли при рудно-метасоматических процессах и представляют продукт дальнейшей переработки дорудных метасоматитов поздними - золото-медь-свинец-цинксодержащими растворами. Формирование синрудных метасоматитов происходило в условиях понижающей щелочности растворов.

Пострудные метасоматиты - это кварцевые, кварц-баритовые, кварц-барит-кальцитовые и другие безрудные прожилки. Отложение их происходило из слабощелочных остаточных растворов.

В размещении метасоматитов наблюдается определенная зональность, выраженная в локализации мономинеральных фаций во внутренних частях зоны и последовательной смене их по периферии би- и полиминеральными разностями. Многоэтапность вулканизма обуславливает многократность метаморфических и метасоматических процессов, телескопирования фаций метасоматитов и появление сложной метасоматической зональности. Известны два типа метасоматической зональности - синвулканическая концентрическая и поствулканическая линейно-трещинная. На колчеданных месторождениях, приуроченных к кальдерным структурам известны случаи совмещения указанных типов зональности (Каипов, 1972).

Поствулканическая линейно-трещинная метасоматическая зональность обязана поступлению из вулканического очага поздних постинтрузивных гидротермальных растворов и приводит к возникновению телескопированной линейной зональности симметричного или асимметричного строения. Возникновение этой зональности обязано изменению кислотности-щелочности метасоматизирующих растворов и связан-

ной с ними дифференциальной подвижности компонентов.

Однотипность колчеданных месторождений зон базальтоидных вулканогенных формаций и аналогичность механизма протекания в них метаморфических и метасоматических формаций позволяет наметить для них следующую общую геолого-метасоматическую модель их формирования: трещинный вулканизм, заложение эвгеосинклинальной системы — зарождение малоглубинных (вторичных) магматических камер, дифференциация — вулканизм, поступление богатых серой, фтором и хлором, но бедных медью, свинцом, цинком и золотом газо-гидротермальных растворов — синвулканическая пропилизация и колчеданообразование — внедрение субвулканических и гипабиссальных интрузивов — аутометасоматоз и контактовый метаморфизм — поступление постинтрузивных малосернистых, бедных железом, но богатых медью, свинцом, цинком, золотом и барием гидротермальных метасоматитов. На ряде месторождений (50 лет Октября, Аралча, Весеннее, Сувенир, Куарсанская группа), где имело место внедрение постскладчатых гранитоидных плутонов, наблюдается наложение контактово-метаморфических преобразований — скарнирования, ороговикования, регрессивно-метаморфической пропилизации и возникновение метаморфической зональности. Следует подчеркнуть, что разнофациальные вулканы и полигенные рудно-метасоматические образования и комагматичные интрузивные породы являются в целом производными единого малоглубинного магматического очага и образуют в совокупности единую рудно-магматическую и метасоматическую формацию.

МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОЛЧЕДАННОМ РУДООБРАЗОВАНИИ И ИХ ОТНОШЕНИЕ К РЕГИОНАЛЬНОМУ МЕТАМОРФИЗМУ

1. Метасоматические преобразования вмещающих пород, фиксирующие проявления гидротермальной деятельности, наблюдаются на многих месторождениях колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд. Они сопровождают не только жильные рудные тела, но широко распространены также и в пределах рудных полей с колчеданными залежами стратиформного типа.

2. Геологические данные, результаты парагенетического анализа и определения изотопного возраста показывают, что формирование метасоматитов зачастую значительно оторвано во времени от образования вмещающих пород и стратиформных руд. Особенно четко эта зависимость проявляется в тех случаях, когда рудоносные породы претерпели интенсивный региональный метаморфизм.

3. При анализе условий геологического развития районов колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений Карелии и Сев. Прибайкалья установлено, что околорудные метасоматические процессы проявлялись здесь на заключительных этапах складчатости в связи со становлением метаморфической зональности, а также после прогрессивной стадии регионального метаморфизма.

4. Колчеданные руды рассматриваемых районов локализованы в породах эпидот-амфиболитовой и низкотемпературной амфиболитовой фаций регионального метаморфизма. Проявления метасоматоза определяются по замещению равновесных ассоциаций прогрессивного метаморфизма минералами, возникшими в гидротермальных условиях. Как правило, на участках месторождений гидротермальные процессы отличаются наибольшей интенсивностью.

5. На месторождениях Карелии при гидротермальном изменении вмещающих образований наблюдается разрушение и замещение таких метаморфических минералов как биотит, амфибол, гранат. Околорудные изменения повсеместно проявлены в окварцевании, раскислении плагиоклазов, ослюдении (мусковитизация, серицитизация) и хлоритизации боковых пород. Гидротермальное оруденение представлено пирротином и полиметаллической минерализацией (гл. образом сфалерит и галенит). Кристаллизация пирротинов из изученных месторож-

дений охватывает температурный интервал от 450 до 325°C. Образование полиметаллической минерализации имело место при температурах ниже 325°C.

На Холоднинском месторождении (Сев.Прибайкалье) выделяются две разновозрастные генерации гидротермальных руд и сопровождающих их метасоматитов. Для ранней генерации характерно присутствие в качестве жильных минералов дымчатого кварца, дистена и мусковита. Термодинамические условия образования ассоциаций, подобных наблюдаемым в ранних метасоматитах, соответствуют амфиболитовой фации метаморфизма вмещающих пород, что указывает на связь метасоматоза с процессами прогрессивного этапа регионального метаморфизма. Главными минералами метасоматитов и жил второй генерации являются молочно-белый кварц, карбонат, хлорит и серицит. Эти проявления сравнительно низкотемпературного регрессивного метаморфизма обусловили формирование значительной доли полиметаллического оруденения.

6. Колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения размещаются в подвижных областях различного возраста, начиная с протерозоя. В связи с проявлениями платформенного вулканизма не наблюдается сколько-нибудь значительных концентраций оруденения этого типа. В подвижных областях колчеданные руды тяготеют к системам долгоживущих разломов — зонам повышенной проницаемости. Анализ геологического строения рудных районов показывает, что распределение самого раннего (стратиформного) оруденения уже контролируется этими системами древних разрывных нарушений. Образование стратиформных руд, по-видимому, обусловлено разгрузкой гидротерм непосредственно в пределах бассейнов седиментации. При этом связь рудообразования с процессами вулканизма может быть не прямой генетической, а сложной, парагенетической.

Формирование колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений происходит в течение всего периода развития подвижной зоны и во многом определяется процессами регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Проявления метасоматоза, с которыми связано колчеданное оруденение, залегающее в слабометаморфизованных породах, могут быть обусловлены действием метаморфогенных растворов, сформированных на глубине.

7. На примерах истории образования колчеданно-полиметалличе-

ских месторождений можно сформулировать представление о существовании длительно развивающихся метаморфогенных рудообразующих систем. Эти системы приурочены к тектонически ослабленным участкам земной коры и характеризуются определенными особенностями гидротермального минералообразования. В разные периоды метаморфизма и ультраметаморфизма рудообразующие системы питаются различными источниками рудного вещества и гидротермальных растворов.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ
АЛТАЙСКИХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Большинство алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений характеризуется полихронным образованием: в их составе участвуют руды и метасоматиты нескольких этапов. С наибольшей достоверностью выделяются ранний колчеданный или медно-колчеданный этап и поздний полиметаллический этап. В ряде случаев эти этапы проявлены пространственно обособленно, что и позволяет изучить состав руд и околорудных изменений каждого из них. Помимо этого в некоторых месторождениях присутствуют руды эксгальационно-осадочного генезиса.

2. Рудообразование раннего колчеданного этапа сопровождается интенсивным кварцево-серицитовым (березитовым) изменением вмещающих пород с образованием зональных ореолов. Внутренние зоны таких ореолов сложены серицитовыми кварцитами или кварцево-серицитовыми породами с участками серицитолитов, в промежуточных зонах значительную роль играют кварц-хлоритовые породы, в составе внешних зон преобладают кварц-хлорито-карбонатные породы.

3. Полиметаллический этап рудообразования сопровождается наряду с кварцево-серицитовым изменением интенсивным проявлением магнезиального метасоматоза, выраженного в образовании пород, состоящих в основном из доломита или магнезиального хлорита (в зависимости от различных условий).

Руды наиболее позднего барит-полиметаллического этапа сопровождаются интенсивной прожилковой баритизацией вмещающих пород.

В большинстве случаев наблюдается пространственное совмещение метасоматических колонок различных этапов.

4. Формирование колчеданных и полиметаллических руд эксгальационно-осадочного генезиса не приводит к изменениям пород, непосредственно вмещающих руду, однако, выводные каналы рудоносных растворов, как правило, окружены сильно измененными породами, среди которых преобладают опалиты, превращенные в результате последующих преобразований в микрокварциты.

5. Существенная роль в процессах преобразования вмещающих

пород месторождений принадлежит послерудным изменениям, вызванным интенсивным динамометаморфизмом пород в орогенный этап. Эти преобразования приводят к расщеплению пород, перекристаллизации и перестроению большинства минералов, что затушевывает и искажает истинные взаимоотношения между последовательно сформированными минеральными ассоциациями.

6. Оценка рудоносности гидротермально измененных пород должна производиться с учетом типа изменения, интенсивности его проявления и зональности. Наиболее перспективными для поисков являются зональные ореолы с интенсивной проработкой внутренних частей и с признаками совмещения колонок различных этапов.

МЕТАСОМАТОЗ В СВЯЗИ С КОЛЧЕДАННЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ
В АЛМАЛЫКСКОМ РАЙОНЕ (Уз.ССР)

1. В районе установлены: 1) стратиформные медноколчеданно-полиметаллические руды в магнезиальных карбонатных породах D_2 - D_3 (Центральный блок); 2) медноколчеданные залежи среди скарново-полиметаллического оруденения Кургашиканна (Северный блок) - на контакте карбонатных пород D_2 - C_1 с породами сиенито-диоритового состава и 3) медно-порфировое оруденение в сиенито-диоритовом массиве с останцами карбонатных пород D_2 - D_3 , которое по минералого-геохимическим и генетическим особенностям очень близко к медноколчеданному оруденению (Северный блок района). Каждый из типов колчеданного оруденения сопровождается своеобразными процессами метасоматоза вмещающих пород.

2. Медно-колчеданно-полиметаллическое оруденение Центрального блока тяготеет к отдельным горизонтам сульфатно-карбонатной толщи D_2 - D_3 . Оруденение представлено линзующимися залежами сульфидов, сложенных собственно колчеданными (пиритными) телами (до 90% пирита), комплексными рудами (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды и др.), а также обособленными залежами галенита и сфалерита. Мощность залежей колеблется от I до IV и более. Оруденение сопровождается интенсивным изменением вмещающих пород - окварцеванием, серицитизацией, дедоломитизацией с образованием протобруситовых мраморов, незначительной серпентинизацией и скарнированием, хлоритизацией и ангидритизацией. Сульфидное оруденение замещает некоторые доломитовые разности пород. Наиболее характерной является интенсивная ангидритизация, возникающая в результате метаморфизма подстилающих и вмещающих оруденение ангидрит-гипсовых пород. В массивных колчеданных рудах встречаются гнезда ангидрита. Все метасоматические процессы сопровождаются незначительными перемещениями вещества и имеют локальный характер.

3. Медноколчеданные залежи в пределах полиметаллического месторождения Кургашикан сложены, в основном, пиритом (до 90%), халькопиритом, сфалеритом, галенитом и блеклой рудой с теллури-

дами золота. Мощность залежей местами достигает 30–40 м. Метасоматоз, сопровождающий оруденение, зависит от вмещающих пород: в сиенито-диоритах – хлоритизация и серицитизация, а в карбонатных – серпентинизация и оталькование.

4. Медно-порфировое оруденение в сиенито-диоритах и диоритах в отдельных участках очень близко к колчеданному. Преобладающим в нем также является пирит, составляющий иногда более 80 – 90% от количества сульфидных минералов (в среднем около 75–80%). Оруденение представлено вкрапленно-прожилковыми рудами, переходящими в массивные сульфидные жилы и залежи, имеющими метасоматический характер. Метасоматические изменения представлены эпидотизацией, ангидритизацией, хлоритизацией, серицитизацией и окварцеванием. Для колчеданных руд характерно наличие гнезд ангидрита. Индикаторной является ангидритизация, имеющая по распространению метасоматического и прожилково-жильного ангидрита значение не меньшее, чем кварц. Ангидритизация является одним из наиболее ранних метасоматических процессов, сопровождающих оруденение от возникновения и до завершения. По этой причине с ангидритом синхронно отлагаются все рудные минералы – магнетит, пирит, молибденит, пирротин, сфалерит, галенит и др.

5. Все рассмотренные типы оруденений, а также собственно полиметаллические и золоторудные, являются результатом единого по механизму и источнику процесса рудообразования. Различия между ними обусловлены весьма активной ролью состава подстилающих и вмещающих оруденение пород, которые в результате последовательно изменяющихся процессов преобразований служили источником всех породообразующих и большей части рудообразующих компонентов. По этой причине почти все типы руд района (и даже всего Карамазара) сопровождаются ангидритизацией или прожилково-жильным ангидритом, источником которого являются мощные толщи сульфатно-карбонатных пород девонского возраста в Кураминских горах. Метаморфизм сульфатных пород в условиях наличия органического углерода привел к возникновению разнообразных сульфатно-сульфидных месторождений, в которых сульфидная сера является результатом восстановления сульфатной. О единстве всех рудных месторождений района свидетельствуют также и многие минералого-геохимические особенности их состава, текстурно-структурных особенностей и последовательности образования минералов: все эти месторождения золотоносны

(особенно медно-порфировые); типоморфными элементами колчеданных руд являются мышьяк и молибден; имеют по важнейшим рудным и редким элементам близкий состав и являются комплексными; порядок отложения минералов в рудах зависит, главным образом, от их количественного распределения; многие минералы во всех типах руд выпадают синхронно с ангидритом (особенно пирит) и др. Масштабы образования метасоматических колчеданных руд зависят от объемов участвующих пород и процессов их изменения.

СОТНОШЕНИЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНОГО
КОЛЧЕДАННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГ, В.ТУВА)

Месторождение располагается в ядре вулcano-купольной постройки. Оно представлено штокообразным телом серноколчеданных руд, локализованных в верхней части нека автомагматической брекчии, и секущими их линейными телами полиметаллических руд.

Ранний серноколчеданный этап, протекавший в поверхностных условиях (по отношению ко дну водного бассейна) при температурах 100-150°, отделен во времени от полиметаллического внедрением субвулканических даек. В ходе полиметаллического минералообразования, характеризовавшегося температурами 400-150°, рудный процесс также прерывался дайковыми внедрениями. Таким образом, колчеданно-полиметаллическое рудообразование тесно сочеталось с вулканическим процессом.

Полиметаллические руды являются метасоматическими образованиями и сопровождаются обломковидными и ступкоподобными выделениями рудных агрегатов, идентичных им по составу и отвечающих широко известным "брекчиевидным рудам". Последние отражают развитие специфической - блочной - формы метасоматоза, впервые выделенной Г.Л.Поспеловым при изучении процессов порфиризации.

Наряду с гидротермальными метасоматическими рудами, в вулканогенных осадках, участвующих в строении купольной постройки, широко развиты сингенетические сульфидные обособления. Часть из них, характерная для рудовмещающей толщи, сложена преимущественно сульфидами (пиритом, пирротинном, мельниковит-марказитом). Другая разновидность, присущая только надрудной серии, образована карбонатом, баритом, хлоритом и сульфидами - пиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Изменения состава обособлений вверх по разрезу коррелируются с изменением состава руд месторождения во времени. Поскольку процесс становления месторождения на всех этапах и стадиях тесно переплетается с деятельностью вулканического очага, есть основания считать полисульфидные сингенетические обособления в осадках надрудной толщи индикаторами процесса,

протекавшего на большей глубине и обусловившего образование полиметаллических руд.

Из приведенного выше следует, что Кызыл-Таштыгское месторождение является уникальным (в смысле доступности геологического изучения) примером сочетания разнородных по условиям проявления синхронных рудообразовательных процессов - субвулканического, продуктом которого явились гидротермально-метасоматические полиметаллические залежи и гидротермально-осадочного, в результате которого в вулканических осадках отлагались "полиметаллические" метаколлоидные обособления.

Преимущественное развитие в разных частях разреза различных по составу обособлений дает возможность оценить относительную величину перерыва между колчеданным и полиметаллическим этапами формирования месторождения. Она соответствует периоду накопления колонны вулканогенных пород, отделяющей рудоносную зону от той части надрудной толщи, в которой появляются полисульфидные обособления. Мощность ее равна 800-1000 м. Очевидно, эти цифры отвечают глубине (считая от дна водного бассейна), на которой происходило метасоматическое образование полиметаллических руд.

Полученные данные согласуются с представлениями о фациях метаморфизма: комплекс развитых на месторождении окolorудных изменений, сопровождающих полиметаллические руды, представляет собой среднетемпературную пропилитизацию.

Подобные соотношения между гидротермально-метасоматическими и гидротермально-осадочными рудами устанавливаются на Шамлугском месторождении (Армения).

КОЛЧЕДАННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ
МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ КОМПЛЕКСАХ ДОКЕМБРИЯ ВКМ

1. Среди докембрийских образований Воронежского кристаллического массива (ВКМ) широко развиты проявления колчеданной, главным образом, пирит-пирротиновой минерализации, пространственно ассоциирующие с супракристалльными породами архейско-нижнепротерозойского и среднепротерозойского структурных ярусов.

2. Рудопоявления в наиболее древних комплексах, характеризующиеся сравнительно меньшей распространенностью и масштабами, установлены среди метаморфизованных, преимущественно в амфиболитовой фации, осадочных и вулканогенных образованиях (Биотит-плагноклазовые, амфибол-биотит-плагноклазовые и другие гнейсы) обоянь-михайловской серии центральной части КМА и в метаморфических сланцах и малорудных железистых кварцитах курской серии на ряде железорудных месторождений КМА (Лебединское, Чернянское и др.). Оруденение представлено вкрапленными, реже прожилково-вкрапленными, брекчиевидными и иногда сплошными рудами, содержащими от 10 до 25-35%, реже 50-60% сульфидов однообразного состава (в отн.%%): пирит (60-85), сфалерит (5-25), халькопирит (5-10), в отдельных случаях встречаются пирротин, галенит, молибденит, ильменит, лейкоксен (в сумме до 5-10%) и магнетит, который на некоторых участках имеет значение основного рудообразующего минерала. Мощности колчеданных тел составляют первые метры, протяженность - десятки и сотни метров. Содержание серы колеблется в пределах 15-20%.

3. Проявления колчеданной минерализации в более поздних по времени метаморфических образованиях весьма широко развиты в Восточно-Воронежской синклинирной зоне среди флишеидных песчано-сланцевых отложений и гнейсов воронцовской серии (Подколodновский, Больше-Мартыновской и др. участки), терригенных ритмично-слоистых сланцах и вулканитах верхней части разреза тимской свиты Тим-Ястребовского синклиниория и осадочно-метаморфической толще Сергеевско-Алексеевского участка Орловской области. Специфическое колчеданное (пирротинное) оруденение эпигенетического

типа установлено также в позднепротерозойских платобазальтах глазуновской толщи того же района.

