Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 104

УДК 553.241.5:574.3

# ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД ГРЕЙЗЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКСАЙ

Ю.Л.ГУЛЬБИН

Минерализованные купола - один из наиболее распространенных морфологических типов грейзенов - представляют интерес не только с практической точки зрения как концентраторы олова, вольфрама, молибдена и других редких металлов, но и в плане изучения вертикальной зональности [3]. Отличительными признаками данного типа структур являются простое зональное строение, широкое развитие объемной грейзенизации, относительно малая роль разрывных нарушений в локализации зон метасоматических изменений. Все это позволяет рассматривать сформированную зональность как результат „эволюции растворов в пространстве и времени, обусловленной изменением температуры, давления, свойств и состава растворов в пределах генетически единого восходящего потока" [4, с.6], не зависящей от структурных и вещественных неоднородностей вмещающих пород. Примером может служить изучаемое месторождение.

Месторождение Аксай расположено в восточной части Акчатауского рудного поля (Центральный Казахстан). Район месторождения сложен вулканогенными породами среднекислого состава нижнего карбона, прорванными на глубине массивом лейкократовых гранитов. Вулканиты образуют пологое крыло брахисинклинали и погружаются на юго-восток под углом 10-25°. Снизу вверх выделяются следующие горизонты: туфы липарит-дацитовых и дацитовых порфиров, туфы андезит-дацитовых порфиритов с маломощными прослоями лав среднего состава, туфы дацитовых порфиров. Вблизи контакта с гранитами вулканиты ороговикованы и содержат наложенные зоны высокотемпературных изменений [7]. Средне- и мелкозернистые слабо порфировидные лейкократовые биотитовые граниты калдырминского комплекса верхнекаменноугольного возраста образуют сравнительно неглубоко (300-400 м) залегающий гребневидный выступ, характеризующийся крутым (50°) северо-западным и более пологим (30°) юго-восточным контактами и волнистой поверхностью кровли. В пределах разведанной части массива граниты интенсивно микроклинизированы, альбитизированы и грейзенизированы под воздействием глубже залегающей интрузии акчатауского комплекса [1].

Редкометальная молибден-вольфрамовая минерализация локализована в эндо- и экзоконтакте гранитов и связана с мощными телами кварц-топазовых грейзенов. Основная рудная залежь расположена в апикальной части гранитного массива и представляет собой минерализованный купол рудоносных грейзенов [6]. В эффузивной части разреза развиты штокверково-метасоматические

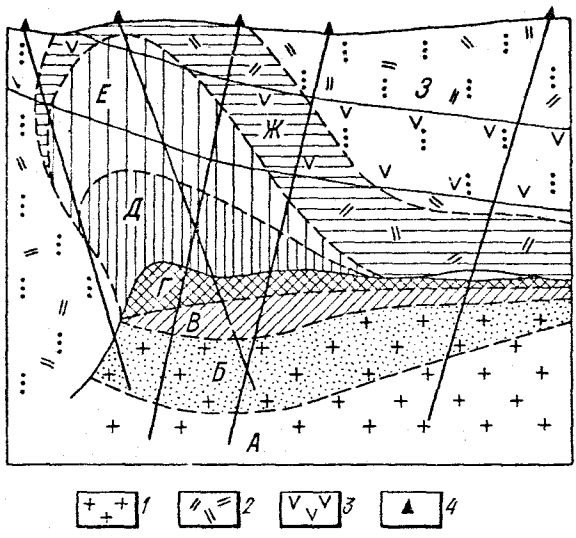



Схема вертикальной зональности месторождения Аксай [5]
А-З - зоны метасоматических изменений
1 - мелко- и среднезернистые слабо порфировидные лейкократовые биотитовые граниты; 2 - туфы липарит-дацитовых и дацитовых порфиров; 3 - туфы андезит-дацитовых порфиритов; 4 - скважины

зоны изменений, вытянутые в северо-восточном направлении и прослеживаемые на поверхности в виде полосы развития слабо березитизированных вулканитов и кварц-пирит-жильбертитовых прожилков.

