

среднюю часть пачки. Радиоактивность пород баженовской свиты в границах Томской области снижается с запада на восток.

#### Литература

1. Плуман И.И. Распределение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты // Геохимия. – 1975. – № 5. – С. 756–767.
2. Рихванов Л.П., Усольцев Д.Г., Ильенко С.С., Ежова А.В. Минералого-геохимические особенности баженовской свиты Западной Сибири по данным ядерно-физических и электронно-микроскопических методов исследований // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 1. – С. 50–63.
3. Хабаров В.В., Нелепченко О.М., Волков Е.Н., Барташевич О.В. Уран, калий и торий в битуминозных породах баженовской свиты Западной Сибири // Сов. геология. – 1980. – №10. – С. 94 – 105.
4. Gavshin V.M., Zakharov V.A. Geochemistry of the Upper Jurassic – Lower Cretaceous Bazhenov Formation, West Siberia // Econ. Geol. – 1996. – V. 91. – P. 122–133.

### ПОЛИМИНЕРАЛЬНАЯ ТЫЛОВАЯ ЗОНА ОКОЛОЖИЛЬНОГО МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ОРЕОЛА В МЕЗОТЕРМАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗОЛОТА ЗУН-ХОЛБА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Т.Ю. Черкасова

Научный руководитель профессор И.В. Кучеренко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Во второй половине двадцатого столетия, со времени разработки Д.С. Коржинским принятой большинством специалистов безальтернативной теории метасоматических процессов и, в частности, метасоматической зональности [1], сохраняются разногласия в оценке минерального состава метасоматитов осевой (кварцевая жила) и смежной с ней тыловой зон всегда зональных околожильных (околорудных) метасоматических ореолов.

Как известно, основу теории метасоматической зональности составляет предложенное Д.С. Коржинским представление о дифференциальной подвижности компонентов, определяемой термодинамическими и физико-химическими режимами в трещинно-поровых породно-флюидных системах пороодо-рудообразования. Совокупность порообразующих компонентов включает наиболее подвижные ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ), весьма подвижные при всех условиях (S, Cl, Na, K), подвижные при определенных условиях ( $O_2$ , Si, Mg, Ca, Fe), инертные (Al, P, Ti).

Согласно теории, при околотрещинном метасоматизме в направлении усиления интенсивности преобразований пород, то есть по мере приближения к поступающим в трещины извне металлоносным флюидам, происходит последовательный сопровождающий растворение минералов исходных пород переход одного за другим компонентов из инертного в подвижное состояние. В условиях доказанного Д.С. Коржинским застойного режима поровых растворов, образующих в сочетании с предположительно фильтрующимися по трещинам флюидами единую гидравлическую систему, перешедшие в подвижное состояние компоненты диффундируют в трещинные растворы и удаляются. Число остающихся в колонках минералов уменьшается вплоть до мономинеральной осевой зоны. Формируются зональные метасоматические колонки, в которых каждая более тыловая минеральная зона содержит на один минерал меньше, чем менее измененная порода в смежной более фронтальной зоне.

Вместе с тем, сравнительно давно было обращено внимание на то, что в природных, например, золотоносных березитовых колонках, представляющих вещественное выражение средне-низкотемпературного ( $380...250^\circ C$ ) калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма, двухминеральный (кварц-серицитовый) состав в смежной с осевой тыловой (березитовой) зоне не достигается [2]. Столь существенное несоответствие природных колонок их теоретической модели в других условиях потребовало бы пристального массового внимания заинтересованных в поисках истины исследователей к устройству не только березитовых, но околотрещинных колонок и других кислотных метасоматитов – грейзенов, аргиллизитов, пропицитов, и, в случае подтверждения несоответствия как распространенного явления, – поиска его причин для уточнения теории метасоматической зональности. Этого не произошло. До сих пор сохраняется дефицит описаний минеральной зональности природных гидротермальных метасоматических колонок. В публикациях можно также видеть теоретическую модель метасоматической зональности с мономинеральной осевой (кварцевой) зоной, характеризующую как наблюдаемую в природе [3, 4]. В смежной с осевой «кварц-серицитовой (мусковитовой) зоне» колонки, образованной за счет бескарбонатных и бессульфидных гранодиоритов, по данным химических анализов, приведенных в публикациях [3, 4], в этой зоне присутствуют  $CO_2$  и восстановленная S до десятых долей мас. %, что означает участие в ней помимо кварца и серицита минералов еще двух классов – карбонатов и сульфидов. Известны примеры отказа от признания березитом отвечающего ему по минералого-химическому пирит-кварц-серицит-карбонатному составу метасоматита по причине отсутствия среди околорудно измененных пород кварц-серицитовой и кварцевой предписанных теорией минеральных зон [5]. Все это и подобное представляется следствием оценки полиминерального состава смежной с кварцевой жилой зоны метасоматических колонок как естественного для многих законов исключения из общего правила, обусловленного, скажем, недоразвитием процесса или сложной эволюцией термодинамических и физико-химических режимов флюидов, фильтрующихся по поровому пространству боковых пород [6–8], для которых свойствен однако застойный режим поровых растворов. Следовательно, в боковых породах перенос компонентов