Все эти рудопроявления, несмотря на их значительную пространственную разобщенность, характеризуются общностью литологического состава вмещающих его пород, однотипностью текстурно-структурных и минералогических особенностей. Как правило, они приурочены к сильно смятым пачкам чередующихся тонкозернистых филлитов и метапесчаников с прослоями вулканитов, черных слюдяных сланцев с большим количеством тонкодисперсного углистого вещества. Сульфиды в этих породах выделяются в виде: а) равномерной вкрапленности в мелкозернистых слоях; б) сплошных сульфидных слоев, нередко гофрированных, разделенных прослоями с вкрапленным оруденением; в) неправильных переплетающихся полосок, прожилков, пятен и удлинненно-линзовидных обособлений в полостях отслоений и брекчирования. Минералогический состав оруденения весьма прост. Главными рудными минералами его являются: моноклинный пирротин (65-80%) и пирит (5-35%). В качестве второстепенных минералов отмечаются халькопирит (3-8%), сфалерит и окислы; иногда чешуйки самородного золота. Общее количество сульфидов в рудах составляет от 5-10% до 50-60%. Мощности оруденелых зон в общем согласных с вмещающими породами, по пересечениям отдельных скважин, измеряются десятками метров, протяженность не установлена; ориентировочно до тысячи метров и более. Содержание серы составляет 5-15%.

4. Пространственная приуроченность колчеданного оруденения ВКМ к вулканогенно-осадочным толщам, формировавшимся исключительно на ранней стадии геосинклинального цикла и развития эвгеосинклинальных прогибов, накопление сульфидов в слоях определенного литологического состава и особенно тесная их парагенетическая ассоциация с графитом, строгое распределение вкрапленности по слоистости свидетельствуют скорее всего о первоначальном вулканогенном эксталяционно-осадочном отложении рудного вещества. В последующем рассеянная рудная минерализация в условиях прогрессивного метаморфизма претерпела глубокие преобразования с широким развитием метасоматоза и почти полным переотложением сульфидов. При этом наиболее высокая амфиболитовая фация метаморфизма фиксируется в древних рудопроявлениях, приуроченных к площадям развития обьянь-михайловской серии ^{1/}; более ши-

^{1/} Участками преобразованы вследствие наложения регрессивных стадий.

роко распространенные и важные зоны сравнительно молодой минерализации претерпели изменения главным образом в зеленокаменной фации. В процессе этих преобразований происходило, вероятно, высвобождение из сульфидов тонкодисперсного золота и концентрация его в виде самостоятельных выделений.

5. Относительная неравноценность изученности несомненно перспективных зон колчеданного оруденения центральных районов Русской платформы в отношении нахождения в нем полиметаллического и золотого оруденения требует постановки и проведения специальных работ.

III. ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ И КОЛЧЕДАНОНОСНЫЕ РУДНОСТИ

Э.Г. Малхасян
(ИГН АН Арм. ССР)

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ РАЙОНОВ АРМЕНИИ

Подвергшиеся метаморфизму вулканогенные образования юры по качественному составу разделяются на два типа изменений, соответственно связанных с двумя главными типами метаморфических процессов: 1) процессы аутометаморфизма и зеленокаменного изменения и 2) процессы низкотемпературного гидротермального метаморфизма. Процессы первой группы в основном приводят к образованию примерно сходных, однотипных минеральных парагенезисов и наиболее широко распространены в описываемых породах; к тому же они затрагивают вулканогенные образования почти всех фаций и возрастов. Среди процессов этой группы, в свою очередь выделяются: 1) процессы зеленокаменного изменения, свойственные по преимуществу породам основного (базальтового, андезитобазальтового) состава и 2) процессы пропилитизации, присущие главным образом породам среднего (андезитового) и кислого состава.

Процессы гидротермального метаморфизма локализируются обычно в гораздо более узких участках, по преимуществу в тектонически ослабленных трещиноватых зонах, в которых с наибольшей интенсивностью могла проявляться деятельность низкотемпературных гидротермальных растворов.

Гидротермально измененные породы помимо вторичных кварцитов разделяются на три категории: гидротермально-измененные, сильно измененные и очень сильно или нацело измененные породы. К первой группе относятся существенно хлоритизированные и, в меньшей мере, серицитизированные, иногда окварцованные породы, сохранившие свои структурные признаки и частично минеральный состав. Во вторую группу включаются существенно серицитизированные и окварцованные породы, которые, утратив свой первоначальный состав и часть других признаков, все же поддаются определению, в основном благодаря сохранившимся реликтам структуры. И, наконец, к третьей группе относятся адиагностические кварцево-серицитовые породы, полностью утратившие все свои признаки.

Их первоначальный состав может быть установлен только при наличии в массиве менее измененных участков этих пород. Задача несколько облегчается, если первоначально порода содержала кварц, который обычно сохраняется даже в нацело измененных породах.

Сегодня вряд ли нужно говорить о значении гидротермальных процессов в процессе рудообразования, являющихся отправным пунктом для понимания "первичных ореолов" и поисков слепых рудных тел.

В докладе подробно характеризуются отдельные типы пород, их генетические особенности и отношение к рудообразованию.

МЕТАМОРФИЗМ ВУЛКАНОГЕННЫХ ТОЛЩ ЮЖНОГО УРАЛА
И КОЛЧЕДАННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

1. Вулканогенные образования Южного Урала, с которыми связано колчеданное оруденение, испытали комплекс метаморфических и метасоматических изменений, принадлежащих к следующим главным типам: зеленокаменным перерождениям, диагенетическим изменениям, среднетемпературной пропилитизации, гипогенному выщелачиванию, метаморфизму погружения, контактными преобразованиями в связи с интрузиями гранитоидов (Кривцов, 1974).

2. Собственно зеленокаменные перерождения имеют аутометасоматический характер, будучи обусловленными диафорическими явлениями под воздействием летучих, обособливающих в процессе кристаллизации продуктов магматических расплавов, первично натровых. Эти изменения охватывают весь период становления вулканогенных формаций натровой серии, с которыми связано колчеданное оруденение, и являются их характерной особенностью. Среди синвулканических перерождений диагенетического характера, обусловленных преимущественно взаимодействием продуктов излияний (извержений) со средой накопления, выделяются краснокаменные изменения, гидратация кислых стекол, различные преобразования, связанные с воздействием захороненных вод, и другими процессами, близкими периодам накопления вулканитов. Среднетемпературная пропилитизация, проявленная в период внедрения одних из наиболее ранних субвулканических тел, обусловлена воздействием активизированных последними вадозных, либо ювенильных вод и выражается в возникновении на относительно широких площадях метасоматических колоннок: кварц-хлорит, кварц-хлорит-альбит, кварц-кальцит-хлорит-альбит, кварц-кальцит-эпидот-хлорит-альбит. Во всех зонах присутствует вкрапленность пирита и других сульфидов.

3. Колчеданное оруденение формируется на фоне продолжающихся зеленокаменных и других синвулканических изменений после среднетемпературной пропилитизации и тесно сопряжено во времени с локально проявленными процессами гипогенного выщелачивания. Продукты последнего, образующие зонально распределенные метасома-

титы серицитолитовой формации, в процессе стадийного отложения руд (а, возможно, и переотложения) испытывают неоднократную перегруппировку и перекристаллизацию.

4. Метаморфизм погружения, проявленный после захоронения вулканитов колчеданосных формаций отложениями вулканогенной молассы, отвечает регионально распространенным минеральным ассоциациям пренит-пумпеллитовой и, реже, цеолитовой фаций. Эти преобразования, как и более поздние контактовые в связи с позд-негеосинклинальными гранитоидами, являются постколчеданными.

5. Колчеданные руды, независимо от механизма формирования, после отложения испытывают изменения, связанные с диагенезом первичного рудного вещества и с более поздними метаморфическими процессами. Региональный метаморфизм в условиях пренит-пумпеллитовой фации, судя по РТ-условиям ее проявления, сопровождается переходом первично отложенных сульфидов железа в пирит и, реже, пирротин; глинистых минералов в гидрослюда; гидроокислов железа в окислы, а также переотложением рудного вещества, вызываемого воздействием вод, активизированных при метаморфизме. Воздействие на руды контактового метаморфизма на прогрессивной стадии вызывает фазовые превращения сульфидов и силикатов почти во всем объеме рудных тел и метасоматитов, а на регрессивной - частичное переотложение руд и появление минерализации, связанной с гранитоидами (Бородаевская и др., 1971, 1973).

СООТНОШЕНИЕ КОЛЧЕДАННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ И РЕГИОНАЛЬНОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО МЕТАМОРФИЗМА НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УРАЛА

В настоящее время получила широкое признание идея парагенетической связи колчеданного оруденения с раннегеосинклинальными вулканогенными и вулканогенно-осадочными формациями, которые на Южном Урале образовались в течение двух крупных циклов вулканизма: силурийско-раннедевонского и среднедевонского. Геологическими материалами и данными геохронологии убедительно доказано наличие двух этапов промышленного колчеданного рудообразования, сопровождающегося интенсивными гидротермально-метасоматическими преобразованиями вмещающих пород. Большинство колчеданных месторождений представляет собой одноэтапные образования, однако в пределах отдельных рудных полей (Гайское, Джуеинское, Ащebutакский антиклинорий) достоверно установлено совмещение в пространстве оруденения двух этапов. Отложение наиболее ранних серноколчеданных руд эксгаляционно-осадочного и гидротермально-метасоматического генезиса происходило в за в е р ш а ю щ и е стадии образования колчеданосных формаций.

С другой стороны, все более широкое признание получает представление о парагенетической связи регионального зеленокаменного метаморфизма колчеданосных толщ с этапом формирования упомянутых формаций. Циклическое развитие раннегеосинклинальной вулканической деятельности обусловило цикличность процессов зеленокаменного метаморфизма, который начинался в условиях высокотемпературной ступени (актинолит-эпидотовая, актинолит-пумпеллитовая) и завершался низкотемпературной ступенью (пренит-пумпеллитовая). Таким образом, зеленокаменные изменения колчеданосных формаций происходили в два этапа и носили прерывисто-непрерывный характер, начинаясь в каждом случае в н а ч а л ь н ы е стадии накопления и усиливаясь в завершающие стадии образования колчеданосных формаций.

В настоящее время все еще не достигнуто единого мнения в вопросе возрастных соотношений колчеданного рудообразования и

регионального зеленокаменного метаморфизма, а многие исследователи продолжают признавать достаточно резкий разрыв между колчеданным рудообразованием и зеленокаменным метаморфизмом.

Тесная связь во времени процессов колчеданного рудообразования и зеленокаменного метаморфизма доказывается следующим:

1) Рудовмещающие комплексы колчеданоносных формаций претерпели преобразование в условиях актинолит-пумпеллиитовой и более поздней пренит-пумпеллиитовой ступеней зеленокаменного метаморфизма. Колчеданное оруденение совместно с ореолами околорудных изменений всегда окружены пренит-пумпеллиитовыми ассоциациями зеленокаменных изменений.

2) В зоне контакта гипогенных околорудных ореолов и зеленокаменных пород иногда присутствуют метасоматиты серицит-хлорит-пумпеллиит-пренитового состава, образование которых, вероятно, связано с выносом в процессе рудообразования за пределы гипогенных ореолов калия, кальция, железа, магния и перераспределением их в условиях пренит-пумпеллиитовой фации регионального метаморфизма.

3) В периферических частях околорудных ореолов наблюдаются сложные и противоречивые взаимоотношения минералов. С одной стороны, встречается замещение актинолита, пумпеллиита и пренита серицитом и сульфидами, с другой - пирит обрастает и частично замещается пренитом, пумпеллиитом и эпидотом.

В то же время зеленокаменные изменения пренито-пумпеллиитовой фации отчетливо более поздние, чем колчеданное оруденение. Они широко распространились на послерудные толщи и наложились на послерудные дайки и штокообразные интрузии, секущие все колчеданные руды 2-го этапа рудообразования.

Следовательно, колчеданное рудообразование протекает в локальных, термически аномальных зонах на фоне процессов регионального зеленокаменного метаморфизма. Оно накладывается на более высокотемпературные изменения актинолит-пумпеллиитовой ступени регионального метаморфизма. Последний продолжается и после колчеданного рудообразования, нападываясь в виде изменений пренит-пумпеллиитовой фации на колчеданные руды и околорудные ореолы, а также перекрывающие их толщи.

Не исключена возможность совмещения в некоторых случаях в пространстве в пределах колчеданоносных формаций первого цикла вулканизма продуктов регионального метаморфизма двух этапов.

О СВЯЗИ ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО МЕТАМОРФИЗМА
ЭВГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ С ПРОЦЕССАМИ МАГМАТИЗМА
И КОЛЧЕДАННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Изучение закономерностей распространения в силуро-девонских эвгеосинклинальных толщах постмагматических парагенетических минеральных ассоциаций, осуществленное методом среднемасштабного их картирования в пределах Бурибайского, Баймакского рудных районов и крупномасштабного - в пределах рудных полей ряда колчеданных месторождений, изучение околорудной зональности этих месторождений позволило выявить следующую смену ассоциаций во времени и пространстве.

1. Непосредственно вслед за накоплением и сингенетично с ним силуро-девонские отложения претерпели: 1) осадочные и туфогенно-осадочные - постдиагенетические изменения стадии катагенеза с развитием парагенетических минеральных ассоциаций: монтмориллонит + хлорит $I_4 \text{ \AA}$ + кварц; селадонит + монтмориллонит + хлорит $I_4 \text{ \AA}$ + кварц; селадонит + хлорит $I_4 \text{ \AA}$ + кварц; гидрослюда группы иллита и гидромусковита + хлорит + кварц; 2) эффузивные образования - автометасоматические изменения с развитием минеральных ассоциаций: кварц + хлорит + (кальцит); кварц + хлорит + (серпентин).

2. В основных вулканогенных образованиях, вмещающих многочисленные, комагматичные им, габброидные интрузии, имело место площадное развитие парагенетической ассоциации: актинолит + хлорит + (альбит, олигоклаз), характеризующей хлорит-актинолитовую ступень зеленокаменного метаморфизма. При этом, в линзах осадочных и вулканогенно-осадочных пород развитие минералов этой ассоциации осуществлялось только по тектоническим трещинам, с сохранением минеральных ассоциаций постдиагенетических изменений в пелитовом веществе.

3. В вулканогенных образованиях, преимущественно, среднего состава в связи с близко-одновременным их формированием внедрением многочисленных даек кислых субвулканических порфи-

ров, повсеместно развивалась минеральная ассоциация: эпидот + хлорит + (альбит, олигоклаз), характеризующая хлорит-эпидотовую ступень зеленокаменного метаморфизма.

4. В определенных структурно-геологических условиях, при отсутствии или слабом развитии комагматичных интрузивных и субвулканических фаций, в вулканогенных образованиях любого состава, вслед за постдиагенетическими изменениями, формировалась минеральная ассоциация: пумпеллит + пренит + (кварц) + (альбит) + хлорит, характеризующая пренит-пумпеллитовую фацию зеленокаменного метаморфизма.

5. Формирование вдоль зон тектонических нарушений субвулканических тел и дайковых поясов кислого состава, значительно более поздних по отношению ко времени отложения вмещающих их эффузивно-осадочных толщ, сопровождалось развитием в уже зеленокаменно измененных породах приконтактной метасоматической ассоциации: эпидот + кварц + хлорит + пренит + пумпеллит + пирит, которая при последующем низкотемпературном развитии метасоматического процесса замещалась минеральной ассоциацией локальных метасоматических изменений: серицит + кварц + хлорит + (кальцит) + сульфиды, вплоть до формирования колчеданного оруденения и околорудных метасоматических ореолов.

Парагенетическая связь зеленокаменного метаморфизма с проявлениями магматизма, зависимость его интенсивности от близости к интрузивным нарушениям, наличие обломков зеленокаменно-метаморфизованных пород в силурийских, девонских полимиктовых и вулканомиктовых конгломератах, наличие линз неметаморфизованных осадочных и вулканогенно-осадочных пород в разрезе метаморфизованных магматогенных образований, агрессивно-метасоматический характер развития его минеральных ассоциаций, присутствие реликтов минеральных ассоциаций постдиагенетических изменений подтверждает (Коржинский, 1953), что зеленокаменный метаморфизм по своей природе представляет собой гидротермальный послемагматический метасоматоз.

В благоприятной геолого-структурной обстановке: вдоль зон тектонических нарушений, дробления, расщелачивания, насыщенных интрузивными, субвулканическими телами, под литологическими экранами, в сводовых поднятиях антиклинальных структур, у контактов крупных субинтрузивных тел кислого состава - минеральные ас-

социации зеленокаменного метаморфизма замещались минеральными ассоциациями гидротермально-метасоматических изменений, сопровождающих колчеданное оруденение. Зеленокаменный метаморфизм, локальный околорудный метасоматоз и колчеданное оруденение находятся в парагенетической связи в том смысле, что источником тепла, приводящим в движение метаморфизирующую гидротермальную систему, источником многих петрогенных и рудных компонентов для тех и других изменений являются единые магматические очаги.

Наблюдается три вида соотношений зеленокаменного метаморфизма, околорудного метасоматоза и колчеданного оруденения.

1. Зеленокаменный метаморфизм, околорудный метасоматоз и колчеданное оруденение близки по времени своего проявления и представляют собой единый, последовательно развивающийся процесс, парагенетически связанный с формированием одного и того же магматического комплекса (Макано-Мамбетовская рудоносная зона).

2. Зеленокаменный метаморфизм вулканогенных толщ, околорудный метасоматоз и колчеданное оруденение оторваны друг от друга во времени в связи с тем, что последние изменения парагенетически связаны с субвулканическими телами, внедрившимися в уже зеленокаменно метаморфизованные эффузивно-осадочные толщи. В данном случае, колчеданное оруденение и околорудные метасоматические изменения находятся в парагенетической связи с зеленокаменными изменениями самих субвулканических тел и вмещающих пород в ореоле их приконтактового воздействия (Хворостянское, Восточно-Акъярское, Вишнеvское рудопроявления, Юбилейное месторождение и др.).

3. На минеральные ассоциации околорудно-метасоматических изменений, сопровождающих колчеданное оруденение, парагенетически связанное с формированием определенного магматического комплекса, накладываются минеральные ассоциации зеленокаменного метаморфизма, парагенетически связанного с проявлениями более молодого магматизма (Бурибайское, Сибайское месторождения).

**ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД
ЮЖНОГО УРАЛА И ЕГО ОТНОШЕНИЕ К КОЛЧЕДАННОМУ ОРУДЕНЕНИЮ
(НА ПРИМЕРЕ СУУНДУК-КУМАКСКОГО РАЙОНА)**

1. Зеленокаменно-измененные вулканогенные породы верхнесилурийско-среднедевонского возраста принимают участие в сложении восточного борта Магнитогорского метасинклинория. Зеленокаменный метаморфизм проявился в начале верхнего девона и привел к существенному преобразованию минерального состава вулканитов.

2. Широкий диапазон физико-химических условий зеленокаменного метаморфизма предопределил разнообразие парагенетических минеральных ассоциаций, принадлежащих амфиболовой (плагноклаз-амфиболовая и эпидот-плагноклаз-амфиболовая субфации), эпидот-альбитовой (эпидот-альбит-амфиболовая и хлорит-эпидотовая субфации) и пренит-пумпеллиитовой (пренит-пумпеллиитовая и серицит-карбонатная субфации) фациям. Границы между субфациями определены на основе экспериментальных данных. Распределение средне и низкотемпературных парагенезисов эпидот-альбитовой и пренит-пумпеллиитовой фаций обусловлено положением вулканитов в стратиграфическом разрезе. Возникающая зональность однозначно указывает на зависимость P-T-условий зеленокаменного метаморфизма от глубины залегания вулканитов. Развитие термоаномалий около интрузивных массивов, синхронных с метаморфизмом, способствует появлению высокотемпературных комплексов амфиболовой фации, замещающих парагенезисы контактово-термального метаморфизма. Состав минеральных субфаций обусловлен преимущественно химизмом изменяющихся вулканитов.

3. Относительно спокойный тектонический режим во время зеленокаменного метаморфизма обусловил сохранение структурно-текстурного рисунка вулканогенных пород (псевдоморфное замещение). Изменение структуры происходит лишь под влиянием кристаллизационной силы вторичных минералов в условиях значительной интенсивности процесса (преимущественно в высокотемпературных субфациях).

