

4. Закруткин В.В., Грановский А.Г., Картавцева А.И. Первичная природа, особенности состава и условия образования амфиболитов Ростовского выступа. //Проблемы геологии и геоэкологии Южнороссийского региона: Сб. научн. тр. Новочеркасск: Набл, 2001. С. 24-30. .

5. Зайцев А.В., Грановский А.Г., Зеленщиков Г.В., Рыщков М.М. Строение и геодинамика докембрийских структур в зоне сочленения Воронежского кристаллического массива и Ростовского тектонического выступа. Доклады АН, 2003, том 392, №1. С. 81 -84.

МАНТИЙНО-КОРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ФОРМИРОВАНИИ ГИГАНТСКИХ МАГМО-РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гусев А.И.

Бийский педагогический государственный университет, г. Бийск, anzerg@mail.ru

Крупные эндогенные месторождения образуют динамически взаимосвязанные магматические, рудные и метасоматические системы (МРМС), имеющие специфические особенности. Как правило, в них обнаруживаются полихронный интрузивный магматизм и длительно развивающиеся метасоматические и рудные образования, в которых проявляется мантийно-коровое взаимодействие [2]. Они приурочены к аномальным тектоническим блокам, проявляющимся в мантии и земной коре. Рассмотрим 3 МРМС: Верхнее Кайракты, Тырнауз, Мурунтау.

МРМС Верхнее Кайракты находится в Агадырском районе Казахстана и приурочено к пересечению ветвей Успенской глубинной подвижной зоны с северо-западной Конарыт-Байназарской. Мощность слоя консолидированной земной коры в этом районе составляет 20-35 км и отвечает поднятию в гранитном слое. Мощность перидотитового (надастеносферного) слоя верхней мантии увеличена и составляет 80-115 км.

В региональном плане месторождение контролируется Центрально-Казахстанской тектонопарой позднепалеозойского возраста и состоит из Атасу-Илийского дугообразного поднятия и Токрау-Баканасской линзовидной депрессии. Строение поднятия чешуйчато-глыбовое, с фронтальным надвиганием к западу и северо-западу по разломам Успенской и Спасской зон и проявлением сдвигов Шидутинской и Джалаир-Найманской зон на флангах. Эта часть герцинид Казахстана имеет форму утолщённой аллохтонной пластины, надвинутой на среднепалеозойскую Сарысу-Тенизскую депрессию на 150-200 км. В отличие от фронтального поднятия тыловая Токрау-Баканасская депрессия представляет собой зону растяжения с мозаичным радиально-перекрёстным структурным планом и широким развитием магмоподводящих сбросов и сбросо-раздвигов. К одному из таких сбросов и приурочен полихронный плутон, с заключительными фазами которого связано вольфрамовое оруденение с молибденом. Глубина поверхностей Мохо и Конрада под Атасу-Илийским поднятием составляет, соответственно, 40-45 и 26-28 км, а под Токрау-Баканасской депрессией 42-50 и 18-28 км. От поднятия к депрессии мощность базальтового слоя изменяется от 18 до 22 км, гранитного от 26 до 10-20 км.

Сложное тектоническое мантийно-коровое взаимодействие при формировании МРМС Верхнее Кайракты запечатлено в магматогенных и гидротермальных продуктах.

На площади месторождения по геолого-геофизическим данным устанавливается полихронный плутон, сложенный интрузивными телами 5 комплексов от основного до кислого состава. По последним данным оруденение связано с куполообразными выступами лейкогранитов акшатаусского комплекса (P_2), вскрываемым на глубоких горизонтах месторождения, а также с дайками кварцевых порфиров и фельзит-порфиров. Соотношения изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в лейкогранитных варьруют от 0,70633 до 0,70788, указывающие на коровую контаминацию материала. Давление в очаге системы при формировании лейкогранитов и даек оценено в пределах 6-9 МПа (по соотношениям Al^{VI} к Al^{IV} в биотитах), указывающее на абиссальную фацию магматитов. Особенности флюидного режима акшатаусских лейкогранитов и даек кварцевых порфиров и фельзит-порфиров приведены в табл. 1, которые указывают на подток флюидов при формировании более поздних даек и свидетельствуют об открытой системе по фтору и углекислоте при становлении магматитов.

Месторождение по запасам вольфрама относится к супергиганту штокверкового типа. Вольфрамовое оруденение концентрируется преимущественно до глубины 750-800 м в шеелит-пирит-кварцевых минеральных ассоциациях, выполняющих главным образом трещины северо-западного простирания. В целом, вертикальный размах редкометалльного оруденения составляет около 2 км. Контактново-метасоматические процессы проявлены гумбеитами и в виде объёмной и локальной хлоритизации, серицитизации, микроклинизации, чаще локальной пиритизации и слабой грейзенизации. В зонах повышенной трещиноватости развита грейзенизация, представленная мусковит-кварцевой минеральной ассоциацией.