возможен не потоком флюидов, а посредством их концентрационной диффузии. Возможности использования выводов упомянутых авторов для объяснения причин полиминерального состава метасоматитов тыловой зоны колонок неясны и требуют дополнительного исследования.

Актуальная задача устранения неопределенностей в обсуждаемой проблеме и возможного уточнения некоторых положений теории метасоматической зональности не может быть решена в кабинетах и лабораториях. Она может быть решена одним путем – детальным изучением природных околорудных метасоматических колонок в гидротермальных месторождениях металлических полезных ископаемых, накоплением фактических данных о структуре (порядке) минеральной зональности ореолов гидротермально измененных пород в околорудном пространстве и поиском фактов, доказывающих условия формирования минерального состава тыловой и осевой зон метасоматических колонок. При этом следует иметь в виду, что порядок минеральной зональности, то есть смена минеральных зон в колонках, вполне удовлетворительно описывается дифференциальной подвижностью компонентов.

В плане частичной реализации обозначенной задачи в докладе приведены результаты изучения до сего времени детально не исследованного околорудного метасоматического ореола золоторудного мезотермального месторождения Зун-Холба.

Месторождение расположено на юго-востоке Восточного Саяна в водораздельной части верховий рек Урик и Китой. Оно входит в состав Урик-Китойской золоторудной зоны, контролируемой Окино-Китойской системой глубинных разломов северо-западного простирания, отделяющей Гарганский выступ архейского фундамента Сибирской платформы от протерозойско-палеозойского обрамления. Месторождение сложено гнейсо-гранитами Гарганского выступа на юге, гранитоидами Амбартогольского массива среднепалеозойского (400..420 млн лет) [9] холбинского (сумсунурского) комплекса на севере и вмещающей рудные тела рифей-вендской вулканогенно-осадочной толщей ильчирской свиты, залегающей между теми и другими в Холбинском разломе, входящем в состав Окино-Китойской системы глубинных разломов. В составе толщи мощностью до 400 м участвуют переслаивающиеся слои и пачки песчаников, алевролитов, известняков, эффузивных пород основного и кислого составов, кварцитов, черных сланцев. Породы подверглись напряженным складчатым деформациям, – многопорядковая складчатость сочетается с интенсивными, охватившими всю толщу, гидротермальными изменениями пород, включая гранитоиды в прилегающих к вулканогенно-осадочной толще частях Амбартогольского массива, вмещающих часть золотоносных жил. Субвертикальная ориентировка залежей жильно-прожилково-вкрапленных руд подчиняется аналогичной ориентировке тектонических швов в субвертикальной зоне глубинных разломов.

Околорудная метасоматическая колонка в плагиогранитах Амбартогольского массива включает несколько минеральных зон (табл.).

Таблица

*Минеральная зональность околорудного метасоматического ореола мезотермального месторождения Зун-Холба*

| Название минеральной зоны  | Минеральный состав пород<br>(подчеркнуты минералы, исчезающие в более тыловых зонах)                             |
|----------------------------|--|
| Фронтальная                | кварц+серицит+кальцит+лейкоксен+рутил+ильменит+магнетит+альбит<br>+хлорит+цоизит+эпидот+биотит (исходной породы) |
| Эпидот-хлоритовая          | кварц+серицит+кальцит+лейкоксен+рутил+ильменит+магнетит+альбит+хлорит<br>+цоизит-эпидот                          |
| Хлоритовая                 | кварц+серицит+кальцит+лейкоксен+рутил+ильменит+магнетит+альбит<br>+хлорит  |
| Тыловая (березитовая)      | кварц+серицит+кальцит+лейкоксен+рутил+сульфиды+золото+серебро  |
| Осевая<br>(кварцевая жила) | кварц+кальцит±серицит+сульфиды+золото+серебро  |