Зеленокаменный метаморфизм протекает на фоне глубинного по-

тока термальных растворов, принос которыхы щелочей приводит к образованию больших объемов альбитизированных и серицитизированных пород. Внутри системы отмечаются интенсивные перемещения химических компонентов, приводящие к формированию разнообразных метасоматитов, минеральные особенности которых полностью определяются составом парагенезисов зеленокаменно измененных вмещающих пород. В значительных масштабах осуществляется взаимодействие между соприкасающимися разнородными образованиями (известняками и силикатными породами, кремнистыми сланцами и вулканитами).

5. В пределах рассматриваемой территории Магнитогорского мегасинклинория известно несколько медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений и рудопоявлений, гидротермально-метасоматические околорудные изменения которых представляют собой типичную колонку выщелачивания, осложненную перестроением мобилизованных химических элементов. Осаждению металлов, растворенных в центральных и нижних частях гидротермальной зоны проработки, обязано формирование и колчеданных залежей. Процесс колчеданного минералообразования происходил после формирования ассоциаций зеленокаменного метаморфизма. Его минеральные комплексы, представленные кварцем, серицитом, хлоритом, карбонатом, эпидотом, альбитом, пиритом, халькопиритом и другими менее распространенными минералами, замещают парагенезисы зеленокаменно-измененных вулканитов вне зависимости от фациальной принадлежности последних.

Ш.Н.Кац, П.Ф.Сопко,
Л.Н.Сопко, Г.Ш.Жданов
(ИГ Башкирского филиала АН СССР)

ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ ТОЛЩ ЮЖНОГО УРАЛА И ЕГО СООТНОШЕНИЯ С МЕТАСОМАТИЗМОМ

1. Региональный зеленокаменный метаморфизм на Южном Урале, так же как и в других складчатых областях, проявился в раннегеосинклинальных вулканогенных и вулканогенно-осадочных формациях. Эти формации образовались в южной части Уральского подвижного пояса в течение двух крупных циклов вулканизма, первый из которых охватывал силур и ранний девон, второй – средний девон. Каждый из циклов начинался глубоководными трещинными излияниями базальтовых лав, слагающих инициальные недифференцированные формации и последовательно сменяющихся в общей схеме контрастными базальт-липаритовыми формациями, а затем непрерывными базальт-андезит-дацит-липаритовыми формациями. В конце циклов возникали андезито-базальтовые формации, замещающиеся флишоидными вулканогенно-осадочными толщами. Последние в некоторых случаях непосредственно перекрывают вулканогенные формации дифференцированного состава или частично замещают их по латерали.

В соответствии с цикличностью раннегеосинклинальной вулканической деятельности развитие зеленокаменного метаморфизма было цикличным (табл. I).

Каждый из циклов зеленокаменного метаморфизма начинался в условиях высокотемпературной (актинолит-эпидотовой, актинолит-пумпеллитовой) ступени и завершался низкотемпературной (пренитовой) ступенью. Такая цикличность зеленокаменного метаморфизма свидетельствует о связи его с потоками глубинных флюидов, возникавшими в ходе развития вулканической деятельности.

2. По характеру изменений вулканогенные формации дифференцированного состава (базальт-липаритовые и базальт-андезит-дацит-липаритовые) отличаются: а) высокой интенсивностью процессов зеленокаменного метаморфизма, выражающейся в полном замещении темноцветных минералов вторичными продуктами и столь же полной деанортитизацией плагиоклаза, представленного практически во всех случаях альбитом; б) резким аллохимизмом метаморфических процессов, пере-

Таблица I

Возраст	Вулканогенные формации	Ступени зеленокаменного метаморфизма	Характер зеленокаменного метаморфизма	Колчеданосность формаций
Конец среднего девона (местами - начало верхнего девона)	Вулканогенно-осадочная (андезито-дацит- и андезито-базальто-кремнисто-терригенная)	Пренитовая Пумпеллитовая	Существенно изохимический, реже - аллохимический	Неколчеданосная
Средний девон	Базальт-липаритовая и базальт-андезит-дацит-липаритовая	Пумпеллитовая в верхах актинолит-пумпеллитовая в низах	Существенно аллохимический	Колчеданосная
Ранний девон - начало среднего девона	Андезито-базальтовая	Пренитовая, пумпеллитовая	Существенно изохимический	Неколчеданосная
Ранний девон	Вулканогенно-осадочная (андезито-дацит-кремнисто-терригенная)	Пренитовая, пумпеллитовая	Существенно изохимический, местами аллохимический	Местами колчеданосная
Поздний силур - начало раннего девона	Базальт-липаритовая и базальт-андезит-дацит-липаритовая	Пумпеллитовая в верхах Актинолит-пумпеллитовая в низах	Существенно аллохимический	Колчеданосная
Ранний силур	Кремнисто-спилито-диабазовая	Актинолит-эпидотовая	Существенно изохимический	Неколчеданосная

ходящих, таким образом, в процессы метасоматоза. Частью последних, чаще всего их конечным выражением, являлось колчеданное рудообразование, происходившее, главным образом, путем метасоматоза.

3. Зеленокаменные изменения колчеданоносных формаций носили прерывисто-непрерывный характер, начинаясь по существу, с начала их накопления, но особенно усиливаясь в завершающие стадии образования колчеданоносных формаций в связи с усложнением геодинамической обстановки. Для этих стадий характерно внедрение субвулканических, иногда гипабиссальных, интрузивных тел, сопровождавшееся усилением тепломассопереноса, что приводило к изменениям не только минерального, но и химического состава вулканогенных образований.

Субвулканические породы образуют сложные, длительно формирующиеся, субвулканические комплексы. Преобладающие обычно в этих комплексах породы липарито-дацитового ряда, так же как и кислые эффузивные и пирокластические породы колчеданоносных вулканогенных формаций, не являются продуктами дифференциации базальтовой магмы, а имеют самостоятельные родоначальные источники мантийного или корового происхождения. В том и другом случае образования кислых расплавов происходило при широком участии летучих веществ, являвшихся впоследствии агентами переноса тепла и метаморфических и метасоматических изменений. Таким образом, процессы зеленокаменного метаморфизма, метасоматоза и колчеданного рудоотложения тесно связаны с образованием колчеданоносных вулканогенных формаций.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ
ТИПОВ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОРОД И ОКОЛОРУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
В КОЛЧЕДАНОНОСНЫХ РАЙОНАХ ЧИНГИЗА И МУГОДЖАР**

На основании картирования продуктов регионального зеленокаменного и локального околорудного метаморфизма в Мугоджарах (Анастасьевско-Катынадырская полоса, Иргизская зона) и в Чингизе (Акбастауский рудный район) выявлены особенности их состава и пространственного размещения.

Зеленокаменные изменения в названных районах представлены зеленосланцевой и пумпеллит-пренитовой фациями метаморфизма. Формирование их имеет длительную историю, начинающуюся почти одновременно с накоплением вулканических толщ и продолжающуюся после затухания вулканической деятельности и отложения перекрывающих терригенных образований (последние содержат в большом количестве обломки измененных пород и, в то же время, сами подвержены зеленокаменному метаморфизму). Вероятно, что локальные (околорудные) метасоматиты также формировались в течение большого промежутка времени.

Миграция границ между зонами, связанная с изменением физико-химических условий метаморфизма, обусловила телескопирование различных ассоциаций метаморфических минералов. Тем не менее в окончательном распределении метаморфических образований устанавливается ряд закономерностей.

1. Пумпеллит-пренитовая фация метаморфизма характерна для более верхних частей разреза, чем зеленосланцевая.

2. Околорудные метасоматиты обычно приурочены к границе пумпеллит-пренитовой и зеленосланцевой фаций или расположены несколько глубже.

3. В непосредственном окружении околорудных образований располагаются вулканы, в которых развиты бескальциевые ассоциации фации зеленых сланцев: хлорит-альбитовые, хлорит-серицитовые.

4. Низкие содержания кальция, как известно, характерны и для самих околорудных (хлорит-серицитовых) образований. Таким образом, выделяется зона выноса кальция, сложенная в периферических

частях интенсивно альбитизированными, в заметной степени хлоритизированными и серицитизированными осадочно-вулканогенными образованиями, а в центре - околорудными метасоматитами.

5. В вышележащих породах нередко выделяется зона обогащения кальцием. Здесь образуются эпидотовые, пумпеллитовые, кальцитовые метасоматиты.

Зональность околорудных пород, наблюдающаяся на месторождении Акбастау, где от внутренней части к внешним встречаются: алунитовые кварциты, пиррофиллитовые кварциты, кварц-серицит-хлоритовые породы, свидетельствует о действии на глубине сернокислых растворов. Окисление сульфидной серы до сульфатной могло происходить за счет атомарного кислорода, выделяющегося при полимеризации гидроксил-ионов.

Г.Э.Нарвайт
(ИГН АН Каз.ССР)

ФАЦИИ ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ БАЗАЛЬТОИДОВ МУГОДЖАР,
ИХ МЕСТО В ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СООТНО-
ШЕНИЯ С КОЛЧЕДАНЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ

Зеленокаменные вулканические породы слагают мощные толщи в трех колчеданоносных районах Мугоджар-Сакмарской, Зеленокаменной и Иргизской зонах, представляющих собой герцинские эвгеосин-клинальные мегаструктуры в южной части Уральского складчатого пояса. В Сакмарской зоне они датируются ордовиком и силуром, Зеленокаменной - силуром и нижним девонем, Иргизской - главным образом нижним карбоном, а также силуром, нижним и средним девонем. Представлены эффузивами с незначительным количеством пирокластики и примесью осадочного и туфогенно-осадочного материала. Состав вулканитов базальтовый и андезито-базальтовый, в меньшей степени андезитовый, иногда андезито-дацитовый, дацитовый, редко трахибазальтовый и трахиандезитовый.

Вулканогенные толщи во всех зонах прорваны многочисленными интрузиями и дайками. В Сакмарской зоне - серпентинизированными ультрабазитами, реже габбро и другими породами ср.палеозоя. В Зеленокаменной - преимущественно габбро, диоритами, плагиогранитами н.девона - ср.девона. В Иргизской - главным образом гранитоидами верхнего палеозоя, реже ультрабазитами, габбро, гранитоидами н.карбона - ср.карбона. Дайковые образования представлены кварцевыми альбитофирами, альбитофирами, различными порфиритами, диабазами, а также разнообразными отщеплениями интрузий.

Зеленокаменные изменения (Зеленокаменная формация) объединяют альбит-кварц-хлоритовую фацию регионального регрессивного метаморфизма первичных вулканитов, актинолит-роговиковую фацию контактового метаморфизма и эпидот-пумпеллиит-пренитовую фацию регионального гидротермального метасоматизма.

Альбит-кварц-хлоритовая фация развита повсеместно и не связана с какими-либо определенными стратиграфическими толщами, тектоническими структурами, интрузиями или рудными полями. Особенно характерна для основных эффузивов силура - н.девона Зеленокаменной зоны, менее четко выражена в вулканитах Сакмарской и Иргизской зон. Все реакции замещения экзотермичны и идут с увеличени-

ем объема. Сопоставление химических составов пород альбит-кварц-хлоритовой фации и составов неизменных базальтоидов, а также анализ реакций замещения показывает, что при деаортизации нет привноса натрия, в некоторых случаях излишки его выводятся из реакций. В целом, формирование фации происходит при воздействии на базальтоиды только водных растворов, без привноса каких-либо порообразующих элементов, но с возможным выносом натрия и кальция. Альбит-кварц-хлоритовые породы Зеленокаменной зоны обеднены медью, цинком, кобальтом, никелем, ванадием, титаном, цирконием, барием, стронцием, калием, свинцом, скандием. Альбит-кварц-хлоритовая минеральная ассоциация является самой ранней, так как замещается всеми другими ассоциациями, но сама замещает только первичные магматические минералы вулканитов. Формирование ее синхронно с накоплением вулканических толщ, т.е. происходит в основном в геосинклинальную и частью предорогенную стадии развития мугоджарских геосинклиналей. Возраст определяется возрастом соответствующих вулканических пород как силур (Сакмарская зона), силур-н. девон (Зеленокаменная зона), силур-ср. девон, н. карбон (Иргизская зона).

Актинолит-роговиковая фация распространена повсеместно, но развита локально в виде ореолов различной ширины в экзоконтактах интрузий разного состава и возраста. Особенно интенсивно проявлена в Зеленокаменной зоне. Формируется в вулканитах, уже претерпевших альбит-кварц-хлоритовое изменение: замещению актинолитом и другими минералами фации подвергаются остаточный плагиоклаз и пироксен, но главным образом - альбит, кварц и хлорит. Реакции замещения последних эндотермичны и сопровождаются уменьшением объемов. Расчеты реакций показывают, что одновременное образование актинолита и роговой обманки невозможно. При формировании актинолит-роговиковой фации за счет альбит-кварц-хлоритовой постоянно происходит привнос алюминия, магния, кальция, фосфора, накопление черных металлов - железа, хрома, ванадия, марганца, титана, а также кобальта, никеля, циркония и удаление щелочей, бария, стронция, цветных металлов - меди, цинка, свинца и воды. Актинолит-роговиковая фация является ранней относительно эпидот-пумпеллиит-пренитовой, так как повсеместно замещается последней. Возраст определяется возрастом соответствующих интрузий - девонских, карбоновых или верхнепалеозойских. Форми-

рование интрузий связывают с предороженным или раннеороженным этапами развития геосинклиналей.

Эпидот-пумпеллит-пренитовая фация имеет региональное развитие. Ее особенности - связь с зонами тектонических деформаций и полиминеральный состав. Формируется в породах альбит-кварц-хлоритовой и актинолит-роговиковой фаций, интрузиях и дайках. Анализ реакций образования главных минеральных ассоциаций и расчет их термодинамических характеристик показывает, что в большинстве случаев пренит является более поздним минералом, чем пумпеллит и эпидот. Это определяет существование самостоятельной пренитовой (а не пумпеллит-пренитовой) субфации. Все реакции формирования минералов данной фации экзотермичны и протекают с увеличением объемов. Образование разнообразных минеральных парагенезисов фации в целом обуславливается привнесом в альбит-кварц-хлоритовые породы силиция, кальция, углекислоты, отчасти железа, калия и воды. Одновременно происходит вынос алюминия, магния, натрия, титана, марганца. В породах фации накапливаются и черные и цветные металлы, но щелочи и Ва, как и прежде, выносятся. Максимальные концентрации меди, ванадия, и титана отмечаются в кварц-пумпеллитовых породах, марганца - в кварц-эпидотовых, хрома - в кварц-гидрогётитовых. Эпидот-пумпеллит-пренитовая фация является наиболее поздней в Зеленокаменной формации. Она формируется после полного завершения вулканической деятельности, интрузивных и дайковых пород, после интенсивных, но неравномерно и неоднократно проявленных тектонических деформаций, знаменующих начало общей структурной перестройки всей Уральской системы, т.е. в предороженный и раннеороженный этапы. В Сакмарской зоне это может быть средний девон, в Зеленокаменной - верхняя половина среднего девона, в Иргизской - конец нижнего и начало среднего карбона.

Фации зеленокаменного изменения вулканитов Мугоджар не зависят от возраста вулканических толщ, состава и возраста интрузий и положения тех и других в крупных тектонических структурах региона. Зеленокаменное изменение вулканитов колчеданоносных районов Мугоджар представляет собой комплексное, генетически сложное образование, основными определяющими факторами которого являются химический состав вулканических пород, температуры экзоконтактов интрузий и интенсивность разрывных тектонических

деформаций в послемагматическом этапе. При формировании всех фаций зеленокаменного изменения происходит интенсивная миграция вещества, ведущая к дифференциации и накоплению в локальных участках тех или иных элементов или их групп, в том числе и меди, возможно, с образованием геохимических аномалий.

Колчеданное оруденение размещается в пределах всех фаций и является более поздним относительно них, что доказывается замещением предшествующих минералов сульфидами, а также кварцем, хлоритом и другими минералами, сопровождающими оруденение. В рудах и околорудных метасоматитах отсутствуют структуры замещения и секущие прожилки минералов альбит-кварц-хлоритовой и актинолит-роговиковой фаций. В некоторых случаях соотношения оруденения и актинолит-роговиковой фации спорны, местами (в Иргизской и Сакмарской зонах) еще недостаточно изучены. Иногда в околорудных метасоматитах отмечаются незначительные по размерам скопления сингенетичных эпидота, пумпеллиита или пренита.

В положении рудных полей, месторождений, рудопроявлений и рудных залежей какой-либо постоянной связи с определенными региональными гидротермальными ассоциациями или их границами не существует. Висячем и лежащем боках рудных тел развиты одни и те же послемагматические парагенезисы.

Отсутствие постоянной пространственной закономерной связи с какими-либо определенными региональными фациями или субфациями, часто секущее положение оруденения и околорудных метасоматитов относительно них, а также отличия в химизме минералогически близких пород, указывают на формирование оруденения независимо от региональных фаций зеленокаменного изменения.

Вместе с тем, наличие пирита (и халькопирита) в парагенезисах эпидот-пумпеллиит-пренитовой фации, тяготение (в грубом приближении) в некоторых местах месторождений и рудопроявлений к площадям наиболее интенсивного проявления этой фации, присутствие сингенных с оруденением эпидота, пумпеллиита и пренита при полном отсутствии сингенных сульфидов в других фациях, позволяют предполагать существование какой-то, неясной пока, родственности колчеданного оруденения и регионального гидротермального метасоматизма.

СОТНОШЕНИЕ ТИПОВ МЕТАМОРФИЗМА БАЗАЛЬТОИДОВ
И КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕНО-
КАМЕННОЙ ЗОНЫ МУГОДЖАР

При изучении вещественного состава базальтоидов О-Д в Зеленокаменной зоне Мугоджар устанавливается следующая последовательность метаморфических процессов, связанных с различными этапами тектоно-магматического развития региона:

1. Изохимический зеленокаменный метаморфизм базальтоидов, тесно связанный с их формированием и близкий к ним по возрасту. Это процесс протекает в условиях малоглубинных фаций и может обозначаться как пропилитизация (Логинов, Русинов, 1972). Изменение минерального состава пород выражается в разложении плагиоклазов (сооспиритизация) и замещении пироксена уралитом. Химический состав базальтоидов (вулканитов и синхронных даек диабазов) отличается только появлением воды (2,5-3,0%).

Аллохимический зеленокаменный метаморфизм - спилитизация или собственно альбитизация (Штейнберг, 1964), пространственно тесно связан с изохимическим. Соотношение изохимического и аллохимического процессов равно 1:3. Имеющийся фактический материал показывает, что процесс спилитизации, при котором плагиоклаз полностью замещен альбитом, вулканическое стекло хлоритизировано, пироксен сохраняется свежим или замещается хлоритом, сопровождается привнесением натрия и кремнекислоты и выносом кальция, магния и частично глинозема. Содержание остальных компонентов меняется мало.

2. Наложенный зональный динамотермальный метаморфизм, связанный с формированием Восточно-Мугоджарского антиклинория. Он накладывается на зеленокаменно-измененные вулканиты, комагматичные габброиды и дайки диабазов, пространственно связанные с вулканитами и габбро. В пределах Зеленокаменной зоны с запада на восток выделяются и картируются последовательно сменяющие друг друга зоны (фации):

альбит-хлорит-эпидотовая,
альбит-актинолит-эпидотовая,

альбит-эпидот-роговообманковая,
олигоклаз-эпидот-роговообманковая,
андезит-роговообманковая

Продукты зонального динамотермального метаморфизма секутся слабо измененными дайками диабазов среднедевонского возраста (Тельгузиев, 1969). Кроме того, нигде в районе нами не наблюдалось наложение амфиболитизации на породы мильгашинской толщи нижнего девона. На этом основании возрастом зонального динамотермального метаморфизма принимается граница силура и девона.