Проведенные исследования показали, что месторождение Аксай характеризуется отчетливо выраженной вертикальной метасоматической зональностью [5]. На глубине около 450 м в 100-150 м от кровли гранитного купола породы практически не изменены (см. рисунок, зона А). Лишь изредка отмечаются маломощные (0,5 м) зоны осветленных гранитов и кварц-мусковитовых грейзенов. Выше по разрезу степень грейзенизации гранитов заметно возрастает (зона Б). Граниты часто осветлены, содержат вкрапленность флюорита, пирита, иногда молибденита, секутся вертикальными и крутопадающими прожилками кварц-мусковит-пиритового состава, реже прожилками с друзовидным кварцем. До 20 % увеличивается объем круто- и пологопадающих тел кварц-мусковитовых грейзенов, содержащих убогую молибден-вольфрамовую минерализацию. Следующая зона (зона В) характеризуется обилием (до 40 % объема породы) разноориентированных грейзеново-жильных тел (мощность 5-10 м), разделенных участками интенсивно грейзенизированных гранитов. Грейзеновые тела обладают зональным строением: их центральные части имеют кварц-пирит-топазовый состав, тогда как краевые, бо́льшие по мощности, - кварц-пирит-мусковитовый. Заметно повышено содержание рудных минералов.

В апикальной части минерализованного купола (зона Г) находится пологая залежь рудоносных кварцевых и кварц-топазовых грейзенов, содержащих подчиненные прослои, обогащенные мусковитом, флюоритом, пиритом. Мощность залежи колеблется от 12 до 50 м, уменьшаясь и выклиниваясь в провесах кровли и к флангам купола. Контакт грейзенов с вышележащей вулканогенной толщей, как правило, резкий. Повсеместно в грейзенах отмечается обильная вкрапленность молибденита и вольфрамита. Участки с наиболее богатой рудной минерализацией приурочены к существенно кварцевым грейзенам с низкими содержаниями топаза и пирита. При этом вольфрамит концентрируется преимущественно в верхних, а молибденит - в центральных частях рудных тел.

В экзоконтакте гранитов развиты пологие тела (мощностью 2-6 м) оруденелых кварц-пирит-топазовых грейзенов, окруженных зонами интенсивно грейзенизированных кислых вулканитов и кварц-серицитовых грейзенов с обильным (до 20 %) пиритом (зона Д). Вулканиты рассечены сетью тонких прожилков. Наиболее ранними являются дорудные крутопадающие нитевидные прожилки калишпатового, калишпат-хлоритового, кварц-хлорит-пиритового составов. Они секутся кварц-пиритовыми, кварц-мусковит-пиритовыми прожилками с флюоритом, часто с топазом и рудными минералами (мощностью I-I0 см), и более редкими (I-2 мм) метасоматическими кварц-молибденитовыми прожилками.

Интенсивно грейзенизированные вулканиты сменяются зоной березитизации (зона Е), для которой характерно отсутствие топазовых грейзенов, широкое развитие кварц-серицитовых березитоподобных грейзенов с небольшим количеством поздних кальцита и хлорита в прожилках и мелких зонах дробления, присутствие многочисленных разноориентированных прожилков кварц-пирит-флюоритового состава с топазом, вольфрамитом и молибденитом, местами переходящих в типично штокверковые образования. На отдельных участках породы интенсивно цеолитизированы. Типоморфным минералом зоны является сегрегационный топаз, который образует крупные (3-I0 мм) кристаллы, отдельные скопления и мономинеральные прожилки. Характер изменения вмещающих вулканитов во многом определяется их составом. В то время как в липарит-дацитовых туфах зоны березитизации развиты достаточно широко, в андезит-дацитовых туфах они распространены незначительно либо совсем отсутствуют. Вместе с тем вулканиты среднего состава нередко интенсивно пропилитизированы, содержат крутопадающие прожилки хлоритового и биотит-хлоритового состава.