Величина $\delta^{34}\text{S}$ в пиритах месторождения варьирует от -1,13 до +2,21%. Приведенные характеристики соотношений изотопов серы указывают на её магматический источник, характерный для неконтаминированных мантийных магм.

Таблица 1

Параметры флюидного режима магматитов месторождения Верхнее Кайракты

| Параметры флюидного режима | Лейкограниты | Дайки | |
|----------------------------|--------------|--------------------|------------------|
| | | Кварцевых порфиров | Фельзит-порфиров |
| T°C | 910 | 880 | 910 |
| fO ₂ | -12,2 | -13,9 | -14,1 |
| fH ₂ O | 3320 | 3350 | 3450 |
| pH ₂ O | 2840 | 2950 | 3550 |
| pCO ₂ | 2950 | 3150 | 3728 |
| lgfHF/fgfHCl | -2,25 | -1,55 | -1,35 |
| K _{вос} | 0,35 | 0,45 | 0,55 |
| y | 187,3 | 188,6 | 190,9 |

Примечание. В табл. 1-3: T – температуры кристаллизации гранитоидов, °C; lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; fH₂O – фугитивность воды; pH₂O, pCO₂ – парциальные давления воды и углекислоты, соответственно; lgfHF/fgfHCl – логарифм отношений фугитивности плавиковой и соляной кислот; K_{вос} – коэффициент восстановленности флюидов; y – потенциал ионизации биотитов, по В.А. Жарикову; фугитивности и парциальные давления приведены в 10² кПа.

Таблица 2

Параметры флюидного режима гранитоидов Тырнаузского рудного поля

| Магматические комплексы, возраст, районы | Породы, фазы, фации | T°C | lg fO ₂ | fH ₂ O | pH ₂ O | pCO ₂ | y | lgfHF/fHCl | K _{вос} |
|---|-----------------------------------|-----|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----|------------|------------------|
| Архызский, PZ ₂ , г. Паук | Трондьемиты | 920 | -6,0 | 160 | 925 | 1175 | 175 | -4,5 | 0,57 |
| Тырнаузский, N ₂ ³ , г. Паук | Лейкограниты | 790 | -3,2 | 760 | 920 | 1080 | 188 | -1,79 | 0,11 |
| Эльджуртинский, N ₂ ³ , Эльджуртинский массив | Граниты центральной части массива | 880 | -11,9 | 235 | 350 | 150 | 189 | -2,25 | 0,80 |
| | Граниты эндоконтак. | 820 | -11,5 | 350 | 510 | 290 | 190 | -1,35 | 0,88 |
| | Граниты остаточного очага | 710 | -12,2 | 2780 | 4250 | 2050 | 194 | -1,42 | 0,55 |
| Эльджурту-Баш | Фельзит-порфиры | 720 | -10,2 | 540 | 580 | 300 | 193 | -2,05 | 0,80 |

Тырнаузская МРМС Большого Кавказа характеризуется полихронным развитием магматизма и оруденения от позднего палеозоя до неогена (табл.2). Тырнаузская МРМС контролируется Пшекиш-Турнаузской шовной зоной с лево-сдвиговой кинематикой и пересекающей её зоной Транскавказского поперечного поднятия. Она сопровождается сложными по составу метасоматитами с преобладанием фельдшпатолитов и геденбергитов.

В ней в процессе развития происходила смена типов гранитоидов: от ранних М-, к А- и заключительному I-типу. При этом в более поздних дериватах происходило заметное снижение температур кристаллизации гранитоидов и увеличение восстановленности магматогенных флюидов. Для эльджуртинских гранитов отношения изотопов стронция ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr варьируют от 0,70687 до 0,70718, что указывает на зарождение магмы в коровых условиях (низы гранито-гнейсового слоя коры) [4]. Граниты остаточного очага, вскрытые глубокой структурной скважиной на глубинах 3,5- 4 км, отличаются аномально высокими значениями парциальных давлений воды и углекислоты при максимальных величинах кислотности среды. Давление в остаточном очаге соответствовало абиссальной фации 6÷9 МПа (по соотношениям Al^{VI} к Al^{IV} в биотитах). От ранних к поздним магматическим дериватам во флюидах происходило заметное повышение отношений фугитивностей HF/HCl, указывающих на более высокую активность и концентрации фтора [3].

Таким образом, становление гигантской Тырнаузской МРМС осуществлялось в открытой системе по фтору, углекислоте, подток которых происходил при участии трансмагматических флюидов мантийной природы.

На мантийные метки указывают также соотношения изотопов серы δ³⁴ (‰) в пиритах Тырнауза, которые варьируют от (+2,2) до (+2,9), указывая на магматогенный характер серы. Указывалось ранее, что ведущее место в формировании углекислых вод региона отводится мантийным флюидам. Реальность этого представления подтверждается фактическими данными по определению ³He/⁴He в источниках, приуроченных к Транскавказскому поперечному поднятию и в частности к району Тырнаузского рудного поля [5].