3. В западной части зеленокаменной зоны выделяется метаморфизм пренит-пумпеллиитовой фации. Он накладывается на зеленокаменно измененные вулканиты мугуджарской и куркудукской толщ, габброиды слабо измененные породы мильгашинской толщи. На основании имеющегося фактического материала очевидно формирование мильгашинской толщи после проявления динамотермального метаморфизма. Этим объясняется слабая степень изменения вулканитов нижнего девона и сохранение в них в большом объеме первичных ассоциаций. Пренит-пумпеллиитовая фация является результатом регрессивного изменения пород зеленосланцевой фации. Возраст пренит-пумпеллиитовой фации определяется как посленижнедевонский, так как породы мильгашинской толщи нижнего девона являются самыми молодыми вулканитами, на которые этот процесс накладывается.

4. Все известные в зеленокаменной зоне рудопроявления и месторождения колчеданных руд распределены в полях развития пренит-пумпеллиитовой фации. Наблюдается совмещение во времени формирования кислых субвулканических тел (средний девон), рудообразования и регрессивного метаморфизма пренит-пумпеллиитовой фации, который протекает в условиях интенсивного метасоматоза, способствующего концентрации и переотложению рудного вещества. Важное значение при этом имели зоны глубинных разломов.

5. Среди пород, претерпевших зеленокаменный и зональный динамотермальный метаморфизм, широко развита ассоциация бурый хлорит (оксихлорит) + магнетит. Она представляет собой результат разложения амфиболов при низкой температуре и объясняет появление магнитных разновидностей среди немагнитных пород зеленокаменного и зонального метаморфизма. В плагиоклаз-роговообманковых порфиритах мильгашинской толщи нижнего девона и в силах диабазов (р.Шулдак) наряду с сосюритизацией плагиоклаза происходит

разложение первичной роговой обманки с образованием ассоциации хлорит + магнетит.

Таким образом, пренит-пумпеллитовая и хлорит (оксихлорит) магнетитовая ассоциации характеризуют регрессивный метаморфизм и близки по времени образования.

IV. ВОПРОСЫ ЗОНАЛЬНОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ И ОРУДЕНЕНИЯ

В.Д. Гуниава
(КИМС)

КИСЛОТНЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ И СЕРНОКОЛЧЕДАННАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ АДЖАРО-ТРИАЛЕТТИИ

В пределах Аджаро-Триалетской зоны мез-палеогеновой активизации известны многочисленные проявления серноколчеданной минерализации. Часть из них относят к собственно серноколчеданной, а другую - медно-полиметаллической (кварц-пирит-халькопиритовая субформация) рудным формациям; первую генетически увязывают с эффузивным, вторую же - интрузивным магматизмом.

На основании материала, накопленного нами при исследовании рудовмещающих метасоматитов, установлено:

1. Рудопоявления указанных формаций и сопровождающие их метасоматиты локализованы вдоль субширотных систем разломов, являющихся границами Аджаро-Триалетской зоны.

2. Наиболее значительные проявления серноколчеданной минерализации генетически связаны с метасоматическими образованиями кислотной стадии выщелачивания, проявленной в эндо- и экзоконтактах субвулканических сиенит-диоритовых интрузивов, секущих средне-верхнеэоценовую вулканогенную толщу трахиандезитового состава.

3. Сложно построенные метасоматические тела с намечающейся вертикальной и горизонтальной зональностью относятся к формациям грейзенов (грейзеноподобные породы) и вторичных кварцитов; в последних нами выделены галогеннокислая и сернокислая субформации.

В сложении грейзеноподобных метасоматитов участвуют: кварц, серицит, турмалин, демортьерит, топаз, рутил.

Полифациальные вторичные кварциты представлены ассоциациями минералов: галогеннокислые - кварц, серицит, диккит, топаз, зуннит, рутил (анатаз); сернокислые - кварц, каолинит, диккит, диаспор, натроалунит, натроярозит, сванбергит, барит, анатаз.

Наблюдаются фации смешанного типа, являющиеся переходными, с одной стороны, между грейзеноподобными и галогеннокислыми, а с другой — между галогеннокислыми и сернокислыми метасоматитами, что связывает их в единую метасоматическую колонку.

4. Сернокислородное рудообразование является "сквозным" для всей колонки кислотных метасоматитов; однако положение горизонта максимальной рудной концентрации соответствует уровню боро-галогенных метасоматитов.

5. На основании данных гомогенизации и декрепитации газожидких включений типоморфных минералов в процессе метасоматического минералообразования температура снижается от 420°C (грейзеноподобные метасоматиты) до 230°C (сернокислые метасоматиты).

6. Геохронологические определения для сколитсодержащих метасоматитов (34 ± 3 млн. лет), окаймляющих сернокислые вторичные кварциты, свидетельствуют о наложенном характере гидротермального процесса на интрузивный и эффузивный комплексы пород.

7. Формирование метасоматических и рудных формаций происходит в стадии постинтрузивной минерализации в едином процессе эволюции гидротермальных растворов (от сравнительно щелочных до кислых) на фоне последовательного понижения температуры.

Т.Ш.Гогинвили, А.И.Суживили,
Т.Г.Зулишвили, М.И.Чохонелидзе
(КИМС)

МЕТАСОМАТИЗМ И КОЛЧЕДАННОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ В БОЛНИССКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

1. Металлогения Болнисского рудного района, составной части Сомхито-Карабахской металлогенической зоны Малого Кавказа (Твалчрелидзе, 1961), характеризуется резко выраженным колчеданно-полиметаллическим обликом.

2. С гидротермальной медноколчеданной формацией генетически, нередко и пространственно, связаны баритовая, барит-полиметаллическая, медно-молибденовая, медно-цеолитовая, гематитовая, кремнисто-цеолитово-марганцевая и ртутная формации. Первые три нередко ассоциированы в пределах одного месторождения, создавая ярко выраженную вертикальную зональность (Назаров, 1966; Гогинвили, 1969 и др.). Другие же развиты на флангах или самостоятельно, в региональном плане подчеркивая латеральную зональность колчеданно-полиметаллического комплекса в целом.

3. Руды и закономерно сочетающиеся с ними метасоматиты, снизу вверх представленные кварц-серицит-хлоритовыми образованиями-околорудными породами медноколчеданных залежей, вторичными кварцитами и гидротермальными аргиллитами - метасоматитами баритовых и барит-полиметаллических руд, на флангах сменяются пренит-цеолитовыми с самородной медью и кремнисто-цеолитовыми (с мордени-том, клиноптилолитом и монтмориллонитом) метасоматитами марганцевых руд. Постепенные переходы и тесные взаимоотношения между рудами и метасоматическими образованиями, очевидно, свидетельствуют об их генетическом родстве и близодновременном происхождении из единого эволюционирующего флюида.

В аспекте изложенного процессы метасоматизма и колчеданного рудообразования района представляются непрерывными явлениями, в которых разнообразие гидротермалитов и руд определялось главным образом различием геологических и физико-химических условий их становления.

МЕТАСОМАТИТЫ И ОРУДЕНЕНИЕ КАЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НА ПРИМЕРЕ КАФАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

1. Специальными исследованиями В. Т. Акопяна достоверно установлено, что Кафанское рудное поле приурочено к одноименной брахиантиклинали, осложненной второстепенной складчатостью. Время заложения и окончательное оформление структуры — вкрайней мере, поздний мел. Наиболее древние отложения, вскрываемые непосредственно на Кафанском месторождении, имеют среднеюрский возраст и представлены андезитовыми, андезито-базальтовыми порфиритами (подрудная толща). Последние согласно переходят в андезито-дацитовые, андезитовые порфириты (рудовмещающая толща). На указанные отложения с угловым несогласием налегают песчаники, андезито-базальты и их пирокласты оксфорда-кимериджа (надрудная толща).

Вышеописанные отложения титона, титона-валанжина, больше сложены андезитами, андезито-базальтовыми порфиритами и являются рудовмещающими для целого ряда рудопроявлений.

Осадки валанжина-готерива, саррема, апта, верхнего титона и коньяка выражены преимущественно осадочными, осадочно-вулканогенными фациями. Рудная минерализация в них имеет спорадическое распространение.

Интрузивные породы и малые интрузии имеют посленеокомский возраст и содержат относительно меньшие концентрации рудной минерализации.

Рудоконтролирующим является ряд тектонических нарушений меридионального направления, тесно сопряженных с рудо локализуемыми близширотными. Первые отчетливо "прошивают" большую часть вышеуказанных отложений.

2. Метасоматиты и сопряженное с ними оруденение в пределах Кафанского месторождения выявляют нередко асимметричную метасоматическую зональность по отношению к конкретным рудоконтролирующим разломам. В целом латеральная зональность выражается от внешних зон к внутренним: пропилиты — вторичные кварциты (+сульфатная минерализация). В различных блоках устанавливается спе-

цифика развития типов метасоматитов и минерализации.

Наиболее отчетливо проявлена в рудном районе вертикальная зональность. В породах нижнего байоса в "подрудной толще" главенствующий парагенезис эпидот-хлорит-карбонатный при подчиненном распространении сульфидной минерализации. В "рудоносной толще" больше развиты продукты кислотного выщелачивания (монокварциты, кварц-серицитовые, алунит-гематитовые метасоматиты) наряду с хлорит-карбонатным, хлорит-серицит-карбонатным и меньше - эпидот-хлорит-карбонатным парагенезисами.

Породы "надрудной толщи" характеризуются значительно меньшим распространением продуктов собственно кислотного выщелачивания. Основными парагенезисами в этих породах и выщележащих являются хлорит-карбонатный, нередко с эпидотом, кварц-хлорит-пренит-карбонатный, карбонат-цеолит-халцедон-карбонатный, карбонат-цеолитовый парагенезисы. Гидротермально изменены и минерализованы также интрузивные породы (Шикахох) и малые интрузии (Дзорастан).

Верхний возрастной предел вышеотмеченных типов гидротермального изменения пород геологическим картированием не устанавливается, что и позволяет нам считать их в основном разновозрастными.

3. Оруденение тесно сопряжено с вышеуказанными метасоматитами и ассоциирует наиболее интенсивно с кварц-серицитовыми, кварц-серицит-хлорит-карбонатным парагенезисами.

Минеральный состав руд тождественен таковым колчеданных (медно-рудных) месторождений. Наиболее отчетливо выражены парагенезисы: кварц-пиритовый, кварц-пирит-халькопиритовый, кварц-пирит-энергитовый, кварц-пирит-теннантит-сфалерит-галенитовый с золотом. Меньше проявлены парагенезисы пирит-халькопирит-молибденитовый, пирит-магнетит-гематит-молибденитовый и др.

Большой аналитический материал позволяет утверждать, что устанавливается определенная тенденция распределения некоторых металлов (минералов) по отношению к рудоконтролирующим разломам.

Ряд проявлений в породах оксфорда-кимериджа, титона, титона-валанжина, апта представляет собой продукты разгрузки фронтальной части общей рудообразующей системы.

Независимо от возраста рудоуносящих пород метасоматическая колонка имеет вполне закономерное строение; существенное

значение при этом имеет состав вмещающих пород и "уровень глубинности". Отдельные члены колонки местами редуцированы, в других случаях интенсивно и полно выражены. Последовательная смена зон от внешних к внутренним вполне определенная.

Выявленная общая единая метасоматическая колонка выявляет много общих черт с таковой смежных рудных полей, а также с месторождениями колчеданного типа Урала. В докладе приводится сопоставительный материал.

МЕТАСОМАТИЗМ И РУДООБРАЗОВАНИЕ
В КЕДАБЕКСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

1. Металлогеническая специфика Кедабекского рудного района-составной части регенерированной геоантиклинальной Сомжитско-Карабахской зоны (Твалчрелидзе), выражается в развитии здесь, наряду с господствующей колчеданно-полиметаллической группой формаций, минерализации медно-порфирового типа. Эта специфика определяется геологическим положением района в пределах поднятого блока фундамента с редуцированным чехлом, сложенным, в основном, продуктами поздних стадий геосинклинального этапа развития - породами натровой дацит-дипаритовой, плагиигранитной и габбро-диорит-гранодиоритовой формаций.

2. Месторождения и проявления района и поля гидротермально измененных пород размещены, преимущественно, в зоне сочленения сквозного поперечного разлома глубокого заложения, отнесенного к категории рудоконцентрирующих структур, со структурами северо-западного простираня. Структурные особенности месторождений обусловлены сочетанием крупных разрывов с контактами интрузий, даек, субвулканических тел, зонами меж- и внутриформационного отслаивания и рассланцевания.

3. Последовательный ряд парагенезисов руд и соответствующих им метасоматитов, обуславливающий латеральную зональность рудно-метасоматического комплекса в пределах района, многократно отражен и в структурах меньших порядков - в пределах рудных полей и месторождений, нередко характеризующихся вертикально-зональным строением.

4. В сводной рудно-метасоматической колонке района ядерные и, одновременно, наиболее глубинные зоны в зависимости от состава исходных пород слагаются скарнами, кварц-полевошпатовыми метасоматитами, пропилитами актинолит-эпидотовой ступени и грейзеноподобными андалузит-ортоклазово-кварцевыми и турмалиновыми породами, сопровождающими незначительную кварц-магнетитовую и кварц-молибденитовую минерализации.

Во времени и пространстве они последовательно сменяются вы-

сокоглиноземистой и серицитовой фациями вторичных кварцитов и кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами, сопровождающими серно-медноколчеданные, медно-цинковые, иногда медно-молибденовые руды, а затем - серицит-каолинитовыми вторичными кварцитами, сопровождающими барит-полиметаллические руды. Колонку венчают кремнисто-монтмориллонитовые породы.

5. Постепенные переходы и тесные взаимосвязи между основными рудными формациями: серно-медноколчеданной, медно-молибденовой, полиметаллической, баритовой и гематитовой с одной стороны и соответствующими им метасоматическими формациями - с другой, приводят к выводу об их генетическом единстве. Различия между ними достаточно полно объясняются геологическими и физико-химическими условиями становления.

6. Наложенность рудно-метасоматической колонки на вулканические и интрузивные породы, включая и производные жильной сери, наряду с другими геологическими фактами, приводит к выводу о посленеокомском возрасте всей рудной минерализации Кедабекского рудного района.

О ПРИЧИННОЙ СВЯЗИ КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ
С МЕТАСОМАТИЧЕСКИМИ КОЛОНКАМИ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
В БАЗАЛЬТОИДНЫХ ФОРМАЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ МУГОДЖАР)

Колчеданные месторождения Мугоджар, как и большинство подобных объектов других районов, приурочены к метасоматическим колонкам кислотного выщелачивания в базальтоидных формациях. Типовые зоны колонок сложены существенно кварцевыми метасоматитами, образовавшимися по исходным породам в результате выноса всех породообразующих элементов, кроме кремния (метасоматиты области выщелачивания). Метасоматиты передних зон образовались благодаря переотложению железа, магния, алюминия, иногда кальция, вынесенных из области выщелачивания. Они представлены существенно хлоритовыми или антофиллит-кордиеритовыми породами (метасоматиты области отложения). Рудные тела, формируя одну из зон колонок, располагаются на контакте областей выщелачивания и отложения, больше тяготея к последней.

Теоретическое изучение процессов кислотного выщелачивания методами термодинамики неравновесных процессов, с учетом взаимного влияния веществ, поступающих в раствор, на поведение друг друга, позволяет сделать следующие выводы:

- Выраженная метасоматическая колонка кислотного выщелачивания образуется при резком понижении pH растворов, находившихся в равновесии с породой.

- Поведение компонентов в метасоматическом процессе определяется их растворимостью (вернее, изменением растворимости в течение метасоматического процесса) и содержанием в породе. Компоненты, обладающие свойствами сильных оснований и поэтому легко растворимые в кислых водных растворах (щелочи и, частично, кальций), выносятся из породы на всем протяжении метасоматической колонки. При достаточно высоком содержании в породе они вызывают нейтрализацию кислых растворов, определяя формирование всей колонки. Менее растворимые компоненты, если их растворимость повышается с понижением pH, при значительном содержании в породе выносятся из области выщелачивания и частично переотла-

гаются в области отложения (магний, алюминий, железо, фосфор), а при незначительном - выщелачиваются на всем протяжении метасоматической колонки (титан, марганец, хром, ванадий). Компоненты, растворимость которых при понижении pH уменьшается, отлагаются или на всем протяжении колонки (цирконий, иттрий), или в ее тыловых зонах. Компоненты, не меняющие растворимость в пределах изменения кислотности растворов, остаются неподвижными (кремний).

- Обычно в области отложения переотлагается часть массы компонента, вынесенного из области выщелачивания, остальная часть выносится за пределы метасоматической колонки. Только в том случае, если в месте формирования метасоматической колонки в раствор поступают вещества (осадители), образующие с данным компонентом труднорастворимые соединения, этот компонент может накапливаться в количествах, значительно превышающих вынесенные из области выщелачивания.

- При прочих равных условиях данный компонент отлагается более концентрированно при его более высоком содержании в породе.

В колчеданных месторождениях в количествах, превышающих вынесенные из области выщелачивания, накапливаются элементы, образующие труднорастворимые сульфиды (железо, медь, цинк, свинец, иногда кобальт). Остальные переотлагаются лишь частично (на месторождении 50 лет Октября в области отложения фиксируется 10% фосфора, 17% алюминия, 62% магния от их количества, вынесенного из области выщелачивания). Отсюда можно заключить, что осадителем металлов является сульфидная сера, поступающая в раствор непосредственно в пределах метасоматической колонки.

Следовательно, формирование вулканогенных базальтоидных формаций органически обеспечивает благоприятные условия для образования колчеданных месторождений. Вулканизм является поставщиком галоидов, вызывающих резкое увеличение кислотности циркулирующих в породах вод и инъецирующих тем самым процесс кислотного выщелачивания, и сульфидной серы, выступающей в качестве осадителя металлов. Высокое содержание в породах натрия и кальция обеспечивает быструю нейтрализацию кислых растворов и концентрированное отложение сульфидов. А высокое содержание железа объясняет преимущественно шритовый состав колчеданных руд.

Если кислотное выщелачивание протекает в других породах (осадочных, метаморфических), химический состав которых в какой-то мере приближается к составу основных эффузивов, то при поступлении в пределы колонки сульфидной серы (в том числе и из пород) могут образоваться колчеданные месторождения, по составу почти не отличимые от таковых в эффузивах. В толщах, бедных железом, кислотное выщелачивание при наличии сульфидной серы приводит к образованию вкрапленных сульфидных руд.

В.Г.Золотарев, Н.И.Кремин,
А.Д.Дергачев, А.И.Поленков
(МГУ)

СООТНОШЕНИЕ МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ, ГЕОХИМИЧЕСКОЙ И ТЕМПЕ-
РАТУРНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ РУДООТЛОЖЕНИЯ НА ГУСЛЯКОВСКОМ
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (РУДНЫЙ
АЛТАЙ)

Характер метасоматической и рудной зональности на месторождениях колчеданного типа является одним из основных признаков при установлении их генезиса (Смирнов, 1964; Логинов, 1973).

Гусляковское месторождение локализовано в основании пачки туфоалевролитов, переходной от нижележащей кислой вулканической толщи к перекрывающим углистым алевролитам. Рудные тела, согласные с вмещающими породами и падающие вертикально, образуют компактную зону. Склонение крутое под углом 70° . В плане, представляющем палеовулканический разрез, установлено наличие древней депрессионной структуры протяженностью около 0,5 км, к центру которой приурочена главная масса руд. Характерными продуктами метасоматоза пород являются окварцевание, серицитизация, редко - хлоритизация. Карбонатизация обусловлена перераспределением повсеместно рассеянного в разрезе карбоната. В пределах депрессии установлено наличие двух зонально построенных ореолов метасоматитов, ось симметрии которых перпендикулярна напластованию пород. Внутреннюю часть ореолов слагают однородные микрокварциты, окаймленные зонами серицит-кварцевых и кварц-серицитовых пород, переходящими в измененные туфоалевролиты и липаритовые порфиры. Лишь в одном случае имеется промежуточная зона серицит-хлорит-кварцевых и кварц-серицит-карбонатных пород, развитых локально. Таким образом, это редуцированный тип характерной для колчеданных залежей метасоматической зональности. Столбы метасоматитов ограничивают распространение основной массы руд (включая сплошные руды), приуроченной к расположенной между ними зоне измененных туфоалевролитов. В серицит-кварцевой и микрокварцитовых зонах развиты маломощные прожилково-вкрапленные руды.