Следующая зона (зона Ж) представлена слабо березитизированными вулканитами и характеризуется широким развитием кварц-пиритовых прожилков мощностью I-5 мм с жильбертитовыми оторочками. В прожилках спорадически встречается флюорит, акцессорный берилл, убогая рудная минерализация. Подчиненное значение имеют цеолитовые и пирит-цеолитовые прожилки. Наиболее внешняя зона вторичных изменений образована биотитизированными и слабо пропилитизированными вулканитами с наложенным ореолом цеолитизации (зона З).

Рассмотрим петрографические особенности основных типов измененных пород. В дорудную стадию исходные породы в зависимости от их состава подвергались разнообразным изменениям. Граниты под действием растворов ранней щелочной стадии были микроклинизированы и альбитизированы. В вулканитах широкое развитие получили процессы биотитизации и пропилитизации. С первыми из них связано образование калишпат-кварц-биотитовой ассоциации, особенно широко проявленной в туфах андезит-дацитового состава. Ведущим минералом ассоциации является биотит (30-40 %), который в виде тонкочешуйчатого агрегата развивается по основной массе породы, замещает темноцветные минералы и образует тонкие прожилки. Часто биотитизированные вулканиты содержат вкрапленность магнетита (6-8 %). Калиевый полевой шпат встречается в виде тонких прожилков, часто совместно с кварцем.

Эпидот-хлорит-альбит-кальцитовая (пропилитовая) ассоциация наложена на предыдущую и в равной степени широко развита в вулканических породах среднего и кислого состава. Преимущественно вулканиты слабо пропилитизированы (сумма новообразований не превышает 5-7 %), характеризуются альбитизацией полевых шпатов и содержат примерно равные количества хлорита, замещающего темноцветные минералы, и кальцита в виде мелких автоморфных выделений. В единичных зернах встречается эпидот, повсеместно распространен серицит (1-2 %), развивающийся по плагиоклазу.

Продукты следующей, грейзеновой, стадии представлены двумя фациальными рядами гидротермально-измененных пород, которые образованы за счет гранитов и вулканитов.

Грейзенизированные граниты. При грейзенизации происходит разрушение первичных минералов гранитов и их замещение кварц-мусковитовым агрегатом. Наиболее легко разлагается биотит, который повсеместно замещен крупночешуйчатым мусковитом и лишь в единичных случаях сохраняется в виде реликтов центральных частей зерен. Иногда мусковитизации биотита предшествует его хлоритизация. Плагиоклаз в процессе грейзенизации мутнеет, теряет двойниковую структуру, деанортизируется, корродируется вдоль трещин спайности, замещается серицитом и мелкочешуйчатым мусковитом, мелкими зернами кварца и флюорита. Изменения начинаются с центральных частей зерен, охватывая их затем целиком. В результате возникают агрегатные псевдоморфозы мелкочешуйчатого мусковита, часто характеризующиеся решетчатым строением. При замещении плагиоклаза кварцем нередко наблюдаются теневые структуры, образованные реликтами краевых частей кристаллов плагиоклаза, заключенных в зернах кварца. По сравнению с плагиоклазом, калиевый полевой шпат значительно более устойчив. В слабо грейзенизированных гранитах он изменяется лишь в незначительной степени, подвергаясь пелитизации и замещению единичными чешуйками мусковита. При интенсивной грейзенизации калиевый полевой шпат разрушается: корродируется с образованием множества мелких пустот (до 50 % объема зерен), активно замещается мусковитом и сингрейзеновым „лапчатым" кварцем. Последний образует заливообразные или извилистые выступы в кристаллы полевого шпата, мелкие зерна внутри них. Мусковит развивается одновременно с кварцем в виде отдельных чешуек неправильной формы либо сетчатых агрегатов, возникших при избирательном замещении пертитовых вростков. В дальнейшем новообразованные кварц и мусковит подвергаются собирательной перекристаллизации, укрупняются и образуют агрегаты лепидогранобластовой структуры, содержащие реликтовые зерна полевых шпатов и резорбированный первичномагматический кварц. В качестве примесей постоянно отмечаются флюорит, реже хлорит, кальцит. Рудные минералы представлены мелкими кубическими кристаллами пирита, редкими чешуйками молибденита.