Во фронтальной зоне мощностью до десятков метров массивный крупнокристаллический (с размером зерен до нескольких мм) плагиогранит серого цвета сложен беспорядочно ориентированными короткотаблитчатыми кристаллами плагиоклаза (до андесина, до 60 об. %) в сростании с темно-серым и серым кварцем (до 25 об. %) в составе отдельных крупных овальных зерен, гнездовых, линзовидных агрегатов зерен и чешуйками бурого биотита (до 30 об. %) с примесью ксеноморфных зерен ортоклаза, единичных микрокристаллов гиперстена, сфена, циркона, апатита. Порода сохранила гипидиоморфную структуру, – слабо гидротермально изменена с объемом новообразований до 10 об.%. Изменения выражаются в образовании тонких каемок альбита по периферии кристаллов плагиоклаза, коррозии последних кварцем, в неравномерном, обычно слабым замещении кристаллов плагиоклаза серицитом, часто в сростании с кальцитом, «оспенными» выделениями цоизита и более позднего эпидота. Бурый биотит образует крупные чешуйки (до 3 мм) и скопления мелких чешуек, замещенные в разной степени бледно-зеленым хлоритом, нередко в сростании с эпидотом. Спайности биотита следуют скопления лейкоксена-рутила, линзовидные выделения кварца.

В эпидот-хлоритовой зоне мощностью до нескольких метров биотит и пироксен отсутствуют, – они растворены на внутренней границе фронтальной зоны. Возросла интенсивность изменений породы с увеличением объема минеральных новообразований до 25...30 об. %, в основном эпидота, хлорита, серицита.

Вследствие обилия зеленых минералов порода приобрела зеленый оттенок. Гипидиоморфная структура сочетается с гранолепидобластовой.

Короткостолбчатые (до 1 мм) кристаллы плагиоклаза содержат густую, но, как правило, не сплошную, иногда редкую вкрапленность серицита и/или «оспенных» выделений цоизита (до 30 об. %), частично замещенных по микротрещинам эпидотом. В связи с этим полисинтетическое двойникование плагиоклаза завуалировано, хотя иногда и просматривается. С периферии некоторые кристаллы плагиоклаза обрамлены полосками чистого альбита, – признак «раскисления» первого. Возникающие при замещении плагиоклаза серицитом излишки кремнезема кристаллизуются в форме тонко-мелкозернистых агрегатов кварца в обрамлении кристаллов, причем границы между агрегатами кварца и кристаллами плагиоклаза бывают неясными и просматриваются только при вращении столика микроскопа.

Кварц сохраняется в виде крупных (до 2..3 мм), в том числе субовальных выделений, но увеличено количество сростаний тонко-мелкозернистых агрегатов, выполняющих гнезда, линзы, прожилки.

Бледно-зеленого хлорита мало. Он образует отдельные редкие чешуйки размером до десятых долей мм или их скопления до 3 мм в поперечнике. Частично вдоль спайности замещен серицитом в ассоциации с лейкоксеном (рутилом), кварцем, редкими зернами магнетита и ильменита. В породе присутствует незначительная примесь ксеноморфных зерен кальцита.

В хлоритовой зоне мощностью до первых метров отсутствуют цоизит-эпидот, но порода за счет хлорита по-прежнему имеет бледный зеленый оттенок. Сохраняется массивная текстура, структура крупнокристаллическая преобладающе гранолепидобластовая с реликтами гипидиоморфной.

Плагиоклаз в количестве до 55..60 об. % в разной степени, в том числе и чаще полностью замещен серицитом с примесью ксеноморфных зерен кварца и кальцита или без таковой. При полном замещении плагиоклаза агрегатами серицита скопления его нередко сохраняют форму былых кристаллов. Сохранились редкие ксеноморфные зерна ортоклаза, как правило, слабо замещенные серицитом, пелитизированные.

Кварц (до 35 об. %) наряду с крупными, иногда субовальными, зернами присутствует в форме тонко-мелкозернистых агрегатов. Крупные зерна имеют «спокойные», иногда даже прямолинейные или слабоизвилистые очертания, агрегаты приобретают кварцитовидную структуру с зубчатыми, заливообразными сростаниями его зерен.