Рентгеновское изучение серицитов из метасоматитов выявило их крайнюю однородность (пики 10,05; 5,00; 3,33 Å), независимо от положения в лежащем или висящем боку, СЗ или ЮВ части место-

рождения. Однако в туфоалевролитах серициты представлены разностью, переходной от гидрослюд (пики 9,90; 4,98; 3,34 Å). Следов глинистых или смешаннослойных минералов не установлено. При сравнительно низкой степени метаморфизма пород и руд это свидетельствует о первично-гидрослюдистом составе илов, что, по-видимому, вызвано повышенным фоном калия (липаритовый состав окружающих вулканитов) и прогревом накапливавшихся в локальной депрессии илов в результате выхода возгонов, привносивших также железо и серу (образовывался эксталяционно-осадочный пирит, рассеянный в туфоалевролитах). Преобразование осадочного материала происходило как в приповерхностных условиях, так и после захоронения вышележащими породами на глубинах в первые сотни метров, причем один тип процесса перерастал в другой при одинаковой позиции в пространстве. С течением времени в метасоматическом процессе возрастает роль калия: выстилающие дно депрессии липаритовые порфиры с вкрапленниками кварца сменяются вверх по разрезу разностями с вкрапленниками калиевого полевого шпата и кварца. О доминирующей роли калия при образовании метасоматитов, вероятно, указывает редуцированный тип зональности. Хлориты, содержащиеся в виде незначительной примеси в ореолах метасоматитов, представлены шамозитом и турингитом, а к центру месторождения (зоне первичных пород) сменяются более магниезиальной разностью - рипидолитом.

Рудные тела, сложенные сфалеритом, галенитом, пиритом, халькопиритом и блеклой рудой, не обладают видимой зональностью. В центре месторождения на участке 70 м по простиранию, 350 м по падению и 120 м по мощности методом электронно-зондового микроанализа (JXA-5) изучено 39 сфалеритов и 36 блеклых руд, а декрептофоническим методом - 70 проб сфалеритового концентрата. Установлено концентрическо-зональное распределение составов блеклых руд в контуре рудной залежи с максимумом тетраэдритовой составляющей (№ блеклых руд 73-78, А до 6,0 вес.%) в участке раздува мощности рудных тел, снижающейся во все стороны (до №12 и 0,15 вес.% А); распределение железистости сфалеритов (I, 18 - 0,10 вес.%) сходно с ним. Вверх по разрезу градиент изменения зональности меньше, железистость сфалеритов уменьшается, а содержание цинка в блеклых рудах и сфалеритах возрастает, что установлено при обработке результатов на ЭВМ. Ось наибольших тем-

ператур (300–360°С) приурочена к центру залежи сплошных руд, выклиниваясь с глубиной. Зональность имеет асимметричное строение (240–260° в стратиграфически нижнем боку и закономерно падает до 60–80°С вверх по разрезу).

Формирование месторождения происходило в три сближенных этапа: 1) эксталяционно-осадочный (образование рассеянной пиритной залежи); 2) гидротермально-метасоматического изменения пород, начало которого совпадает с первым этапом, но в значительной мере протекавшей после его окончания (пирит в зонах метасоматитов перекристаллизован); 3) наложения практически безжелезистых и бессернистых полиметаллических растворов, происходившее одностадийно, на протопиритную залежь, явившуюся их химическим осадителем.

Геохимическая и температурная зональность свидетельствует о некоторой перестройке и наклоне структуры или подводящего канала, произошедших между 2 и 3 этапами. Фокус рудоподводящего канала, пространственно не совпадающего с путями движения растворов, произведших метасоматоз, приурочен к раздуву мощности рудных тел.

Все три типа выявленной зональности указывают на доскладчатый возраст колчеданно-полиметаллического оруденения и, таким образом, на его связь с раннегеосинклинальным вулканизмом.

В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович,
Н.Г.Кудрявцева
(ЦНИГРИ)

ТИПЫ МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И ИХ СООТНОШЕНИЯ
С ОРУДЕНЕНИЕМ НА КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РУДНОГО АЛТАЯ

1. На основных промышленных месторождениях рудноалтайской колчеданно-полиметаллической формации устанавливаются два типа метасоматических изменений вмещающих пород - кварц-серицитовый и карбонат-хлоритовый (часто с тальком). Представителями первого типа являются месторождения - Иртышское, Тишинское, Зыряновское, Ново-Березовское и др., второго типа - Корбаалихинское, Золотушинское, Ново-Золотушинское, Орловское, Майское и др.

2. Кварц-серицитовые метасоматиты слагают мощные и протяженные тела, нередко в виде лент уходящие на значительные глубины. Характерно отчетливое проявление поперечной (диффузионной) и продольной (инфильтрационной) метасоматической зональности. В первом случае устанавливается последовательное разложение плагиоклаза, карбоната и хлорита - исходных вулканогенных и туфогенно-осадочных сред с переходом к центральной зоне изменения, сложенной пирит-кварц-серицитовыми метасоматитами (с рутилом). При замещении известковистых терригенных пород карбонат оказывается более устойчивым, нежели хлорит, и соответственно зоны меняются местами. По мере приближения к центральной зоне изменения в составе карбонатов нарастают содержания железа и магния. В целом, геохимический смысл рассматриваемого типа изменения сводится к дифференцированному переводу в подвижное состояние и выносу натрия, кальция и магния при инертном поведении железа, глинозема и титана. Вполне подвижными привнесенными компонентами кислотного раствора являются калий, кремнезем и сера.

Внесенные основания переотлагаются в направлении течения раствора, обуславливая инфильтрационную метасоматическую зональность. На замыканиях рудоносных структур в направлении их восстания и воздымания над кварц-серицитовыми метасоматитами отмечается зона накопления хлорита, выше - хлорита и карбоната и далее - существенно карбонатных новообразований. Карбонат в главной сво-

ей массе выступает как более поздний по отношению к хлориту минерал. Относительно ограниченный масштаб развития хлорит-карбонатных скоплений позволяет считать их концентраторами оснований, вынесенными лишь из верхних уровней зоны выщелачивания. Продукты выноса из глубоких горизонтов обнаруживаются в виде тел хлоритолитов, наложенных на кварц-серицитовые метасоматиты в центральных зонах.

Колчеданно-полиметаллические залежи вписаны в контур зон максимального выщелачивания и выступают, как образования более поздние по отношению к кварц-серицитовым метасоматитам и хлоритолитам. Отмечается близкопарагенная связь сульфидов с кварцем и карбонатом. Для данного типа рудных залежей характерна не-контрастная "растянутая" зональность в различных направлениях при некоторой фациальной изменчивости руд в зависимости от состава вмещающих сред (повышение колчеданности в хлоритолитах, накопление свинцово-цинковых ассоциаций в обогащенных серицитом породах и т.д.).

3. Карбонат-хлоритовые и тальк-карбонат-хлоритовые метасоматиты формируют самостоятельные зоны околорудных изменений. Отличительными их чертами являются: относительно небольшие размеры, линзовидно-кулисная форма залегания, четкая зональность вдоль путей движения гидротерм при резко ограниченной дифференциации вещества в поперечном направлении. В случае бестальковых парагенезисов нижние уровни зон изменения обычно бывают сложены существенно хлоритовыми породами, средние - смешанными разностями метасоматитов, состоящими из хлорита, карбоната и серицита, верхние - существенно серицитовыми породами. На объектах с заметным содержанием талька устанавливаются две стадии минерализации, разделенные периодом тектонических подвижек. В раннюю стадию формировались хлоритолиты, а на замыканиях структур - серицитолиты. В позднюю стадию происходило отложение карбоната и талька, причем основная масса первого минерала выпадала в тыловых частях рудолокализирующих структур, а второго - во фронтальных участках.

Основные черты химизма рассматриваемого типа изменений заключаются в поступлении в породы значительных количеств магния и кальция, а также перемещенных инертных компонентов - глинозема и железа. Зоны серицитовых пород возникали в связи с выносом

калия на уровне хлоритизации с последующим переотложением этого компонента на верхних горизонтах структур.

Колчеданно-полиметаллическое оруденение является близкоодновременным со всем комплексом метасоматитов, что доказывается многими геологическими наблюдениями. При этом на отдельных объектах устанавливается связь метасоматической и рудной зональности, выраженная в тесной ассоциации хлоритолитов с существенно сфалеритовым парагенезисом, карбонат-серицит-хлоритовых метасоматитов — с полиметаллическим парагенезисом, а серицитолитов — с барит-пиритовым парагенезисом.

На нижних горизонтах некоторых месторождений (Орловское, Ново-Золотушинское) намечается переход рассмотренного комплекса послемагматических образований в безрудные породы зоны выщелачивания. В большинстве же случаев последняя скрыта на глубине.

4. Различия двух групп месторождений находят себе объяснения в генетической неоднородности рудноалтайских объектов и их связях с различными по глубинности структурами. Рудоносные зоны выщелачивания (первый тип), контролируемые протяженными на глубину расколами, обновившимися в орогенный этап, характеризуются полным проявлением кислотно-щелочной дифференциации на путях инфильтрации растворов (Коржинский, 1958) и как следствие этого — телескопированием продуктов кислотной и поздней щелочной стадий. В отличие от них тальк-карбонат-хлоритовые метасоматиты и ассоциирующие с ними руды (второй тип) обнаруживают тесные связи с синвулканическими малоглубинными структурами, в пределах которых на коротком интервале выщелачивание оснований сменялось их переотложением совместно с рудными компонентами первичного раствора.

ЗОНАЛЬНОСТЬ И ЭТАПНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ
НА ТИШИНСКОМ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
(РУДНЫЙ АЛТАЙ)

Тишинское колчеданно-полиметаллическое месторождение приурочено к вулканогенно-осадочным образованиям среднедевонского возраста. Крутопадающие рудные тела месторождения залегают согласно с вмещающими породами и располагаются на контакте толщи андезито-базальтовых порфиритов и их туфов (со стороны лежачего бока) и пачки углисто-глинистых и известковистых алевролитов (со стороны висячего бока). На месторождении развит обширный зонально построенный ореол гидротермально измененных пород, приуроченный главным образом к породам лежачего бока.

В истории формирования месторождения выделено пять основных этапов.

1. В первый этап эвсталяционно-осадочного рудообразования были сформированы полосчатые колчеданные руды и сопутствующие им своеобразные породы - доломитолиты - которые большинством предшествующих исследователей принимались за более поздние метасоматические образования.

2. Второй (ранний колчеданный) этап проявился в формировании метасоматических колчеданных залежей, пространственно совмещенных с эвсталяционно-осадочными рудами, и интенсивном кварцево-серицитовом изменении вмещающих пород, результатом чего явилось образование мощного зонального ореола. Метасоматическая колонка этого этапа является типичной для колчеданных месторождений и имеет следующий вид: а) неизменные породы, б) кварц-хлорит-карбонатные и кварц-хлорит-серицит-карбонатные породы внешней зоны, в) кварц-хлорит-серицитовые породы промежуточной зоны, г) кварцево-серицитовые породы и серицитолиты внутренней зоны, д) кварциты внутренней зоны.

3. Третий этап - калиевый метасоматоз, проявившийся в интенсивной локальной калишпатизации пород лежачего бока, Причиной калишпатизации явилась гидротермальная деятельность, сопровождавшая формирование экструзий липаритового состава, развитых

в перекрывающей рудовмещающие толщи Успенской свите поздней-фельско-раннеживетского возраста.

4. Четвертым этапом явился этап магнезиального метасоматоза, сопутствующего процессу полиметаллического оруденения, выразившийся в формировании локальных зон хлоритолитов, сложенных иногда почти мономинеральным магнезиальным хлоритом.

5. Пятый этап - орогенного динамотермального метаморфизма, в результате которого вмещающие породы и руды были интенсивно деформированы, рассланцованы. Почти повсеместно в рудах и метасоматитах проявились процессы перекристаллизации и перераспределения минералов, которые в значительной степени затушевывали первичные взаимоотношения минеральных ассоциаций. С этим этапом связано также формирование поздних кварцево-сульфидных жил.

У. ТИПЫ МЕТАСОМАТИТОВ

М.Б.Бородаевская, С.Т.Агеева,
А.Г.Злотник-Хоткевич, М.И.Вахрушев
(ЦНИГРИ)

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ ЗОН РЕГИОНАЛЬНЫХ РАЗЛОМОВ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ И ИХ СООТНОШЕНИЯ С КОЛЧЕ- ДАННЫМ ОРУДЕНЕНИЕМ

1. В последние годы в зоне южного замыкания Магнитогорского метасинклиория и смены его троговыми структурами Северных Мугоджар в вулканитах силуро-девонского ($S_2 - D_2$) возраста выявлены разнообразные по составу высокотемпературные метасоматиты, локализованные в зонах крупных субмеридиональных разломов, часто являющихся ограничениями троговых структур, и пространственно связанные с экзоконтактами интрузий габбро-гранитной формации ($D_2 - C_1$), завершающими развитие палеозойских геосинклинальных базальтоидных вулканогенных формаций.

Поскольку высокотемпературные метасоматиты являются вмещающими породами для целого ряда колчеданных месторождений и рудопроявлений (Весеннего, Аралчинского, им.50 лет Октября, Авангарда, Лучистого и др.), также приуроченных к зонам крупных нарушений, вопросы соотношения их с колчеданным оруденением имеют как теоретическое, так и практическое значение.

2. Минеральный состав метасоматитов существенно зависит от состава исходных пород, подвергавшихся преобразованию в условиях прогрессивного метаморфизма. Неизменные базальты являются основой для создания амфиболовых, альбит-амфиболовых, кварц-альбит-амфиболовых и кварц-альбит-кордиерит-амфиболовых метасоматитов; за счет кислых пород возникает кварц-биотит-амфиболовые разности. Наиболее интересны по соотношениям с процессом оруденения амфибол-флогопит-кордиеритовые породы и серицит-мусковит-кварцевые с кордиеритом и андалузитом, развивающиеся в зонах предколчеданного кислотного выщелачивания по измененным основным и кислым породам соответственно. В небольших количествах в метасоматитах различного состава иногда присутствуют гранат, пироксен, корунд, алуминавит.

Характерными рудными минералами являются магнетит и гематит, пирротин.

3. Время возникновения метасоматитов определяется, с одной стороны, наложением их на краевые части интрузивных массивов, нередко с образованием глыбовых брекчий из обломков интрузивных пород, цементируемых альбит-амфиболовым или кварц-альбит-амфиболовым агрегатом, а с другой стороны - пересечением метасоматитов неизменными жильными породами этой же габбро-гранитной формации.

4. Пространственная и показанная выше тесная временная связь метасоматитов с гранитоидами, приуроченность их к зонам глубинных разломов, позволяют считать их прогрессивными метаморфическими образованиями, имеющими общий источник питания с гранитоидами.

5. Руды медноколчеданных месторождений по отношению к метасоматитам являются более ранними, что установлено на месторождениях им. 50 лет Октября, Авангар, Весеннем и Лучистом. В участках пространственного совмещения руд и метасоматитов отмечается перекристаллизация руд с преобразованием первоначально тонкозернистых метаколлоидных сростаний рудных минералов в крупно- и гигантозернистые агрегаты, прорастание зерен рудных минералов амфиболом и кордиеритом со срезанием и пересечением рисунков зональности, а также образованием каемок пирротина, магнетита и гематита на зернах.

6. В регрессивную стадию метаморфизма описываемые метасоматиты подвергаются полной или частичной хлоритизации и серицитизации. Эти процессы сопровождаются также переотложением рудного вещества, установленном в небольшом масштабе на месторождениях им. 50 лет Октября, Осеннем и Весеннем. Значительный масштаб переотложения и переноса рудного вещества на расстояние до первых километров предполагается на рудопроявлении Жетеколь, где амфиболовые, кварц-альбит-амфиболовые и кварц-биотит-амфиболовые породы, развитые по лавам базальтов и субвулканическим телам липаритов на большом протяжении заражены вкрапленностью пирита, пирротина, халькопирита и сфалерита, сера которых, по данным изотопных измерений, имеет биогенное происхождение. Вероятным источником биогенной серы могут быть скопления диагенетических сульфидов в залегающих поблизости флишеидных отложениях

7. Поисковым признаком на колчеданное оруденение может служить присутствие вкрапленности сульфидов цинка, меди и железа в высокотемпературных метасоматитах, появление метасоматитов амфибол-флогопит-кордиеритового и серицит-мусковит-кварцевого состава, развивавшимся по основным и кислым породам, подвергнутых серицитизации, хлоритизации и окварцеванию в процессе предрудного кислотного выщелачивания, предшествовавшего и сопровождавшего отложение руд колчеданной формации.

КАЛИЕВЫЙ МЕТАСОМАТИЗМ И ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ОРЕОЛОВ КОЛЧЕДАНЫХ И ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
(ЮЖНЫЙ УРАЛ)

К числу процессов, сопутствующих колчеданному и золото-сульфидному оруденению, относится серицитизация, обусловленная, в значительной мере, привнесом калия и выносом натрия. Геохимическим выражением интенсивности серицитизации околорудных пород является величина отношения содержания калия к содержанию натрия (калий-натриевый показатель). Изменяется содержание не только петрогенных, но и рудогенных химических элементов.

Изучались гипогенные геохимические ореолы закрытого и открытого типа. Тип ореола определяется положением гидротермально измененных пород относительно рудного тела. На месторождении Октябрьском, Гайском и Майском эти породы залегают, преимущественно, со стороны лежачего бока рудных тел (закрытый ореол), а на Озерном и Миндякском, как со стороны лежачего, так и со стороны висячего бока (ореол открытого типа).

Пробы пород и пиритов подразделялись на группы по величине отношения содержания калия к содержанию натрия, в соответствии с интервалами K/Na , равными в логарифмическом масштабе: 0,01-0,03; 0,03-0,1; 0,1-0,3; 0,3-1; 1-3; 3-10; 10-30 и более 30. В каждой группе проб вычислялось среднее содержание или встречаемость отдельных элементов в породах и среднее содержание элементов в породах и среднее содержание элементов-примесей в пиритах.

Характеристика околорудных пород изученных месторождений по содержанию калия, натрия и величине их отношения приведена в таблице.

Минимальные значения содержаний металлов (%) и величины K/Na измеряются сотыми долями. Распределение содержаний металлов согласуется с нормальным, а величины K/Na - с логнормальным законом. Наиболее значительные из колчеданных месторождений (Гайское) выделяется наименьшим содержанием калия и минимальным средним значением K/Na .

Месторождения	К-во проб	С о д е р ж а н и е , %						К/Na		
		К		Na		K+Na				
		\bar{C}	C_{max}	\bar{C}	C_{max}	\bar{C}	C_{max}	\bar{C}	C_{max}	
Колчеданные	Октябрьское	587	1,5	5,1	1,6	5,0	3,1	6,1	1,7	50
	Гайское	486	0,65	4	1,25	5,6	1,9	5,8	0,5	20
	Майское	138	1,6	5,4	1,6	4,9	3,2	6,2	1,4	32
	Озёрное	59	1,3	2,9	0,9	4,7	2,2	4,8	1,9	15
		1252	1,2	5,4	1,4	5,6	2,6	6,2	1,08	50

Золото-сульфидное										
Миндяжское	208	1,6	6,1	1,7	4,7	3,3	7,0	1,04	50	

Примечание: \bar{C} - среднее арифметическое, C_{max} - максимальное значение, \bar{C} - среднее геометрическое.