Кварц-мусковитовые апогранитные грейзены. Представляют собой породы, состоящие из кварца (60-80 %) и мусковита (20-40 %) с примесями флюорита, пирита, рудных минералов. Кварц типично гранобластовый, образует субизометричные зерна неправильной

формы размером 0,5-3 мм. Мусковит представлен тремя генерациями. Ранний мусковит наиболее широко распространен, встречается в виде таблитчатых кристаллов и чешуек неправильной формы, корродированных кварцем. Сегрегированный мусковит образует вростки в раннем мусковите, встречается в пустотах в виде изогнутых кристаллов с расщепленными концами. Для позднего мусковита характерны радиально-лучистые и мелкие розетковидные агрегаты, микропрожилки. Он активно разъедает ранний мусковит, кварц, флюорит, рудные минералы. Флюорит образует вкрапленность мелких зерен (до 10 %). Ранний бесцветный флюорит обрастает и замещает ранний мусковит, реже кварц, пирит. В свою очередь, сам замещается мелкочешуйчатым мусковитом и кварцем. Поздний флюорит менее распространен, встречается в виде мелких зерен фиолетового цвета, образует микропрожилки в мусковите и ассоциирует со скоплениями рудных минералов. Пирит (до 15-20 %) образует мелкие кристаллы, неправильные скопления. Замещает ранний таблитчатый мусковит и почти всегда в той или иной степени корродируется мелкочешуйчатым мусковитом и кварцем. Рудные минералы представлены рассеянной вкрапленностью вольфрамита, касситерита, молибденита.

К в а р ц - т о п а з о в ы е  г р е й з е н ы. Это мелко- и среднезернистые породы белого цвета, плотного сложения, своеобразного сахаровидного облика. Содержание топаза в них может варьировать от 5 до 50 %. Характерными примесями являются мелкочешуйчатый мусковит, флюорит, нередко пирит (до 15-20 %). Грейзены рудоносны и содержат обильную вкрапленность вольфрамита и молибденита. Топаз образует бесцветные короткопризматические „бочковидные" кристаллы, реже зерна неправильной формы, собранные в скопления. Их особенностью является обилие мелких трещин, по которым развиты поздний серицит, флюорит, каолинит. Кварц представлен тремя генерациями. Ранний, дотопазовый, кварц образует относительно крупные зерна, частично резорбированные в пустотах и замещаемые топазом. Сегрегированный кварц в виде более мелких правильных кристаллов совместно с топазом активно замещает ранний кварц и пирит. Поздний кварц замещает топаз вплоть до образования мономинеральных кварцевых тел. Флюорит встречается в виде вкрапленности бесцветных или фиолетовых зерен, редких тонких прожилков. Ранний флюорит ассоциирует с топазом и замещается им, поздний - развивается по трещинкам в топазе, отмечается в интерстициях зерен кварца, ассоциируя с рудной минерализацией. Пирит образует мелкозернистые скопления и повсеместно замещается кварцем и топазом. Часто вследствие этого зерна пирита имеют необычное „скелетное" строение. Характерно также обрастание пирита тонкими каемками серицита и фиолетового флюорита.

Вольфрамит является главным рудным минералом грейзенов и встречается в виде обильной вкрапленности мелких (0,5-1 мм) короткопризматических и субизометричных зерен, нередко ассоциированных с флюоритом и топазом. Молибденит образует гексагональные чешуйки (1-3 мм), рассеянные среди зерен кварца. Замещает топаз, пирит; иногда обрастает серицитом, фиолетовым флюоритом. Резко подчиненное значение имеет касситерит.