Степень участия мантийного и корового материала для большинства золотогенерирующих гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области и Забайкалья, в том числе и крупных месторождений, обсуждалась нами ранее [1]. Остановимся на супергигантской МРМС Мурунтау в Центральных Кызылкумах Узбекистана. Зоны разломов в рудном поле Мурунтау контролируют размещение магматических пород, представленных дайками, сгруппированными в 5 пучков, ориентированными в С-В и субширотном направлениях. Состав даек: сферолит-порфиры, монзонит- и сиенит-порфиры, диоритовые порфириты, керсантиты, спессартиты, гранодиорит-порфиры, микродиориты. Доминирующую часть даек большинство исследователей связывает со становлением сардаринского гранитоидного комплекса (С₃-Р₁), хотя некоторые дайковые серии имеют и другие возраста. Сверхглубокой скважиной СГ-10 вскрыты гранитоиды этого же комплекса на глубинах свыше 3,4 км. Ореол ороговикования во вмещающих породах бесапанской свиты обязан интрузии «скрытого» массива.

По нашим определениям гранодиориты Сардаринского массива и дайки гранодиорит-порфиров характеризуются очень высокими давлениями (9±6 МПа) (по соотношениям Al^{VI} к Al^{IV} в биотитах) и температурами (890-900°C) при кристаллизации, что отвечает условиям абиссальной фации. Во флюидном режиме гранитоидов отмечены высокие значения фугитивностей и парциальных давлений HCl , H_2O и CO_2 . Флюиды характеризовались высокой восстановленностью. Магматогенные флюиды имели низкие летучести кислорода и повышенные значения восстановленности флюидов в дайковых образованиях, а также заметно были обогащены водой, углекислотой и хлором (табл.3).

Таблица 3

Некоторые параметры флюидного режима дифференциатов МРМС Мурунтау

| Параметры флюидного режима | Гранодиориты Сардаринского массива | Дайки | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------|----------------------|
| | | Сиенит- порфиров | Гранодиорит-порфиров |
| T°C | 900 | 890 | 900 |
| fO ₂ | -12,4 | -13,6 | -14,3 |
| fH ₂ O | 3225 | 3116 | 3872 |
| pH ₂ O | 2820 | 2610 | 3550 |
| pCO ₂ | 2950 | 2390 | 3728 |
| lgfHF/lgfHCl | -2,25 | -2,14 | -1,55 |
| K _{вос} | 0,71 | 0,77 | 0,85 |
| y | 186,3 | 188,4 | 190,8 |

Примечание. Условные обозначения те же, что в табл. 1.

Гранитоиды Сардаринского массива и дайки гранодиорит-порфиров классифицируются I-типом сильно загрязненным и редуцированным (восстановленным) [2].

Таким образом, формирование крупных месторождений, описанных выше, происходило в аномальных тектонических блоках. Эта аномальность прослеживается в мантийных и коровых геосферах. Рудогенерирующий магматизм в гигантских МРМС близок по своим параметрам к абиссальной фации глубинности и обнаруживает сложное мантийно-коровое взаимодействие с процессами контаминации. В таких системах отмечается открытость их по флюидному режиму с процессами подтока трансмагматических мантийных более восстановленных флюидов на поздних стадиях становления магматизма и оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. 2000. №5. С. 25-32.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидо-динамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения. 2005. №23. С. 119-129.
3. Гусев А.И. Петрология и флюидный режим крупных полихронных магмо-рудно-метасоматических систем // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Тез. Докл. Новосибирск: 2006. С. 70-72.
4. Ляхович В.В., Чернышев И.В. О вероятной глубине формирования магмы Эльджуртинского гранита (Кабардино-Балкарская АССР) // Доклады АН СССР. 1990. Т. 314. № 4. С. 952-954.
5. Матвеева Э.В. Толстихин И.Н., Якуцени В.П. Изотопно-гелиевый критерий происхождения газов и выявление зон неотектогенеза (на примере Кавказа) // Геохимия. 1978. №3. С.564-568.

ДЕКОМПРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА И РЕГИОНАЛЬНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ

Гуфельд И.Л.¹, Гаврилов В.А.², Корольков А.В.³, Новоселов О.Н.³

¹Институт физики Земли РАН, г. Москва, igufeld@korolev-net.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, vgavr@kscnet.ru

³ФЭСТ Московского государственного университета леса, г. Мытищи, korolkov@mgul.ac.ru, onn@mgul.ac.ru

В последние годы проводится активный мониторинг геоакустической эмиссии (ГАЭ) на Петропавловск Камчатском и Сахалинском геодинамических полигонах. Получены удивительные результаты, которые не могут быть объяснены в рамках традиционной механики. Возмущения временного хода ГАЭ наблюдали на значительных расстояниях от эпицентров будущих сейсмических событий. Быстрая изменчивость ГАЭ на таких расстояниях