В закрытом геохимическом ореоле колчеданных месторождений увеличение калий-натриевого отношения сопровождается уменьшением суммы содержания калия и натрия от 4% до 2% за счёт возрастающей интенсивности выноса натрия при более или менее стабильном содержании в породах калия. С ростом величины K/Na и уменьшением суммы щелочных металлов в околорудных породах увеличивается содержания и встречаемость главных элементов колчеданного комплекса: меди, цинка, свинца, мышьяка, серебра, бария, молибдена и уменьшаются содержания иода, ванадия и марганца. Распределение никеля, кобальта и титана не зависят от K/Na .

В открытых геохимических ореолах колчеданных месторождений, в отличие от закрытых, с увеличением K/Na не происходит уменьшения содержания $K+Na$, а минимальные значения этой суммы соответствуют интервалам распределения K/Na 1-3 и 3-10. Максимальные содержания и встречаемость большинства элементов колчеданного комплекса обнаруживаются в породах с калий-натриевым отношением в пределах от 1 до 10.

Для открытого геохимического ореола золото-сульфидного месторождения характерно отсутствие однонаправленной связи между K/Na и суммой содержаний калия и натрия. Максимальные содержания золота и мышьяка - главных элементов ореола золото-сульфидного месторождения, приурочены к слабо- и средне-изменённым породам

с калий-натриевым отношением от 0,1 до 10. Медь и цинк, не характерные для данного ореола, имеют стабильно низкие содержания в породах независимо от величины K/Na

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

1. На колчеданных месторождениях с ореолами закрытого типа, залегающими под толщами слабо-измененных пород, выявлена тесная прямая корреляционная связь между интенсивностью калиевого метасоматоза и отложением рудных элементов, совместно формирующих геохимический ореол. В открытых ореолах колчеданных и золото-сульфидных месторождений фиксируется более сложный характер связи, имеющий сходство для основных рудных элементов на месторождениях обоих типов.

2. Сложный однотипный характер связи между K/Na показателем пород и содержанием элементов-примесей в пиритах наблюдается в ореолах месторождений различных рудных формаций независимо от локализации их в открытых или закрытых структурах. Максимальные содержания рудных элементов приурочены к пиритам в породах с величиной калий-натриевого отношения до трех.

3. Поскольку поиски в закрытых структурах требуют получения максимально надежной информации, целесообразно также изучение содержания мода, натрия, марганца и ванадия, обнаруживающих четкую обратную корреляционную связь с величиной калий-натриевого показателя.

КАЛИШПАТ-СЕРИЦИТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ, КАК ОКОЛОРУДНЫЕ ПОРОДЫ
СИБАЙСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В околорудных измененных породах Сибайского рудного поля обнаружен калиевый полевой шпат, находящийся в парагенезисе с серицитом. Полевой шпат заполнил миндалины и другие пустоты в лавах и туфах, а также метасоматически заместил часть кристаллов альбита. Серицит образовался метасоматически за счет основной массы породы и части альбитовых кристаллов. Отдельные прослои туфов претерпели интенсивное изменение и целиком сложены двухминеральным парагенезисом: серицит + полевой шпат.

В исследованных породах отмечается закономерная смена парагенезисов в направлении от лежачего бока рудной залежи к высячему: кварц+серицит+пирит — нижнее рудное тело — серицит+калиевый полевой шпат (среднее рудное тело) — зеленый серицит (обогащенный трехвалентным железом)+гематит+карбонат — верхнее рудное тело — серицит+хлорит+карбонат. В этой зональности полевошпат-серицитовый парагенезис располагается только в средней зоне непосредственно выше зоны кислотного выщелачивания — (кварц+серицит+пирит) и не отмечается ни в районе верхнего рудного тела, ни под подошвой нижнего. По-видимому, полевошпат-серицитовая зона соответствует области отложения перемещенных компонентов, в частности, глинозема. Граница зон выщелачивания и осаждения резкая. На флангах рудных тел они разделены лишь тонким горизонтом слоистых руд и рудокластов мощностью около 2м.

Анализ парагенезисов показывает, что при формировании полевошпат-серицитовых пород K_2O и Al_2O_3 характеризовались инертным поведением, в отличие от нижележащей зоны выщелачивания, где инертен был только глинозем. На границе зон, по-видимому, происходило резкое изменение кислотности растворов и, возможно, активности серных анионов.

Породы, вмещающие Сибайское рудное поле, подверглись региональному метаморфизму в пренит-пумпеллитовой фации. В них встречается розовый ортоклаз, образующий гнезда и прожилки вместе с кальцитом и кварцем. По-видимому, возникновение здесь ортоклаза

связано с процессом регионального метаморфизма. Согласно литературным данным при зеленокаменном метаморфизме базальтоидных толщ происходит заметный вынос калия (Белоусов, 1969). Возможно, что в фации зеленых сланцев калий вследствие вполне подвижного состояния и низкой концентрации в метаморфизующих растворах (низкого отношения $A_{K^+} : A_{Ca^+}$) не образует собственных минералов и выносится из пород. При более низкотемпературном метаморфизме, например, в пренит-лунпеллитовой фации, калий, будучи освобожденным из плагиоклазов и других минералов, осаждается на месте в составе ортоклаза. При этом возможно незначительное перемещение калия с обогащением отдельных участков толщи ортоклазом.

О МАГНЕЗИАЛЬНОМ МЕТАСОМАТИЗМЕ НА СТРЕЖАНСКОМ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)

Стрежанское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено на северо-востоке Лениногорского рудного района и локализовано в складчатых структурах, осложняющих северо-западное крыло Белоубинского синклиория.

Как показали исследования автора (Округин, 1973), Стрежанское месторождение является объектом полихронной и полигенной природы. Сегодняшний облик месторождения обусловлен последовательным проявлением трех этапов минералообразования: раннего сингенетичного вулканогенно-осадочного (эйфель-живет), более позднего гидротермально-метасоматического, также тесно связанного с девонским вулканизмом (ср. верх. девон-н. карбон) и заключительного - этапа регенерации (в. палеозой?).

При формировании гидротермально-метасоматических руд (руды 2-го этапа) исключительно важную роль сыграли процессы метасоматизма. Они привели к образованию таких продуктов как серицитолиты, хлоритолиты и кварциты, которые часто связываются постепенными переходами. Наиболее четко это проявлено в пределах Южной рудной зоны, где метасоматиты, непосредственно вмещающие рудные залежи (серноколчеданные, медноколчеданные и медно-цинковоколчеданные), развиты по кислым девонским вулканитам. Специфической особенностью месторождения является наличие продуктов магнезиального метасоматизма (выделены впервые автором), развитых преимущественно в Северной рудной зоне. Названные метасоматиты образуют, в целом, симметричный ореол околорудно измененных пород, вмещающих медно-цинковоколчеданные и колчеданно-полиметаллические руды. Внутренние части ореола, непосредственно контактирующие с рудами, представлены талькитами, которые сменяются хлорит-тальковыми до хлоритолитов метасоматитами. Мощность тальцитов меняется в пределах 0,5-2,0 м, хлорит-тальковых и хлоритолитов - 5-30 м. Внешние зоны сложены хлорит-серицит-кварцевыми до кварцитов образованиями. Это наиболее мощные зоны: 40-60 м. Главными минералами околорудно-измененных пород являются Mg -хло-

рит (типа пеннина, лейхтенбергита), тальк, серицит и кварц. Карбонаты (преимущественно кальцит, реже доломит) встречаются постоянно, но в количествах меньших 2-3%. Диагностика хлоритов и талька основана на данных иммерсионного, рентгеновского, химического и термического анализов. Судя по литературе, такая идентификация указанных минералов выполнена впервые для Рудного Алтая. По результатам химического анализа рассчитаны формулы минералов. Приближенно-количественным спектральным анализом хлоритов и талька выявлены особенности распределения элементов-примесей. Оценен баланс вещества при формировании метасоматитов.

ТИПЫ МЕТАСОМАТИТОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО ГИССАРА (СРЕДНЯЯ АЗИЯ)

1. Средняя Азия в настоящее время определена как новая колчеданосная провинция СССР. Наиболее изученными в этом районе являются колчеданно-полиметаллические месторождения Юго-Западного Гиссара, связанные с нижнекарбоневой субмаринной лапаритовой формацией. По условиям размещения они могут быть подразделены на две группы, локализованные: 1) в зоне Южно-Гиссарского регионального тектонического шва, разделяющего Байсунский срединный массив и Южно-Гиссарскую геосинклинально-складчатую область; 2) в вулкано-тектонических депрессиях, наложенных на докембрийский кристаллический фундамент срединного массива. Первые отличаются большим разнообразием фаций метасоматитов от среднетемпературной пропилитизации до низкотемпературной березитизации, в то время как вторые сопровождаются в основном березитизацией. Такое различие в проявлении метасоматитов обуславливает латеральную региональную зональность, согласно которой с удалением от тектонического шва в сторону срединного массива среднетемпературные метасоматиты на колчеданно-полиметаллических месторождениях сменяются низкотемпературными.

2. Пропилитизация проявлена в основном на месторождениях, приуроченных к поясу субвулканических даек, развитых в зоне Южно-Гиссарского тектонического шва (месторождение Сулукуль и др.). Вне этого пояса вулканогенные породы практически не затронуты пропилитизацией. Пропилитизация выразилась в образовании парагенезисов: кварц+альбит+эпидот+хлорит+пирит+кальцит и кварц+ортоклаз+эпидот+хлорит+пирит+кальцит. Характерной особенностью пропилитовых изменений является развитие кварц-полевошпатовых метасоматитов в альбандах рудных тел, а также кварц-ортоклазовых прожилков и жил, фиксирующих рудоносные тектонические нарушения.

3. Березитизация - наиболее распространенный тип метасоматических процессов на всех колчеданно-полиметаллических месторождениях Юго-Западного Гиссара. Она выразилась в образовании

собственно березитов в апокарбонатных кварц-анкеритовых метасоматитов.

Собственно березиты охватывают более узкие зоны по сравнению с пропилитами и являются типичными околорудными изменениями в вулканогенных породах (месторождение Хандиза, Южный Карасан и др.). Они выразились в образовании зон кварц-полевошпат+серицит+хлорит+карбонатных; кварц+серицит+хлоритовых(пирит); кварц+серицит+пиритовых метасоматитов, соответственно фиксирующих нарастающие стадии кислотного выщелачивания по мере приближения к рудоносной зоне. Соответственно для Хандизинского месторождения (от внешних к внутренним зонам) О. Андреевой отмечается следующий ряд парагенезисов: (кв+аб+кпш+сер+хл+карб (ка, анк) + гем (кв+кпш+сер+хл+ка+гем) кв+сер+анк+пир (кв+сер+пир) ^{х/}. Намечается также изменение состава минералов при переходе от внешних к внутренним зонам: кальцит сменяется анкеритом, магнезиально-железистый хлорит - магнезиальным, уменьшается содержание калия в серицитах и т.п. Особенностью березитизации месторождений, локализованных в зоне тектонического шва, является наложение их на пропилитизированные породы. Причем эпидот часто сохраняется в зонах березитизации, но при этом уменьшается его железистость.

Апокарбонатные кварц-анкеритовые метасоматиты являются наиболее характерными для месторождений, локализованных в зоне тектонического шва, где широко развиты блоки - ксенолиты карбонатных пород среди субвулканических интрузий. Эти метасоматиты проявлены в замещении известняков анкеритом и, реже, сидеритом с образованием густой сети прожилков и линзовидных тел. С зонами анкеритизации связана прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация, среди которой преобладает галенит и халькопирит. Нередко устанавливается зональность, которая выражается в смене внешней зоны доломитизации зоной железистого доломита (анкерита) и далее в центральной части кварц-анкеритовых метасоматитов и жильных их образований. Последние обычно по мощности соизмеримы с зонами прожилково-вкрапленных руд.

4. Помимо отмеченных типов метасоматитов на площади колчеданно-полиметаллических месторождений отмечаются также процессы

^{х/} Кв-кварц, аб- альбит, кпш - калиевый полево шпат, сер - серицит, хл - хлорит, карб - карбонат, ка - кальцит, анк - анкерит, гем - гематит, пир - пирит.

пиррофиллитизации, лиственитизации и др. Однако, с ними не связаны значительные скопления сульфидов и они могут рассматриваться лишь как признак воздействия рудообразующих растворов, отвечающих стадии кислотного выщелачивания на вмещающие породы.

У1. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ УСЛОВИЙ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО
ПОРОДО- И РУДООБРАЗОВАНИЯ

Р.А.Мартиросян, Б.В.Мустафазаде,
М.М.Мамедов, А.А.Алиев
(ИГ АН Азерб.ССР)

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАСОМАТИТОВ
НЕКОТОРЫХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОЛЬШОГО КAVKAZA
(В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНА)

На примере ряда месторождений Большого (Фидизчайское, Катехское, Кацдагское месторождения) и Малого (Ванклу-Арутюно-Гомерское и Гюльятаг-Джанятагское рудные поля) Кавказа предпринята попытка дать количественные петрогеохимические характеристики формирования метасоматитов.

Для ведущих колчеданно-полиметаллических месторождений Белокано-Закатальского рудного района установлена зональность в становлении их метасоматических колоннок. Она выражена в последовательности пространственно-временного развития метасоматитов от более ранних к более поздним: альбит-кварцевыми, кварцевыми, пирит-серицит-кварцевыми, кварц-пирит-серицитовыми, кварц-хлорит-карбонатными и хлорит-каолинитовыми. Установлен следующий ряд подвижности компонентов: H_2O , SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Fe , S , P_2O_5 , TiO_2 .

В Гюльятаг-Джанятагском рудном поле пирит-кварцевая, кварц-пиритовая, кварц-пирит-серицитовая, кварц-пирит-серицит-каолиновая, хлорит-эпидотовая фации образовались за счет плагиоклазовых порфириров. В Ванклу-Арутюно-Гомерском рудном поле пирит-серицит-кварцевая, каолинит-серицит-кварцевая и пирит-кварц-хлорит-эпидотовая фации образовались в результате гидротермальной переработки субвулканических кварцевых порфириров. Наблюдается следующий ряд подвижности компонентов: H_2O , CO_2 , SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Fe , S , TiO_2 , P_2O_5 .

Расчет баланса привноса-выноса произведен по экспресс-методу Кашкай-Мустафазаде (1972). Во всех названных рудных полях наблюдается определенная зональность в распределении фаций метасоматитов от рудного тела к свежим породам.

Температурный градиент имеет регрессивный характер, что и вызвало интенсификацию в основном инфильтрационного метасоматизма от интрузивных эндоконтактов к вмещающим их вулканитам (на Малом Кавказе). На Большом Кавказе этот метасоматизм в основном имел диффузионный характер с незначительными площадями развития метасоматитов. Изученный метаморфизм, согласно Д.С.Коржинскому, определяется как послемагматический метасоматический процесс кислотной и последующей поздней щелочной стадии.

О ПОВЕДЕНИИ НЕКОТОРЫХ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ
ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД
(на примере колчеданных месторождений северной части Арм.ССР)

Среди геохимических методов поисков гидротермально-измененные породы приобретают всё более широкое признание. Измененные породы развиваются в основном около рудных залежей и генетически связаны с ними, поэтому выявление и интерпретация измененных вмещающих пород и рассеянных в них рудных элементов имеет перво-степенное значение.

Изучение метасоматически-измененных пород колчеданных и полиметаллических месторождений северной Армении имело целью установление закономерностей распределения рудных элементов в измененных породах и выяснение причин этих закономерностей с целью разработки критериев для поисков скрытого оруденения.

1. Образование руд и связанных с ними измененных пород представляет собой единый процесс, важнейшие особенности которого находят свое отражение в закономерном распределении рудных элементов в околорудных гидротермально-измененных породах.

2. Отчетливо наблюдается корреляция между составом рудных элементов и типом изменения рудовмещающих пород. Это, в свою очередь, подтверждает тот факт, что рудные элементы подвергаются закономерному распределению уже в процессе формирования околорудно-измененных вмещающих пород.

3. На исследованных месторождениях установлена зональность гидротермально-измененных пород. Она выражается в следующей последовательности: кварц-серицитовая, серицит-хлорит-кварцевая, переходящая в кварц-хлоритовую. Для этих зон наиболее характерным комплексом рудных элементов является серебро, цинк, свинец, медь. Внешние зоны измененных пород представлены в основном хлоритизированными, эпидотизированными и альбитизированными породами. Для этих зон более характерными рудными элементами являются медь, цинк, барий.

4. В гидротермально-измененных породах рудные элементы встречаются как в форме собственных минералов, так и в форме

примесей в минералах измененных пород. Форма отложения рудного элемента во вмещающей породе определяется физико-химическими параметрами раствора и, прежде всего, его кислотностью-щелочностью. При данных физико-химических параметрах растворов, способствующих изменению вмещающих пород и образованию серицитов, хлоритов, эпидотов и т.д., рудные элементы все еще будут оставаться в растворе в форме комплексов; возможно, часть их, в силу кристаллохимических свойств, войдет в решетку новообразованных метасоматических минералов, что наблюдается на примере серицита. Здесь свинец Pb^{2+} - 1,32 Å способен заместить К (1,33 Å).

Дальнейшее изменение физико-химических параметров, особенно, кислотности-щелочности растворов будет способствовать отложению рудных элементов в сульфидной форме.

СВЯЗЬ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕЛОВ С ОКОЛУРУДНЫМИ МЕТАСОМАТИТАМИ НА КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Колчеданные месторождения всегда сопровождаются обширными полями весьма рассеянной рудной минерализации, которые выявляются в основном геохимическими методами и получили название эндогенных геохимических ореолов (ГО). ГО имеют качественно сходный с рудами элементный и минеральный составы и содержат значительные, обычно превышающие запасы рудных тел количества металлов. В строении ГО проявлена контрастная асимметричная относительно рудных тел зональность, которая в принципе однотипна для всех колчеданных месторождений и может быть представлена следующим обобщенным рядом элементов (в направлении от тыловых зон к фронтальным): W - Ba₁ - Mo₁ - Sn, Co, Ni - As₁-Bi - Cu₁, Au₁ - Mo₂ - Zn, Cd - As₂ - Pb - Ag - Cu₂, As₃, Au₂ - Ba₂ - Hg - J.

ГО в основной массе являются первичными, генетически едиными с рудными телами. В результате метаморфизма, регенерации рудного вещества или наложения более поздней минерализации иногда образуются эпигенетические по отношению к рудам, вторичные гипогенные ГО, имеющие подчиненное, локальное распространение.

ГО колчеданных месторождений пространственно тесно сопряжены с околорудными метасоматитами, но обычно распространяются за пределы визуально и микроскопически выделяемых зон околорудного гидротермального изменения пород. Генетическая взаимосвязь ГО с околорудными метасоматитами наиболее четко выражена для метасоматического колчеданного оруденения, сопряженного с процессами гипогенного выщелачивания, и проявляется в следующем:

а) в геохимической специализации определенных минеральных фаций метасоматической колонки кислотного выщелачивания: кварциты и кварц-серицитовые метасоматиты относительно обогащены молибденом, кобальтом, вольфрамом, иногда медью, хлоритсодержащие метасоматиты - медью, цинком, свинцом;

б) в аналогичном закономерном изменении состава элементов-примесей в пирите, образующем рассеянную вкрапленность в метасоматитах и являющемся основным минералом-концентратором ореолооб-

разующих элементов;

в) в повышении концентраций ореолообразующих элементов в основных минералах метасоматитов: серицитах, хлоритах, карбонатах, эпидотах;

г) в наличии четкой корреляции между концентрациями, соотношениями ореолообразующих элементов и калий-натровым отношением в метасоматитах;

д) в проявлении на некоторых месторождениях ореолов выноса цинка, меди и свинца, приуроченных к зонам максимального выщелачивания - к кварцитам, кварц-серицитовым метасоматитам.