Серицитизированные вулканиты. Кислые вулканиты изменяются в целом аналогично гранитам, при этом можно проследить постепенные переходы от пропилитизированных к интенсивно серицитизированным вулканитам. Вначале серицит в виде тонкозернистого рассеянного агрегата развивается по плагиоклазу вкрапленников и одновременно замещает хлорит. Содержание кальцита на ранних стадиях процесса может несколько возрастать, но в дальнейшем он нацело замещается серицитом и мелкозернистым флюоритом. Интенсивно серицитизированные вулканиты характеризуются обильным (40–50 %) равномерно рассеянным серицитом и полными псевдоморфозами его совместно с зернами кварца, кальцита, флюорита по хлориту и полевым шпатам вкрапленников.

Кварц-серицитовые метасоматиты. Развиваются по кислым, реже средним вулканитам, представляют собой плотные зеленовато-серые породы псевдоморфного облика, образованные тонкозернистым кварц-серицитовым агрегатом с рассеянной вкрапленностью флюорита. При дальнейшей перекристаллизации реликтовые структуры вулканитов исчезают, возрастает количество мелкочешуйчатого мусковита, мелкозернистого гранобластового кварца, флюорита, пирита. В результате возникают типичные апоэффузивные кварц-мускозитовые грейзены, содержащие 8–10 % флюорита. В метасоматитах, образованных по андезит-дацитовым туфам, оно возрастает до 15–20 %. Пирит образует рассеянную вкрапленность мелких кубических кристаллов, что придает породе характерный березитоидный облик. Частично он корродируется кварцем и перекристаллизованным мусковитом. Вольфрамит встречается в виде вкрапленности очень мелких зерен (0,05–0,1 мм), ассоциирующих с мусковитом и флюоритом.

Кварц-топазовые грейзены. Развиваются по вулканитам, в целом аналогичны описанным апогранитным грейзенам. Главным отличием является большее развитие мелкозернистых мозаичных структур, образованных агрегатом полигональных зерен кварца и переходящих в ходе дальнейшей перекристаллизации в типичные гранобластовые структуры.

Из изложенного следует, что характер грейзенизации гранитов и кислых вулканитов во многом одинаков, имеющиеся отличия касаются главным образом структурных характеристик пород и исчезают, когда гидротермальные изменения достигают своего максимума (кварц-топазовые грейзены). В меньшей степени сказанное относится к породам повышенной основности (андезит-дацитам), в которых значительно реже проявлена интенсивная грейзенизация, полнопроявленные метасоматиты характеризуются повышенными содержаниями флюорита и отсутствуют кварц-топазовые грейзены.

Рассмотренные закономерности размещения и составов основных типов гидротермально-измененных пород месторождения Аксай (выделение пологой грейзеновой залежи в апикальной части гранитного купола, резкие контакты с вмещающими породами, свидетельствующие об их важной экранирующей роли, проявленная зональность с размещением наиболее кислотных фаций метасоматитов в прикровельной части интрузива) позволяют сделать вывод о выделении в пределах месторождения структуры минерализованного купола [3]. Простая

однонаправленная зональность (кварцевая зона - кварц-топазовый грейзен - кварц-мусковитовый грейзен - грейзенизированный гранит - неизмененный гранит), типичная для данного типа структур, усложняется за счет развития во вмещающих вулканитах штокверково-метасоматических зон изменений со сходной последовательностью аналогичных по составу фаций грейзенов. В целом зональность месторождения симметричная, чехольного типа. Наиболее высокотемпературные и продвинутые фации метасоматитов локализованы в эндо- и экзоконтакте гранитов, при удалении от которого в обоих направлениях интенсивность изменений постепенно уменьшается. Чехольный характер залегания зон особо подчеркивается положением ореола цеолитизации, окаймляющего не только внешние зоны слабо березитизированных вулканитов, но и внутренние, более глубинные зоны, включая и кварц-топазовые (см. рисунок).