Чешуйки зеленого хлорита в количестве до 2..3 об. % размером до десятых долей мм в разной степени замещены вдоль спайности серицитом, скорее – мелкочешуйчатым мусковитом, в сростании с ксеноморфными мелкими (сотые доли мм) зернами кальцита (до 4..5 об. %), кварца, ильменита, лейкоксена, рутила.

Полнопроявленный метасоматит в экзоконтактах кварцевых жил – зеленовато-серая массивная мелкозернистая порфиroidная порода с гранолепидобластовой структурой «основной массы». Сложена серицитом и кварцем в переменных, в том числе 50\*50 об. % количественных соотношениях, с примесью мелких ксеноморфных зерен кальцита (до 5 об. %), соразмерных им (до десятых долей мм) кристаллов пирита (до 2 об. %), лейкоксена (рутила).

Порфиroidный облик породе придают крупные (до 3 мм), в том числе овальные зерна темно-серого кварца, аналогичные таковым в плагиогранитах, погруженные в мелкочешуйчатую серицитовую, кварц-серицитовую массу. Зерна, как правило, имеют «спокойные», не коррозионные, очертания, в отличие от мелких (до десятых долей мм) зерен кварца, имеющих зубчатые, лапчатые границы, постепенные межзерновые переходы, образующие скопления субизометричной, линзовидной, прожилково-линзовидной формы в массе серицита.

Заместившие кристаллы плагиоклаза скопления чистого серицита имеют тенденцию сохранить их форму. Скопления серицита, заместившего цветные минералы, – хлорит, эпидот, а через них биотит, загрязнены примесями лейкоксена и рутила. Кристаллы пирита, как правило, окружены оторочками зерен кварца, в том числе пламенивидных.

По минеральному составу порода отвечает березиту в классическом («березовском») его выражении. Кварц-серицитовой тыловой зоны в обрамлении осевых «монокомпонентных» золоторудных, с карбонатами, сульфидами, золотом кварцевых жил в метасоматических ореолах месторождения не обнаружено.

Образование кальцита, пирита и других сульфидов, обилие калиевой слюды – серицита в тыловой (березитовой) зоне околожильной метасоматической колонки, образованной в бескарбонатных, бессульфидных плагиогранитах, доказывает поступление (диффузию) [10] из трещинных металлоносных флюидов в поровые флюиды боковых пород калия, углекислоты, серы, металлов, то есть калиево-сернисто-углекислотный профиль метасоматизма.

Описанная метасоматическая зональность в общих чертах образована в соответствии с теорией посредством реализации явления дифференциальной подвижности компонентов, – в направлении усиления интенсивности преобразований породы последовательно один за другим растворяется один минерал на внутренней границе каждой из формирующихся зон – биотит, эпидот, хлорит, альбит, а перешедшие в подвижное состояние компоненты диффундируют в трещинный раствор или фиксируются в образующихся минералах. Двухкомпонентный, монокомпонентный состав внутренних зон колонки не достигается по причине встречной, из трещинного флюида в поровый, диффузии поступающих с флюидом компонентов и фиксации их в дополнительных к породным ресурсам массах серицита, кальцита, сульфидов. Это явление встречной диффузии компонентов усложняет минеральный состав внутренних зон метасоматической колонки. Вносит также свой вклад в формирование полиминерального состава внутренних минеральных зон метасоматических колонок доказываемый совокупностью независимых фактов пульсационный режим функционирования гидротермальных систем [11], вследствие которого происходит пространственное последовательное совмещение минеральных ассоциаций и комплексов – производных последовательных порций флюидов, существенно различающихся

составами растворенных веществ. Теория же метасоматической зональности разработана Д.С. Коржинским для случая непрерывного истечения флюидов из очага генерации в течение всего процесса.

Как это имеет место во многих месторождениях золота и подчеркнуто В.А. Жариковым [12], подобные описанной метасоматические колонки сочетают в себе метасоматиты двух формаций – березитовой во внутренних зонах и пропилитовой – в периферийных.