Все это свидетельствует о синметасоматической природе ГО (во всяком случае, основной массы металлов, рассеянных в них) метасоматических колчеданных месторождений и указывает на формирование колчеданных руд, ГО и околорудных метасоматитов в течение длительного, но единого гидротермального метасоматического процесса. Подтверждением последнего является также выявленная при изучении ГО закономерная постоянная приуроченность аномальных концентраций металлов к фронту гипогенного выщелачивания пород даже в безрудных зонах метасоматитов. Образование ГО в данном случае отражает рядовую концентрацию металлов на фронте выщелачивания, тогда как формирование рудных тел происходит при сочетании специфических геологических и геохимических условий.

На вулканогенно-осадочных колчеданных месторождениях ГО, как и метасоматиты, широко и интенсивно развиты в подрудных толщах пород - в лежащем боку рудных тел вдоль рудоподводящих каналов, а в надрудных толщах пород они проявлены локально, развиваясь в непосредственно перекрывающих рудные тела кремнистых породах (силицитах).

Подобные кремнистые породы, обогащенные рудообразующими металлами и элементами, выносимыми из околорудных метасоматитов (Mn, V, Cr), устанавливаются в надрудных толщах над метасоматическими колчеданными залежами на значительном удалении от них. Они пространственно тесно сопряжены с надрудными ГО и, по-видимому, образуются на выходе гидротермального потока на поверхность. Учитывая очевидную связь этих пород с процессами колчеданного рудообразования и их важную роль как индикаторов скрытого оруденения, следует такие кремнистые породы (силициты) рассматривать как своеобразные гидротермально-осадочные аналоги околорудных метасоматитов.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В МЕТАСОМАТИТАХ УЗЕЛЬГИНСКОГО МЕДНО-ЦИНКОВОГО
КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Месторождение залегает в сложно дифференцированном вулканогенном комплексе пород среднего девона улутауской свиты. Разрез месторождения представлен (снизу вверх): а) основными эффузивами — миндалекаменными порфиритами и афиритами базальтового состава с прослоями их лавобрекчий; б) кислой рудовмещающей толщей, состоящей из пород субвулканической серии: липаритовых порфиров, андезит-дацитовых порфиров, магматогенно-эксплозивных брекчий; в) известняками; г) туфогенными (терригенно-кремнистыми) отложениями; д) вулканогенной толщей андезит-базальтового состава.

Рудные тела, сложенные сплошными сульфидными рудами и сопровождающиеся зонами рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации в основном в лежащем боку рудных тел, обычно приурочены к горизонтам эксплозивных брекчий. Основную массу руд составляет пирит, в меньшем количестве встречаются халькопирит, сфалерит, пирротин, редко блеклая руда и галенит.

Гидротермально-метасоматические процессы, проявившиеся на месторождении, привели к сильному преобразованию рудовмещающих пород, выразившемуся в изменении их минерального и химического состава. По интенсивности изменений различаются полные метасоматиты и частично измененные породы, которые в свою очередь состоят из ряда соответствующих зон или фаций. Принципиальная схема метасоматической зональности от рудных тел к периферии представляется в следующем виде: 1) серицит-кварцевые породы; 2) серицит-хлорит-кварцевые породы; 3) хлорит-кварцевые породы (встречаются спорадически); 4) частично серицитизированные породы, которые являются внешним обрамлением вышеуказанных метасоматитов; 5) окварцованные породы, распространенные в виде прослоев среди серицитизированных пород; 6) эпидотизированные породы, которые являются самой внешней зоной в колонке околорудного метасоматоза.

В исследуемых породах рассматривалось распределение Cu, Zn, Pb, Ni, Co, As, Sb, Mo, Ag, Cd, Sn, Ba, Mn, Cr, Ti, U, Ga, Ge, Zr, Sc, J, Sr, Bi, Jn.

Так как распределение химических элементов в породах носит вероятностный характер, для выявления закономерностей в их распределении привлекались статистические методы.

Все пересчеты были произведены на ЭВМ "Наири-С".

Полученные данные позволили сделать следующие выводы:

1. Гидротермально-метасоматические процессы, генетически связанные с процессом колчеданного рудообразования и заключающиеся в серицитизации, хлоритизации, окварцевании и эпидотизации вмещающих колчеданное оруденение пород, произвели перемещение целого ряда химических элементов как халькофильных, так и литофильных в породах околорудного пространства, заключающиеся в концентрации их в одних зонах и обеднении ими других. Об этом свидетельствует логнормальный закон распределения $Cu, Zn, Pb, Ag, Ba, Ga, Co, Ni, Mn, Cr, Ti, U, Zr, Sc, Y$. Низкая встречаемость $As, Sb, Cd, Sn, Ge, Mo, Bi$ и In в гидротермально-измененных породах не позволяет выявить закономерности в их распределении в околорудном пространстве.

2. В хлоритизированных до хлорит-кварцевого метасоматита породах в результате хлоритизации и окварцевания происходит накопление Ba и Zr ; на распределение других элементов эти процессы существенно не влияют. В серицит-кварцевых породах в результате серицитизации и окварцевания происходит накопление ряда элементов: Zn, Pb, Ba, Co, U, Sc и обеднение этих пород Ag и Ti . В серицит-хлорит-кварцевых породах в результате процессов серицитизации, хлоритизации и окварцевания происходит накопление целого ряда элементов: $Cu, Zn, Pb, Ba, Ga, Co, Mn, Cr, Ti, V, Sc$, обеднение этих пород Ag, Cr, Zr и Y . В частично серицитизированных породах в результате серицитизации накапливаются Zn, Pb, Ia, Ni, Mn, Sc , выносятся Co, Cr, Ti, V, Zr, Y . В окварцованных породах в результате окварцевания накапливаются $Zn, Pb, Ba, Mn, V, Zr, Sc$, выносятся Ag и Co . В эпидотизированных породах, являющихся периферийной зоной в метасоматической колонке, происходит накопление Pb, Ni, Zr, Y , обеднение Cu, Ag, Co, Ti . Усиление геохимических процессов в этой периферийной зоне, выразившееся в накоплении одних элементов в породах и обеднении их другими элементами, возможно, объясняется резкой сменой условий, а именно - зона эпидотизированных пород

расположена на контакте между рудовмещающими породами кислой толщи и перекрывающими их известняками.

3. Учитывая расположение зон гидротермально-измененных пород в околорудном пространстве месторождения и распределение элементов в них, можно отметить, что ряд вертикальной зональности элементов, выявленный для эндогенного ореола колчеданных месторождений Л.Н.Овчинниковым и др. в общем виде повторяется, отклонения по некоторым элементам, возможно, объясняются сложностью геологического разреза месторождения и частой перемежаемостью гидротермально-метасоматически-измененных пород. В общем виде на Узельгинском месторождении ряд вертикальной зональности элементов во вмещающих оруденение породах может быть представлен в следующем виде (снизу вверх):

1. Ba, Zr, Zn, Pb, Co, Ti, Sc;
2. Cu, Zn, Pb, Ba, Ga, Co, Mn, V, Zr;
3. Zn, Pb, Ba, Ga, Ni, Mn, V, Zr;
4. Pb, Ni, Zr, Y.

Л.А. Логинова
(Башкирское геологическое управление)

ПОЛИФОРМАЦИОННЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ОРЕОЛ
МИНДЯКСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Миндякское месторождение золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд расположено в Учалинском районе Башкирии. Оно приурочено к зоне рассланцевания, оперяющей глубинный долгоживущий Уралтауский разлом. Миндякская зона рассланцевания развита в палеозойских эффузивно-осадочных породах западного крыла Магнитогорского мегасинклинория.

В пределах рудного поля вулканогенно-осадочные породы подразделяются на четыре толщи, залегающие на месторождении в следующей последовательности (сверху вниз): плагиоклазовая, известковистая, диабазовая и алевритовая. Фаунистически охарактеризованные породы осадочных толщ относятся к Березовской свите нижнего карбона. Представления о возрасте эффузивных образований различны. Плагиоклазовая и диабазовая толщи датируются в диапазоне от верхнего силура до нижнего карбона. Н.И. Бородавский и А.Г. Акиншина, рассматривая указанные толщи как нижнекаменноугольные, считают, что наиболее древней является толща плагиоклазовых порфиритов, перекрывающая на месторождении более молодые породы вследствие запрокинутости антиклинальной складки. Другие исследователи отводят значительную роль в формировании геологического разреза участка месторождения надвиговой тектонике.

Эффузивно-осадочные породы рудного поля интродуцированы гипербазитами, диоритами, габбро и габбро-диоритами. Промышленное оруденение локализовано в диабазах, импрегнированных золотоносным пиритом. Эффузивные и осадочные породы в различной степени лиственитизированы. Оруденение и лиственитизация контролируются разрывными нарушениями.

Геохимический ореол Миндякского месторождения охватывает все породы вышеуказанных четырех толщ. По мощности рудной зоны ореол имеет двухъярусное строение. Верхний ярус ореола, приуроченный к плагиоклазовым порфиритам, характеризуется признаками золото-сульфидного и колчеданного типов оруденения. Нижний

ярус ореола, залегающий под плагиоклазовыми порфиритами, несет признаки только золото-сульфидного оруденения. В ореоле золото-сульфидного типа выделяются как признаки, не зависящие от литологии вмещающих пород, так и признаки, находящиеся в зависимости от литологии пород. Первая группа признаков фиксируется при изучении состава пиритной вкрапленности и по данным валового геохимического опробования пород; вторая группа - выявляется только при валовом опробовании пород.

К признакам ореола золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд, не зависящим от литологии, относятся:

- В пиритах. Повышенные содержания золота, мышьяка, никеля, кобальта, марганца и титана. Превышение содержаний никеля над содержаниями кобальта. Близкое к нулевому среднее значение δS^{34} колеблющееся в пределах от +2,5% до -2,5%.

- В породах. Повышенные содержания золота ($\geq 0,01$ г/т) и мышьяка ($\geq 0,02\%$) при пониженных содержаниях меди и цинка ($< 0,01\%$). Тесная прямая корреляционная связь золота с мышьяком, а также отсутствие корреляционной положительной связи между величиной K/Na и содержанием золота, мышьяка, меди, цинка,

проявление геохимического ореола золото-сульфидного оруденения имеет некоторые особенности в связи с литологией вмещающих пород. Так, ореол в осадочных породах отличается от ореола в диабазах и плагиоклазовых порфиритах повышенными содержаниями никеля, хрома и стронция ($\geq 0,03\%$), достигающими 0,5%. Содержания этих трех элементов в частях ореола, охватывающих осадочные породы, находятся в прямой корреляции с содержаниями золота и мышьяка. Повышенные содержания никеля, хрома и стронция в частях ореола, приуроченных к эффузивным породам, встречаются спорадически и связаны, обычно, с участками интенсивной карбонатизации.

С удалением от рудного тела в верхнем ярусе ореола ослабевают признаки золото-сульфидного оруденения и появляются и в пиритах, и в породах новые признаки, характеризующие другой тип оруденения - колчеданный. К ним относятся:

- В пиритах. Низкие содержание золота, никеля, кобальта, марганца и титана. Величина $Co/Ni \geq 1$. Разброс значений δS^{34} выходит за пределы интервала от +2,5% до -2,5%.

- В породах. Повышенные содержания меди и цинка. Тесная прямая зависимость содержаний этих элементов от величины K/Na .

Отмеченные особенности строения геохимического ореола свидетельствуют о его полиформационном происхождении.

Проявление ореола золото-сульфидного оруденения в породах всех четырех толщ и наличие геохимического ореола колчеданного оруденения только в пределах толщи плагиоклазовых порфиритов, позволяет говорить о наложении ореола золото-сульфидного оруденения на ореол минерализации колчеданного типа. Плагиоклазовые порфириты, охваченные двумя типами ореольной рудной минерализации, являются более древними, чем породы нижележащих толщ, а их положение в верхней части разреза связано с воздействием тектонических процессов.

При поисках золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд под плагиоклазовыми порфиритами в Миндякском рудном районе следует особое внимание уделять выявлению геохимических признаков ореолов золото-сульфидного оруденения. В толще плагиоклазовых порфиритов Миндякского рудного района, достигающей мощности 1000 м, возможно обнаружение колчеданных месторождений.

Ю.А.Долгов, И.П.Щербань
Г.А.Боровикова, Н.А.Гибшер
(ИГиГ СО АН СССР)

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛАВНЕЙШИХ ФОРМАЦИЙ
МЕТАСОМАТИТОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМ И ТЕРМОБАРОМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО АЛТАЯ И САЛАИРА)**

1. Метасоматически измененные околорудные породы, известные в пределах колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и Салаира, могут быть сгруппированы не менее чем в четыре метасоматические формации: антофиллитовых метасоматитов, кварцевых, кварцево-серицитовых и сопряженных с ними хлоритовых и тальковых метасоматитов, лиственитов-оерезитов и аргиллизитов.

2. Термодинамические расчеты показали, что образование антофиллитовых метасоматитов обусловлено воздействием на исходные породы кремнисто-магнезиальных ($\Sigma \text{SiO}_2 \cdot 10^{-5}$; $\text{Mg}^{2+} = 10^{+1} - 10^{-3}$), щелочных ($\text{pH} > 8-9$), высокотемпературных ($T = 550^\circ\text{C}$) растворов. Изучение газовой-жидких включений в минералах, сопровождающих метасоматиты, показали, что эти растворы характеризовались высокой концентрацией растворенных солей (до 30%) и помимо магния и кремниевой кислоты содержали Ca^{2+} , K^+ , Cl^- и HCO_3^- . В составе газовой фазы включений установлены CO_2 , H_2 , N_2 и сернистые газы. Давление в момент минералообразования составляло 800-1000 атм., а температура - $550-280^\circ\text{C}$.

3. Образование кварцевых, кварцево-серицитовых, а также сопряженных с ними хлоритовых и тальковых метасоматитов вызвано, как показали проведенные расчеты, одностадийным взаимодействием вмещающих пород с умереннокислым ($\text{pH} \leq 6$), калиево-магнезиальными ($\text{K}^+/\text{Mg}^{2+} = 10^{-3} - 10^{+3}$) растворами на фоне понижающейся кислотности. Хлоритовые и тальковые метасоматиты образовались в щелочных условиях ($\text{pH} > 8-9$), при близких значениях прочих параметров. Исследования газовой-жидких включений показали, что эти растворы при общей минерализации 10-25% содержали, кроме калия и магния, Ca^{2+} , Na^{2+} , Cl^- , и SO_4^{2-} . Газовая фаза включений представ-

лена CO_2 , H_2 , N_2 и сернистыми газами. Температура кристаллизации минералов, находящихся в ассоциации с метасоматитами, изменялась от 150 – до 350⁰С, а давление от 500 до 700 атм.

4. Метасоматические колонки лиственитов–березитов представляют собой, согласно термодинамическим расчетам, продукт одностадийного взаимодействия слабокислых ($\text{pH} \leq 5$) растворов с исходными породами, для полной реализации которого необходимо выполнение трех основных условий: сравнительно высокая активность углекислоты и калия в таких растворах ($\text{CO}_2 \cdot 10^{-3,8}$ при $\text{K}^+ = 10^{-3}$), последовательное возрастание их щелочности по мере приближения к неизмененным породам и относительно низкая температура (250–300⁰С). В газовой–жидких включениях кроме углекислоты (CO_2 и HCO_3^-) и калия (K^+) содержатся: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , а также H_2 , N_2 и сернистые газы. Общая минерализация растворов составляет 13–20%, температура гомогенизации включений 200 – 300⁰С, а давление – 500–600 атм.

5. Аргиллизиты, так же как и листвениты–березиты, образовались в результате одностадийного взаимодействия калиево–углекислых растворов с алюмосиликатными исходными породами. Эти растворы, однако, характеризовались более высокой исходной кислотностью ($\text{pH} \leq 4-5$) и несколько более низкими температурами (T 200–300⁰С). По данным А.С.Лапухова (1973), качественный состав растворов и газовых фаз во включениях в жильных минералах, локализующихся в полях развития аргиллизитов, близок к упомянутым выше. Температура образования этих минералов изменялась в пределах от 150 до 350⁰С.

6. Приведенные данные свидетельствуют о том, что независимо от типа метасоматоза гидротермальные рудоносные растворы характеризовались сходным катионным и анионным составом и аналогичным набором газов в газовой фазе. Вместе с тем отмечается некоторое уменьшение суммарной минерализации растворов от высокотемпературных месторождений к низкотемпературным. Эти данные, а также проведенные термодинамические расчеты и анализ нескольких возможных моделей гидротермальных систем, приводят к выводу о том, что главными факторами, регулирующими процессы образования метасоматически измененных пород колчеданно–полиметаллических месторождений, являются pH раствора и его температура, в то время как влияние состава растворов менее существ-

венно и сказывается только в области повышенных значений щелочности. Роль давления также относительно невелика и отражается, главным образом, на положении температурных границ между низко- и среднетемпературными метасоматическими формациями.

ОСОБЕННОСТЬ ОТЛОЖЕНИЯ ПИРИТА В ПРОТОПИРИТОВЫХ ТЕЛАХ

В местах встречи металлоносных (медь+цинк) гидротерм с телами пиритов есть следы их интенсивного предрудного кислотного выщелачивания. Оно сопровождается растворением пирита, его перекристаллизацией с укрупнением зерна, исчезновением микроразнональности внутри индивидов (Жабин, 1974). Для выяснения механизма этого процесса проведены эксперименты по взаимодействию кислых растворов с пиритом при температуре 430°C . В этом случае на исходном материале обнаруживались фигуры растворения, их размер и суммарный объем увеличивался пропорционально увеличению концентрации HCl . Далее, после достижения равновесия с пиритом при 430°C , температура понижалась до 365°C и растворы в присутствии подвергшихся растворению зерен пирита выдерживались 50 часов. На пирите на фоне фигур растворения отмечены признаки регенерации, причем интенсивность нарастания возрастала с увеличением концентрации кислоты. В то же время растворимость пирита практически не изменилась и соответствовала его растворимости при температуре 430°C , т.е. раствор оставался пересыщенным по отношению к твердой фазе. Перекристаллизация исходного материала происходила в соответствии с принципом Кюри: возникала равновесная форма кристалла при неизменном весе зерен пирита.

Дальнейшее изучение механизма кислотного выщелачивания пиритов и появления регенерированных индивидов проводилось одновременно с изучением характера выделения пирита в условиях, когда температура понижалась от 430°C до различных уровней, вплоть до 204°C . Ранее было установлено, что при температурах $330-360^{\circ}\text{C}$, 250 и 165°C в воде происходят структурные изменения, которые определяют изменение состава комплексных соединений металлов, а, следовательно, влияют на характер растворимости и осаждения минералов (Овчинникс, Масалович, 1973, 1975). После достижения равновесной растворимости пирита при 430°C , температура понижалась до 314°C и растворы в контакте с пиритом выдерживались 169 часов. За это время растворимость пирита понизилась и соответствовала его растворимости при 360°C . В тех же условиях изу-

чена кинетика осаждения пирита из раствора на твердую фазу. Установлено, что равновесная растворимость, отвечающая температуре 314°C , при подходе от 430°C , достигнута быть не может. Растворы остаются пересыщенными. В заключительной серии экспериментов, после достижения равновесной растворимости пирита при 430°C , температура понижалась до 204°C и растворы выдерживались в присутствии пирита 288 часов. Растворимость пирита понизилась существенно, но не дошла до уровня растворимости при 204°C .