Комплексная редкометальная минерализация (W, Mo, Sn и др.) связана с кварцевыми и кварц-топазовыми, в меньшей степени с кварц-мусковитовыми грейзенами; при этом наиболее высокие содержания отмечаются в пологой залежи эндоконтакта. В гранитах оруденение относится к вкрапленному типу, а во вмещающих вулканитах - к прожилковому. Рудная зональность проявлена в увеличении относительной доли молибденита с глубиной.

В заключение отметим некоторые общие закономерности развития грейзенового процесса во времени. В гранитах ранняя щелочная стадия (микроклинизация, альбитизация) сменяется стадией кислого выщелачивания грейзеновых ассоциаций: серицита по плагиоклазу, мусковита по биотиту, мусковита и кварца по калиевому полевому шпату. Высвобождающееся в ходе этого процесса железо связывается в пирите. Возникающие полнопроявленные метасоматиты имеют кварц-пирит-мусковитовый состав. В апикальной части гранитного купола в условиях повышенного содержания летучих, температуры и кислотности гидротермальных растворов образуются зональные тела кварц-пирит-топазовых грейзенов с кварц-мусковитовыми оторочками. Ранняя грейзеновая стадия сменяется стадией сегрегации, во время которой происходят перекристаллизация и переотложение слюды и кварца. Последний при этом активно замещает мусковит, топаз, пирит вплоть до образования монокварцевых тел. Рудная стадия сопровождалась серией мелких подвижек, о чем свидетельствует раздробленность зерен топаза. Осаждение рудных минералов происходило примерно одновременно с образованием позднего флюорита и серицита, что указывает на повышенную щелочность растворов. Вулканиты изменяются во многом аналогично гранитам. Существенные отличия заключаются в широком развитии дорудных процессов биотитизации и пропилитизации, значительно большей роли трещинообразования, более полном развитии продуктов поздней щелочной стадии, представленной хлорит-карбонат-цеолитовой ассоциацией.

Рассмотренные закономерности, а также изучение геохимических особенностей основных типов метасоматитов [2] позволяет выделить два основных этапа грейзенообразования. На прогрессивном этапе происходит увеличение температуры минералообразования, уменьшение pH, нарастание интенсивности грейзенового процесса, резкое преобладание метасоматического замещения

над жильным выполнением, закономерная эволюция петрогенных, редких и рудных элементов от ранних стадий к поздним. Регрессивный этап характеризуется уменьшением температуры и кислотности, интенсивным прожилкованием, затуханием метасоматических и рудных процессов, обратными тенденциями петрогеохимической эволюции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бескин С.М., Ларин В.Н., Марин Ю.Б. Редкометальные гранитовые формации. Л., Недра, 1979. 280 с.

2. Гульбин Ю.Л., Скублов Г.Т. Эволюция грейзенообразования на месторождении Аксай (Центральный Казахстан). - В кн.: Тезисы докладов III казахстанского петрографического совещания. Алма-Ата, Наука, 1984, с. 174-175.

3. Рундквист Д.В., Денисенко В.К., Павлова И.Г. Грейзеновые месторождения. М., Недра, 1970. 328 с.

4. Русинов В.Л., Омельяненко Б.И. Зотов А.В. и др. Некоторые аспекты проблемы вертикальной метасоматической зональности. - В кн.: Проблемы вертикальной метасоматической зональности. М., Наука, 1982, с. 5-14.

5. Скублов Г.Т. О зональности месторождения Аксай (Центральный Казахстан). Тезисы докладов четвертой конференции по минералогии, геохимии, генезису и комплексному использованию вольфрамовых месторождений СССР. Л., Изд-во ЛГУ, 1981, с. 36-38.

6. Ширкунов В.В. Геологические условия локализации оруденения на Акчатауском рудном поле. Автореферат канд. дисс. М., изд. Ун-та дружбы народов им. П.Лумумбы, 1981. 30 с.

7. Щерба Г.Н. Формирование редкометальных месторождений Центрального Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1960. 379 с.