#### Литература

1. Коржинский Д.С. Теория метасоматической зональности. – М.: Наука, 1982. – 104 с.
2. Бородаевский Н.И., Шер С.Д. Об околорудных изменениях в месторождениях золота // Труды ЦНИГРИ. – 1967. – Вып. 76. – С 113–126.
3. Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А., Зарайский Г.П., Омеляненко Б.И., Перцев Н.Н., Расс И.Т., Андреева О.В., Абрамов С.С., Полесский К.В. Метасоматизм и метасоматические породы. – М.: Научный мир, 1998. – 492 с.
4. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И., Ворошилов В.Г., Номоконова Г.Г., Пшеничкин А.Я., Тимкин Т.В. Рудно-метасоматическая и геохимическая зональность золоторудных полей и месторождений складчатых поясов Сибири. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013 – 458 с.
5. Русинов В.Л., Русинова О.В., Кряжев С.Г., Щегольков Ю.В, Алышева Э.И., Борисовский С.Е. Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе // Геология рудных месторождений. – 2008. – Т.50. –№1. – С. 3–46.
6. Барсуков В.Л., Борисов М.В. Моделирование геохимических явлений, связанных с саморегуляцией структуры потока гидротерм // Геохимия. – 1987. – №1. – С. 87–101.
7. Коренбаум С.А. Перемещение и разделение вещества в гидротермальных ореолах // Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отдел геологич. –1988. – Т.63. – Вып. 4. – С. 94–104.
8. Коротаев М.Ю. Зональность гетерогенных гидротермальных систем // Изв. АН СССР. Серия геологич. –1990. – №7. – С. 133–145.
9. Миронов А.Г., Рощектаев П.А., Жмодик С.М., Куликов А.А., Карманов Н.С. Зун-Холбинское месторождение // электронный источник <http://www.geokniga.org/books/4678>.
10. Кучеренко И.В. Гидродинамика трещинно-поровых породно-флюидных взаимодействий и механизм массопереноса в процессе околотрещинного гидротермального метасоматизма // Разведка и охрана недр. – 2010. – №11. – С.37–43.
11. Kucherenko I.V., Zhang Yuxuan. Metallogenic problems of hydrothermal gold deposit formation: facts and arguments // Scientific and Technical Challenges in the Well Drilling Progress (IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science 24 (2015) 012024).
12. Жариков В.А. Некоторые закономерности метасоматических процессов // Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. – М.: Недра, 1966. – С. 123–125.

### ОКОЛОРУДНЫЕ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В БЕРИКУЛЬСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

Чжан Юйсюань

Научный руководитель профессор И.В. Кучеренко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В мезотермальных месторождениях золота околожилые зональные метасоматические ореолы сочетают метасоматиты березитовой и пропилитовой формаций. Березитами и близкими к ним породами сложены внутренние зоны ореолов, пропилиitizedованными – внешние.

Существуют разногласия в оценке минерального состава внутренних зон – осевой (рудоносной кварцевой жилы) и смежной с ней тыловой. В соответствии с теорией метасоматической зональности Д.С. Коржинского [3] и следующей из нее теоретической моделью метасоматической колонки её тыловая зона сложена породой кварц-серицитового состава и её называют березитом. По редким наблюдениям, обобщенным ещё полвека назад [2], смежная с кварцевой жилой тыловая зона природных околожилых метасоматических колонок сложена породой с большим набором минералов, – кварцем, серицитом, карбонатами, пиритом (сульфидами). Эту породу тоже называют березитом. Разногласия не устранены до сих пор, о чем можно судить по ряду публикаций [4, 7, 8 и др.].

Изучая природные метасоматические колонки, можно решить вопрос о том, в какой степени теория околотрещинной (околожилной) метасоматической зональности отвечает природному процессу и в чем причина разногласий.

Для авторского участия в реализации этого плана изучены околорудно измененные породы в мезотермальном кварцево-жильном Бериккульском месторождении золота. Сведения о геологическом строении месторождения заимствованы у [5].

Бериккульское месторождение расположено в северной части Кузнецкого Алатау в 70 км к югу от ст. Тяжин Транссибирской железной дороги (рис.).

В геологическом развитии региона выделяется [1] несколько этапов: океанический ( $R_3-C_1$ ), окраинно-континентальный ( $R_3-C_1$ ), островодужный ( $V-C_2^1$ ), коллизионный ( $C_2^2-S$ ), рифтогенные внутриплитные континентальные ( $D_{1-2}-K$ ). Месторождение образовано на коллизионном ( $C_2^2-S$ ) этапе и имеет возраст 474 млн лет.

Бериккульское месторождение наряду с другими месторождениями (Комсомольским, Коммунар, Центральным, Федоровским и др.) контролируется Кузнецко-Алатаусской зоной глубинных разломов.