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о том, что выделение вещества из одного и того же раствора на твердую фазу при понижении температуры происходит дискретно. При взаимодействии раствора с вмещающими породами дискретный характер выделения минералов сохраняется, что подтверждают результаты термобарометрических измерений. Дискретность осаждения пирита из его компонентов (FeCl_2 , H_2S , S) приводит к волнообразному увеличению кислотности, причем таких "волн кислотности" может быть несколько. Увеличение кислотности в процессе осаждения пирита способствует сохранению в растворе соединений меди, свинца и цинка и является благоприятным для перекристаллизации ранее осажденного пирита. Возможно, что именно это явление регенерации кислотности объясняет характерное для колчеданных месторождений стадийное отложение пирита и более поздних сульфидов меди, цинка и свинца.

ЗОНАЛЬНАЯ КОЛОНКА ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ, ЦИНКА И СВИНЦА НА
ПИРИТИВОВОМ СУБСТРАТЕ В УРАЛЬСКИХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Однородные по качественному составу сульфидные месторождения, объединяемые термином "колчеданные", генетически не однородны. Существуют два типа сульфидных (колчеданных) месторождений, различающихся по истории своего формирования:

А. Г о м о г е н н ы е колчеданные месторождения - изначально (до места рудолокализации) перенос железа, меди, цинка и свинца происходит в серусодержащих гидротермальных растворах. Принципиальные признаки этих месторождений следующие: а) наличие последовательно соосажденных, равновесных парагенетических ассоциаций пирита с халькопиритом, сфалеритом, галенитом; б) проявление стандартной последовательности (колонки) минеральных ассоциаций вдоль вектора потока; в) проявление стадий минерализации и зональности на фоне единого этапа минералообразования; г) каждая из последовательно возникающих ассоциаций может локализоваться в пространстве самостоятельно (жилы, прожилки), вне связи с реакционной ассимиляцией материала предшествующих сульфидных ассоциаций.

Б. Г е т е р о г е н н ы е колчеданные месторождения - в них обычно различаются два достаточно автономных "элемента": тела пиритов (серноколчеданных руд) разного генезиса (различных фаций сульфидоотложения) и сорбирующиеся на них полиметаллы из безсернистых или малосернистых гидротерм, которые также могут происходить из разнообразных источников и разгружаться на пиритах в различной обстановке. Принципиальные признаки этих гетерогенных объектов следующие: а) резкое неравновесие ранее возникших протопиритовых агрегатов с рудоносными гидротермами (свинец, цинк, медь): наличие явления предрудного кислотного растворения пиритов; б) осаждение полиметаллов на пиритовом субстрате вдоль вектора фильтрации рудоносных гидротерм происходит в том же стандартном порядке: халькопирит → сфалерит → галенит + барит, что и в гомогенных месторождениях; в) равновесные парагенезисы типа пирит + халькопирит, пирит + сфалерит, возникают при ассимиляции

протопиритового вещества и появлении обильного регенерированного пирита (идиобласты) лишь в средних и верхних частях зональной колонки; г) халькопиритовые, сфалеритовые руды не способны к самостоятельной, за контурами протопиритовых тел, локализации.

Дополнительные аргументы в пользу существенной разницы геохимического облика двух стадий (этапов) колчеданообразования и для объяснения причины большого сходства по составу и зональности одно- и двухстадийных колчеданных месторождений получены при анализе рудолокализирующих свойств пиритовых пород и учете принципиальной особенности эвгеосинклиналей — универсальной последовательности во времени состава вулканогенных эксгаляций, и миогеосинклиналей — универсальной последовательности стадий метаморфизации морских вод, захороненных в осадках: сернистые — малосернистые — карбонатно-хлоридные.

Пирититовые тела являются геохимическими ловушками, коллекторами, субстратом с исключительными рудолокализирующими свойствами.

В местах встреч металлоносных — медь, цинк, свинец — растворов с телами ранее возникших пирититов происходит их интенсивное предрудное кислотное растворение.

Текстурные рисунки руд, характеризующие формы фиксации сульфидов меди, цинка и свинца в объеме пирититовых тел, принципиально различны и однотипно эволюционируют при переходе от "тыловой" пиритовой к фронтальной частям зональной колонки оруденения:

1. В серноколчеданной зоне, соответствующей месту вхождения рудоносных гидротерм внутрь пирититового тела и развитию предрудного выщелачивания, возникшие пустотки, обрамленные друзами перекристаллизации пирита, остаются зияющими или частично заполнены кварцем, карбонатами и ангидритом. Рудные сульфиды не отлагаются. Ассимилируется протопиритовая сера.

2. Далее, в направлении фильтрации раствора, в этих пустотках и микропорах пирититов кристаллизуются вначале небольшие количества халькопирита и сфалерита; затем они оказываются целиком заполненными халькопиритом и сфалеритом.

3. В следующей зоне отложение идет путем метасоматического замещения протопирита.

4. В последующей зоне самых богатых сфалерито-халькопиритовых руд протопирит оказывается целиком ассимилированным и регенерированным (идиобласты пирита в сфалерито-халькопиритовой матрице).

ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА ПРИ ОТЛОЖЕНИИ ПИРИТА
В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Гидротермальные изменения вмещающих пород происходят более длительно, чем сам процесс колчеданного рудоотложения (Смирнов, 1968). Вместе с тем реакции кислотного разложения вмещающих пород тесно связаны с процессом выделения рудообразующих минералов (Мейер, Хемли, 1970). Поэтому изучение растворимости важнейших рудообразующих минералов в водных растворах сильных кислот является необходимым этапом моделирования процессов рудообразования, логическим продолжением экспериментального изучения метасоматической зональности.

В данном сообщении рассмотрены, на основании экспериментальных данных, особенности переноса вещества и осаждения пирита при формировании протопиритовых тел. При моделировании этого процесса учитывались важнейшие геологические предпосылки, в первую очередь, часто наблюдающаяся связь между колчеданным оруденением и гидротермальным изменением вмещающих пород. Сравнительное изучение растворимости пирита в растворах хлоридов натрия, аммония и HCl показало, что максимальная его растворимость достигается в разбавленных солянокислых растворах. Растворимость пирита резко возрастает при температурах выше 250°C и тем сильнее, чем выше исходная концентрация кислоты. Значения растворимости пирита частично представлены в таблице. Рост растворимости происходит в результате возрастающего взаимодействия пирита с HCl , в результате которого формируются хлоридные комплексы двухвалентного железа, сероводород и сера. На реакцию с пиритом расходуется до 85% от исходной концентрации кислоты при температуре 451°C . Образующиеся растворы обладают умеренной кислотностью и содержат высокие концентрации компонентов пирита.

В результате экспериментального исследования двумя независимыми методами установлено, что в области температур $356-451^{\circ}\text{C}$ образуется комплекс состава FeCl_2 , в небольших концентрациях присутствует комплекс FeCl^+ . Аналогичный результат получен при изучении растворимости галенита и определении форм нахождения свинца в растворе. В области температур выше 350° на реакцию с

Растворимость пирита и галенита

Температура, °С	Растворимость пирита, г/кг растворителя при исходной концентрации HCl моль/л				\bar{n}
	0,0338	0,112	0,224	0,338	
250	0,23	0,37	-	0,59	0,82
356	1,16	2,78	5,96	8,45	1,90
366	1,40	3,24	6,23	9,23	1,86
393	1,57	-	7,18	10,66	1,78
416	1,48	4,69	8,43	12,23	1,82
430	1,79	-	8,80	12,99	1,82
451	1,69	5,22	9,55	13,41	1,82

Температура, °С	Растворимость галенита, г/кг растворителя при исходной концентрации HCl моль/л				\bar{n}
	0,034	0,110	0,220	0,340	
253	1,63	6,61	14,52	24,13	2,33
326	3,09	10,83	22,83	-	2,12
350	3,64	11,92	24,42	37,99	2,00
380	3,73	12,10	24,67	37,62	2,00
420	3,82	-	25,32	37,93	2,00

\bar{n} - среднее число ионов хлора, приходящихся на один ион металла. Оценка проведена по методу Бодлендера.

галенитом расходуется 95% от исходной кислоты, а в результате реакции образуется $PbCl_2$ и H_2S . Экспериментальные данные свидетельствуют о возможности совместного переноса хлоридов железа и свинца в присутствии сероводорода и серы в одном потоке раствора. Очевидно, гипотеза Феннера о формах транспортировки металлов в гидротермальных растворах, поставленная под сомнение без экспериментальной проверки, является правильной и должна быть рассмотрена на новом уровне.

Важной для последующих геологических интерпретаций особенностью полученных растворов является их чрезвычайно высокая метастабильная устойчивость. При охлаждении растворов, после достижения равновесия с пиритом при высоких температурах, не наблюдалось спонтанного осаждения сульфидов железа. Растворы, содержащие высокие концентрации компонентов пирита, оставались

прозрачными и бесцветными несколько месяцев, т.е. понижение температуры не является достаточным условием для выделения пирита. Осаждение пирита может происходить только при условии одновременного понижения температуры и кислотности. Следовательно, основываясь на полученных результатах, можно объяснить процесс перемещения гидротермального раствора, отделившегося от магматического очага, в благоприятные для рудоотложения зоны без существенного нарушения первичного состава.

Умеренная кислотность высокотемпературного раствора является причиной того, что он может длительное время охлаждаться без заметных следов воздействия на вмещающие породы. В природных условиях понижение кислотности достигается при взаимодействии раствора с силикатными и карбонатными породами или при смешивании с морской водой. Понижение кислотности приводит к нарушению метастабильной устойчивости раствора, следствием чего является быстрое спонтанное осаждение пирита. В процессе осаждения пирита из компонентов, находящихся в растворе, происходит регенерация кислотности, что может поддерживать в растворенном состоянии компоненты других сульфидных минералов до тех пор, пока кислотность растворов вновь не понизится в результате взаимодействия с вмещающей средой.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие (И.Г.Магакьян)	3
I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОЛЧЕДАНООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ	
Г.А.Твалчрелидзе. Типы месторождений колчеданной формации и их геотектоническое положение	6
Ф.И.Вольфсон, В.В.Архангельская. Колчеданные рудные формации в гидротермальных месторождениях	7
Д.И.Горжевский, В.Б.Чекваидзе, И.В.Крейтер. История геологического развития и метасоматические формации колчеданно-полиметаллических провинций	9
П.Ф.Иванкин. Соотношение магматизма, гидротермального метасоматизма и рудоотложения на колчеданных рудных полях..	12
В.Г.Боголепов. Геологические аспекты динамики и кинетики метасоматического минералообразования	15
Дж.А.Азадалиев, Ф.А.Ахундов, В.М.Бабазаде, М.М.Самедов. О структурном контроле метасоматического минералообразования	18
II. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ И ОРУДЕНЕНИЯ	
Б.С.Вардапетян. Геологические условия формирования колчеданного оруденения Армении	20
В.И.Гугушвили, Т.Д.Мчедlishvili. Роль поствулканического метасоматоза в формировании медно-полиметаллических и серноколчеданных месторождений Аджарии	23
В.Г.Гогшvili, И.П.Ратман, Т.Ш.Гогшvili. Вопросы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Малого Кавказа в свете геолого-петрологических особенностей околорудных изменений	25
Г.М.Заридзе. Магматизм, метасоматизм, медноколчеданная и полиметаллическая минерализация	27

А.Г.Элотник-Хоткевич, Х.Х.Лаипанов, О.Д.Кадымов. Особенности гидротермально-метасоматических преобразований песчано-глинистых пород филизчайского месторождения (южный склон Большого Кавказа)	29
К.М.Мурадян. Закономерности размещения гидротермальных метасоматитов и колчеданного оруденения в Шамшадинском и Базумском рудных районах Армянской ССР	32
Г.А.Саркисян, С.О.Ачикгёзьян, Э.М.Наибандян, К.М.Мурадян. Метасоматические формации колчеданосных зон Армянской ССР	35
Г.А.Саркисян, Р.Н.Зарьян, Р.А.Саркисян, А.И.Карапетян, Э.М.Наибандян. О взаимоотношениях метасоматитов, дайковых пород и оруденения Кафанского рудного поля	39
Н.А.Андрянова, И.И.Пирожок, И.А.Хайретдинов. Температурные условия формирования руд и околорудных метасоматических изменений на медноколчеданных месторождениях Южного Урала	43
В.В.Авдонин, А.И.Поленков. О роли поздних преобразований в формировании метасоматитов колчеданных месторождений ...	46
И.С.Вахромеев, В.П.Клемин, К.А.Уразаев, А.К.Тимергазина. Условия локализации рудных тел и зональность колчеданных месторождений Южного Урала	49
А.Г.Жабин, Н.А.Пирижняк, Н.С.Самсонова. Рудокластовые горизонты в вулканогенно-осадочном колчеданном месторождении Сибай на Урале	51
В.П.Логинов, М.М.Аракелянц, Б.П.Градусов, В.И.Ломейко, Р.Г.Мхитарян, Г.О.Пилоян. Вариация кали-аргонового возраста серицитов на метаморфизованном колчеданном месторождении Левиха X (Средний Урал) и геологический возраст оруденения	53
Г.Н.Шеничный. Взаимосвязь характера околорудных гидротермально-метасоматических изменений и вещественного состава руд на месторождениях колчеданной формации Южного Урала	56
П.Ф.Сопко. Связь магматизма, метаморфизма и околорудного метасоматоза в колчеданосных рудных районах (на примере Южного Урала и Малого Кавказа)	58

А.Д.Каипов. Общая геолого-метасоматическая модель формирования месторождений зон базальтоидных вулканогенных формаций	61
В.Т.Кушев, В.Е.Руденко, Ю.Л.Руденко. Метасоматические процессы в колчеданном рудообразовании и их отношение к региональному метаморфизму	64
В.В.Авдонин, Г.Ф.Яковлев. Этапы формирования метасоматитов Алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.	67
С.Т.Бадалов, А.Туресбеков. Метасоматоз в связи с колчеданным оруденением в Алмалыкском районе	69
Б.И.Берман, В.Н.Котляр. Соотношение метасоматического и гидротермально-осадочного колчеданного рудообразования во времени и пространстве (на примере месторождения Кызыл-Таштыг, В.Тува)	72
Н.М.Чернышов, В.В.Буковкин. Колчеданное оруденение в вулканогенно-осадочных метаморфизованных комплексах докембрия ВКМ	74
Ш. ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ И КОЛЧЕДАННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ	
Э.Г.Малхасян. Метаморфические формации колчеданосных районов Армении	77
А.И.Кривцов. Метаморфизм вулканогенных толщ Южного Урала и колчеданное оруденение	79
Г.Н.Пшеничный, Ш.Н.Кац. Соотношение колчеданного рудообразования и регионального зеленокаменного метаморфизма на примере Южного Урала	81
А.А.Захарова. О связи зеленокаменного метаморфизма эвгеосинклиналиных образований с процессами магматизма и колчеданного рудообразования на Южном Урале	83
Е.С.Тальнов. Зеленокаменный метаморфизм вулканогенных пород Южного Урала и его отношение к колчеданному оруденению (на примере Суундук-Кумакского района)	86
Ш.Н.Кац, П.Ф.Сопко, Г.Ш.Жданов. Зеленокаменный метаморфизм колчеданосных толщ Южного Урала и его соотношения с метасоматизмом	88

А.А.Арустамов, А.В.Потеха, И.Л.Фишман. Закономерности пространственного размещения различных типов зеленокаменных пород и околорудных образований в колчеданосных районах Чингиза и Мугоджар	91
Г.Э.Нарвайт. Фации зеленокаменного изменения базальтоидов Мугоджар, их место в истории геологического развития и соотношения с колчеданным оруденением	93
Н.С.Ярославцева. Соотношение типов метаморфизма базальтоидов и колчеданного оруденения на примере зеленокаменной зоны Мугоджар	97
IV. ВОПРОСЫ ЗОНАЛЬНОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ И ОРУДЕНЕНИЯ	
В.Д.Гуниава. Кислотные метасоматиты и серноколчеданная минерализация Аджаро-Триалетии	100
Т.Ш.Гогшвили, А.И.Сухишвили, Т.Г.Зулиашвили, М.И.Чохонелидзе. Метасоматизм и колчеданное рудообразование в Болнисском рудном районе	102
А.Г.Казарян. Метасоматиты и оруденение колчеданных месторождений на примере Кафанского рудного поля	103
И.П.Ратман, В.З.Ярошевич, Г.В.Гигиадзе. Метасоматизм и рудообразование в кедабекском рудном районе	106
Н.М.Жуков. О причинной связи колчеданного оруденения с метасоматическими колонками кислотного выщелачивания в базальтоидных формациях (на примере Мугоджар)	108
В.Г.Золотарев, Н.И.Еремин, А.Л.Дергачев, А.И.Поленков. Соотношение метасоматической, геохимической и температурной зональности рудоотложения на Гуслияковском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Рудный Алтай)	111
В.Б.Чекваидзе, И.Э.Исакович, Н.Г.Кудрявцева. Типы метасоматической зональности и их соотношения с оруденением на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая	114
В.В.Авдонин. Зональность и этапность формирования метасоматитов на Тишинском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Рудный Алтай)	117

У. ТИПЫ МЕТАСОМАТИТОВ

М.Б.Бородаевская, С.Т.Агеева, А.Г.Злотник-Хоткевич, М.И.Вахрушев. Высокотемпературные метасоматиты зон региональных разломов на Южном Урале и их соотношения с колчеданным оруденением	119
Л.А.Логинова, Г.Н.Засухин. Калиевый метасоматизм и формирование геохимических ореолов колчеданных и золото-сульфидных месторождений (Южный Урал).....	122
В.Л.Русинов, А.Г.Жабин. Калишпат-серидитовые метасоматиты, как околорудные породы Сибайского колчеданного месторождения	125
В.М.Округин. О магнизиальном метасоматизме на Стрежанском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Рудный Алтай)	127
П.В.Панкратьев, Ю.В.Михайлова. Типы метасоматитов колчеданно-полиметаллических месторождений Юго-Западного Гиссара (Средняя Азия)	129
<h3>УІ. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ УСЛОВИЙ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ПОРОДО- И РУДООБРАЗОВАНИЯ</h3>	
Р.А.Мартirosян, Б.В.Мустафазаде, М.М.Мамедов, А.А.Алиев. Петрохимические характеристики метасоматитов некоторых колчеданных месторождений Большого Кавказа (в пределах Азербайджана)	132
Э.А.Хачатурян, Св.С.Мкртчян. О поведении некоторых рудных компонентов в процессе гидротермального изменения вмещающих пород (на примере колчеданных месторождений северной части Арм.ССР)	134
Л.Н.Овчинников, Э.Н.Баранов. Связь эндогенных геохимических ореолов с околорудными метасоматитами на колчеданных месторождениях	136
Н.А.Андрянова. Закономерности распределения химических элементов в метасоматитах Узельгинского медно-цинкового колчеданного месторождения (Южный Урал)	138
Л.А.Логинова. Полиформационный геохимический ореол Миндяковского золоторудного поля (Южный Урал)	141

УП. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Ю.А. Долгов, И.П. Щербань, Г.А. Боровикова, Н.А. Гибшер. Физико-химические условия образования главнейших формаций метасоматитов колчеданно-полиметаллических месторождений по термодинамическим и термобарометрическим данным (на примере Рудного Алтая и Салаира) 144
- А.М. Масалович, А.Г. Жабин. Особенности отложения пирита в протопиритовых телах 147
- А.Г. Жабин. Зональная колонка осаждения меди, цинка и свинца на пиритовом субстрате в Уральских колчеданных месторождениях 149
- А.М. Масалович. Перенос вещества при отложении пирита в гидротермальных системах 151

ВФ 03344 Заказ 470 Изд. 4266 Тираж 500
Сдано в производство 6.6.1975г., подписано к печати 23.5.1975г.,
печ. 10,0 л., изд. 8,5 л., бумага № 1, 60х90 1/16. Цена 85 коп.

Издательство АН Армянской ССР, Ереван-19, Барекамутян 24
Типография АН Армянской ССР, г. Эчмиадзин

ЦЕНА 85 коп.

1294